

**PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL**

**ANÁLISIS  
AMBIENTALES**

**Madrid, septiembre de 2000**



## INDICE BÁSICO

<b>1.</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>Regulaciones básicas</b> .....	<b>17</b>
2.1.	<i>Evaluación de impacto ambiental</i> .....	17
2.2.	<i>Normativa de conservación de la naturaleza</i> .....	19
2.3.	<i>La Directiva de Hábitats</i> .....	20
2.4.	<i>La Directiva marco de aguas</i> .....	22
<b>3.</b>	<b>Alteraciones ambientales de los trasvases</b> .....	<b>28</b>
3.1.	<i>Fase de planeamiento</i> .....	28
3.2.	<i>Fase de construcción</i> .....	30
3.3.	<i>Fase de operación</i> .....	42
3.4.	<i>Plan de Vigilancia y Control</i> .....	46
<b>4.</b>	<b>Afecciones en origen</b> .....	<b>48</b>
4.1.	<i>Afecciones socioeconómicas y territoriales</i> .....	48
4.2.	<i>Afecciones sobre el medio natural</i> .....	49
4.3.	<i>El Delta del Ebro</i> .....	50
<b>5.</b>	<b>Afecciones en el transporte</b> .....	<b>75</b>
5.1.	<i>Introducción. Conceptos previos</i> .....	75
5.2.	<i>TRANSFERENCIA EBRO-LEVANTE-SURESTE</i> .....	79
5.3.	<i>TRANSFERENCIAS DUERO-TAJO</i> .....	90
5.4.	<i>TRANSFERENCIAS TAJO-ATS</i> .....	97
5.5.	<i>Distribución al Sureste</i> .....	115
5.6.	<i>TRANSFERENCIA EBRO-CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA</i> .....	127
5.7.	<i>TRANSFERENCIA RÓDANO-BARCELONA</i> .....	130
5.8.	<i>Resumen y conclusiones</i> .....	136
<b>6.</b>	<b>Afecciones en destino</b> .....	<b>138</b>
6.1.	<i>Introducción</i> .....	138
6.2.	<i>Principales impactos esperables</i> .....	139
6.3.	<i>Calidad del agua</i> .....	142
6.4.	<i>Efectos ecológicos sobre la biota</i> .....	250
6.5.	<i>Efectos socioeconómicos</i> .....	256
6.6.	<i>La sostenibilidad de los regadíos y las demandas hídricas</i> .....	259
<b>7.</b>	<b>Índices de especies vegetales y animales citadas en el texto</b> .....	<b>261</b>
<b>8.</b>	<b>Referencias</b> .....	<b>265</b>

# INDICE

<b>1. Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>2. Regulaciones básicas .....</b>	<b>17</b>
2.1. <i>Evaluación de impacto ambiental.....</i>	17
2.2. <i>Normativa de conservación de la naturaleza .....</i>	19
2.3. <i>La Directiva de Hábitats .....</i>	20
2.3.1. Introducción.....	20
2.3.2. El proceso de elaboración de la lista española.....	21
2.3.3. Posibles incidencias.....	21
2.4. <i>La Directiva marco de aguas.....</i>	22
2.4.1. Criterios generales .....	22
2.4.2. Algunas cuestiones específicas.....	24
2.4.2.1. ecosistemas acuáticos (Delta).....	24
2.4.2.2. viabilidad ambiental de las detracciones.....	24
2.4.2.3. participación pública .....	24
2.4.2.4. objetivo de la directiva .....	25
2.4.2.5. Objetivos ambientales .....	25
2.4.2.6. Análisis económico del uso del agua .....	26
2.4.2.7. Información y participación pública.....	26
2.4.2.8. Anexo II.....	27
<b>3. Alteraciones ambientales de los trasvases.....</b>	<b>28</b>
3.1. <i>Fase de planeamiento .....</i>	28
3.1.1. Cuenca receptora .....	28
3.1.2. Cuenca cedente.....	29
3.1.3. Territorio atravesado .....	29
3.1.4. Propuesta de medidas correctoras .....	29
3.2. <i>Fase de construcción.....</i>	30
3.2.1. Acciones del proyecto .....	30
3.2.2. Elementos del medio y principales alteraciones .....	32
3.2.2.1. Medio abiótico.....	33
3.2.2.2. Medio biótico .....	35
3.2.2.3. Medio socioeconómico .....	36
3.2.2.3.1. Medio social .....	36
3.2.2.3.2. Medio económico.....	36
3.2.2.4. Sistema territorial. Arqueología y patrimonio histórico-artístico. Aspectos culturales.....	38
3.2.2.5. Paisaje.....	39
3.2.3. Propuesta de medidas correctoras .....	40
3.3. <i>Fase de operación .....</i>	42
3.3.1. Acciones del proyecto .....	42
3.3.2. Elementos del medio y principales alteraciones .....	42
3.3.2.1. Elementos afectados por la presencia de la infraestructura .....	42
3.3.2.2. Elementos afectados por la transferencia de caudales .....	43
3.3.2.2.1. Medio físico.....	43
3.3.2.2.2. Medio biótico .....	44
3.3.2.2.3. Medio socioeconómico .....	45
3.3.3. Propuesta de medidas correctoras .....	45
3.4. <i>Plan de Vigilancia y Control.....</i>	46
<b>4. Afecciones en origen.....</b>	<b>48</b>
4.1. <i>Afecciones socioeconómicas y territoriales.....</i>	48
4.2. <i>Afecciones sobre el medio natural .....</i>	49
4.3. <i>El Delta del Ebro.....</i>	50
4.3.1. Introducción.....	50
4.3.2. Marco físico e hidrológico .....	50
4.3.3. El transporte sólido.....	53
4.3.4. La navegación.....	54
4.3.5. La intrusión fluvial y la cuña salina en el Delta del Ebro .....	55

4.3.5.1.	Introducción.....	55
4.3.5.2.	Conceptos hidráulicos y efectos ambientales.....	55
4.3.5.3.	Régimen dinámico de la cuña salina.....	56
4.3.5.4.	Análisis comparativo de distintos escenarios de caudales en el delta.....	61
4.3.5.5.	Conclusiones.....	64
4.3.6.	Caudales mínimos en el Bajo Ebro.....	65
4.3.6.1.	Introducción.....	65
4.3.6.2.	Antecedentes.....	66
4.3.6.3.	Metodología.....	67
4.3.6.3.1.	Tratamiento de los datos.....	68
4.3.6.3.2.	Cálculo del régimen de caudales de mantenimiento.....	69
4.3.6.3.2.1.	Año hidrobiológico.....	70
4.3.6.3.2.2.	Caudal básico.....	70
4.3.6.3.2.3.	Caudal de acondicionamiento.....	71
4.3.6.3.2.4.	Régimen de caudales de mantenimiento.....	71
4.3.6.3.2.5.	Factor de Variabilidad Temporal y caudales de mantenimiento.....	72
4.3.6.3.2.6.	Caudal Generador y Caudal Máximo.....	73
4.3.6.4.	Conclusiones.....	74
4.3.7.	CONCLUSIONES GENERALES.....	74
<b>5.</b>	<b>Afecciones en el transporte.....</b>	<b>75</b>
5.1.	<i>Introducción. Conceptos previos</i> .....	75
5.2.	<i>TRANSFERENCIA EBRO-LEVANTE-SURESTE</i> .....	79
5.2.1.	ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES.....	79
5.2.2.	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.....	80
5.2.2.1.	BARRANCOS DE SAN ANTONI, LLORET Y LA GALERA.....	80
5.2.2.2.	PUERTOS DE TORTOSA.....	81
5.2.2.3.	SIERRA DE ESPADÁN.....	83
5.2.2.4.	SIERRA DE IRTA.....	84
5.2.3.	ANÁLISIS DE AFECCIONES Y POSIBLES MODIFICACIONES DE TRAZADO.....	85
5.2.4.	CONCLUSIONES.....	89
5.3.	<i>TRANSFERENCIA DUERO-TAJO</i> .....	90
5.3.1.	ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES.....	91
5.3.2.	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.....	92
5.3.2.1.	ARRIBES DEL DUERO.....	92
5.3.2.2.	HOCES DEL RÍO DURATÓN.....	93
5.3.2.3.	VALLE Y SALINAS DEL SALADO.....	94
5.3.2.4.	BARRANCO DEL DULCE.....	94
5.3.3.	ANÁLISIS DE AFECCIONES Y POSIBLES MODIFICACIONES DE TRAZADO.....	95
5.3.4.	CONCLUSIONES.....	96
5.4.	<i>TRANSFERENCIAS TAJO-ATS</i> .....	97
5.4.1.	TRANSFERENCIA JARAMA-BOLARQUE.....	97
5.4.1.1.	ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES.....	98
5.4.1.2.	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.....	98
5.4.1.2.1.	Cursos bajos del Manzanares y el Jarama.....	98
5.4.1.2.2.	Carrizales y sotos de Aranjuez.....	99
5.4.1.2.3.	Sierra de Altomira.....	99
5.4.1.3.	CONCLUSIONES.....	100
5.4.2.	TRANSFERENCIAS DESDE EL TAJO MEDIO.....	100
5.4.2.1.	TRANSFERENCIA TIÉTAR-LA RODA.....	101
5.4.2.1.1.	Espacios incluidos en la lista nacional de lugares.....	101
5.4.2.1.2.	Espacios naturales protegidos.....	102
5.4.2.1.2.1.	Valle del Tiétar, embalses de Rosarito y Navalcán.....	102
5.4.2.1.2.2.	Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas.....	103
5.4.2.1.2.3.	Embalse de Azután.....	103
5.4.2.1.2.4.	Cabañeros.....	103
5.4.2.1.2.5.	Tablas de Daimiel.....	104
5.4.2.1.2.6.	Lagunas del Camino de Villafranca, Las Yeguas y de Alcázar de San Juan.....	106
5.4.2.1.2.7.	Mancha Húmeda.....	107
5.4.2.1.3.	Análisis de afecciones y posibles modificaciones de trazado.....	108

5.4.2.1.4.	Conclusiones.....	112
5.4.2.2.	TRANSFERENCIAS CON ORIGEN EN EL PROPIO TAJO.....	113
5.4.2.3.	Conclusiones.....	115
5.5.	<i>Distribución al Sureste</i> .....	115
5.5.1.	ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES.....	116
5.5.1.1.	CONDUCCIÓN JÚCAR-VINALOPÓ.....	116
5.5.1.2.	CONDUCCIÓN TALAVE-ALTIPLANO.....	116
5.5.1.3.	CANAL ALTO DE LA MARGEN DERECHA.....	117
5.5.1.4.	CONDUCCIÓN ALMANZORA-ALMERÍA.....	117
5.5.2.	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.....	118
5.5.2.1.	PITÓN VOLCÁNICO DE CANCARIX.....	118
5.5.2.2.	BARRANCOS DE GÉBAR.....	118
5.5.2.3.	KARST EN YESOS DE SORBAS.....	119
5.5.2.4.	CABO DE GATA-NÍJAR.....	119
5.5.3.	ANÁLISIS DE AFECCIONES Y POSIBLES MODIFICACIONES DE TRAZADO.....	121
5.5.4.	CONCLUSIONES.....	126
5.6.	<i>TRANSFERENCIA EBRO-CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA</i> .....	127
5.6.1.	BAJO EBRO-LLOBREGAT.....	127
5.6.1.1.	ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES.....	127
5.6.1.2.	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.....	127
5.6.1.2.1.	Mare de Deu de la Roca.....	128
5.6.1.2.2.	Muntanyes de Tivissa-Vandellós.....	128
5.6.1.2.3.	La Rojala-Platja del Torn.....	128
5.6.1.2.4.	La Plana de Sant Jordi.....	128
5.6.1.3.	CONCLUSIONES.....	129
5.6.2.	NOGUERA PALLARES-LLOBREGAT.....	129
5.6.3.	Conclusiones.....	130
5.7.	<i>TRANSFERENCIA RÓDANO-BARCELONA</i> .....	130
5.7.1.	ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES.....	130
5.7.2.	ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS.....	131
5.7.2.1.	MASSÍS DE L'ALBERA.....	131
5.7.2.2.	MASSÍS DE LES SALINES.....	132
5.7.2.3.	ESTANYS DE LA JONQUERA.....	132
5.7.2.4.	LES GAVARRES.....	132
5.7.2.5.	ESTANY DE SILS.....	133
5.7.2.6.	TURON DE MAÇANET.....	133
5.7.2.7.	RIERA DE SANTA COLOMA.....	133
5.7.2.8.	RIERA DÁRBUCIES.....	134
5.7.2.9.	SERRES DE MONTNEGRE-EL CORREDOR.....	134
5.7.2.10.	LA CONRERÍA-SANT MATEU-CÉLLECS.....	135
5.7.3.	CONCLUSIONES.....	136
5.8.	<i>Resumen y conclusiones</i> .....	136
<b>6.</b>	<b>Afecciones en destino</b> .....	<b>138</b>
6.1.	<i>Introducción</i> .....	138
6.2.	<i>Principales impactos esperables</i> .....	139
6.3.	<i>Calidad del agua</i> .....	142
6.3.1.	INTRODUCCIÓN.....	142
6.3.2.	PLANTEAMIENTO DEL problema. Cuestiones metodológicas.....	143
6.3.2.1.	Información Básica.....	143
6.3.2.1.1.	Datos de Calidad de las Aguas.....	144
6.3.2.1.2.	Objetivos de Calidad.....	145
6.3.2.2.	Metodología.....	145
6.3.2.2.1.	tipos de parámetros de calidad de las aguas.....	146
6.3.2.2.2.	Usos de referencia.....	147
6.3.2.2.2.1.	Normativa de aguas para abastecimiento.....	147
6.3.2.2.2.2.	Normativa de aguas para vida piscícola.....	148
6.3.2.2.2.3.	Recomendaciones de la FAO para aguas de riego.....	148
6.3.2.2.2.4.	Otros aspectos.....	148
6.3.2.2.3.	Análisis de la calidad.....	150

6.3.2.2.4.	Valoración de la situación y afecciones provocadas por las posibles transferencias	151
6.3.2.2.4.1.	evolución Temporal de la calidad en las zonas de estudio	151
6.3.2.2.4.2.	Evolución espacial de la calidad a lo largo del trasvase	151
6.3.2.2.4.3.	Consideraciones sobre la zona de destino	152
6.3.2.2.4.4.	Necesidades de tratamiento	153
6.3.3.	CUENCA DEL DUERO	153
6.3.3.1.	Alto Duero	153
6.3.3.1.1.	Análisis de la Calidad del Agua	153
6.3.3.1.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia	156
6.3.3.2.	Bajo Duero	157
6.3.3.2.1.	Análisis de la Calidad del Agua	157
6.3.3.2.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia	161
6.3.4.	CUENCA DEL TAJO	162
6.3.4.1.	Jarama	162
6.3.4.1.1.	Análisis de la Calidad del Agua	163
6.3.4.1.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia	171
6.3.4.2.	Embalse de Bolarque	172
6.3.4.2.1.	Análisis de la Calidad del Agua	173
6.3.4.2.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	174
6.3.4.3.	Tajo en Toledo	177
6.3.4.3.1.	Análisis de la Calidad del Agua	177
6.3.4.3.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	181
6.3.4.4.	Tajo en Azután	183
6.3.4.4.1.	Análisis de la Calidad del Agua	184
6.3.4.4.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia	186
6.3.4.5.	Tiétar	188
6.3.4.5.1.	Análisis de la Calidad del Agua	188
6.3.4.5.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	189
6.3.5.	Cuenca del Guadiana	190
6.3.5.1.	Tablas de Daimiel y Acuffero de la Mancha Occidental	190
6.3.5.1.1.	Análisis de la Calidad del Agua	191
6.3.5.1.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	192
6.3.5.2.	Embalses de Cijara, García de Sola, Orellana y Zújar	194
6.3.5.2.1.	Análisis de la Calidad del Agua	194
6.3.5.2.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia	196
6.3.6.	CUENCA DEL EBRO	196
6.3.6.1.	Embalse de Talarn	196
6.3.6.1.1.	Análisis de la Calidad del Agua	197
6.3.6.1.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	198
6.3.6.2.	Bajo Ebro	198
6.3.6.2.1.	Análisis de la Calidad del Agua	199
6.3.6.2.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	215
6.3.7.	CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	217
6.3.7.1.	Río Noia	218
6.3.7.1.1.	Análisis de la Calidad del Agua	218
6.3.7.1.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	219
6.3.8.	CUENCA DEL JÚCAR	220
6.3.8.1.	Embalse de Tous	220
6.3.8.1.1.	Análisis de la Calidad del Agua	221
6.3.8.1.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	231
6.3.8.2.	Río Vinalopó	233
6.3.8.2.1.	Análisis de la Calidad del Agua	233
6.3.8.2.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias	235
6.3.9.	CUENCA DEL SEGURA-ALMERÍA	236
6.3.9.1.	Postrasvase Tajo-Segura	237
6.3.9.2.	Embalse de Cuevas de Almanzora	238
6.3.9.2.1.	Análisis de la Calidad del Agua	238
6.3.9.2.2.	Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia	239
6.3.10.	NECESIDADES DE DEPURACIÓN	239

6.3.10.1.	Consideraciones básicas .....	239
6.3.10.2.	Procesos de tratamiento.....	240
6.3.10.2.1.	Pretratamiento.....	241
6.3.10.2.2.	Tratamiento físico-químico. Eliminación de Fósforo .....	241
6.3.10.2.3.	Eliminación de nitrógeno .....	242
6.3.10.2.4.	Desinfección .....	242
6.3.10.2.5.	Tratamiento de fangos .....	243
6.3.10.3.	Selección de la línea de tratamiento .....	243
6.3.10.4.	Consideraciones sobre los costes de depuración .....	244
6.3.10.5.	Necesidades de tratamiento en cada posible transferencia .....	245
6.3.10.5.1.	Alto Duero .....	245
6.3.10.5.2.	Bajo Duero .....	245
6.3.10.5.3.	Jarama.....	245
6.3.10.5.4.	Tajo en Toledo .....	246
6.3.10.5.5.	Tajo en Azután .....	248
6.3.10.5.6.	Tiétar.....	249
6.3.10.5.7.	Embalse de Talarn.....	249
6.3.10.5.8.	Bajo Ebro.....	249
6.4.	<i>Efectos ecológicos sobre la biota</i> .....	250
6.4.1.	Introducción.....	250
6.4.2.	Migración de especies a través de trasvases entre diferentes cuencas: el <i>efecto corredor</i> .....	251
6.4.2.1.	Impactos.....	252
6.4.2.2.	Normativa española.....	253
6.4.2.3.	Soluciones.....	253
6.4.2.3.1.	<i>Barreras al efecto corredor</i> .....	253
6.4.2.3.2.	<i>Control de especies invasoras</i> .....	254
6.4.2.4.	Casos de migraciones a través del trasvase Tajo-Segura.....	254
6.4.3.	Conclusiones.....	255
6.5.	<i>Efectos socioeconómicos</i> .....	256
6.6.	<i>La sostenibilidad de los regadíos y las demandas hídricas</i> .....	259
7.	<b>Índices de especies vegetales y animales citadas en el texto</b> .....	261
8.	<b>Referencias</b> .....	265



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de usos de suelo en el delta.....	51
Figura 2. Evolución de algunos indicadores en el delta y su entorno .....	52
Figura 3. Evolución de almacenamientos y aportes sólidos.....	54
Figura 4. Puntos de control en el delta.....	57
Figura 5. Relación entre el caudal en Tortosa y la profundidad de la interfase en los km 6 y 13 de la desembocadura.....	58
Figura 6. Fondo del cauce del río y posiciones de la cuña salina .....	59
Figura 7. Relación entre el caudal en Tortosa y la penetración de la cuña salina.....	60
Figura 8. Porcentaje de veces en cada mes que se dan las situaciones de intrusión consideradas (periodo 1970/71 a 1995/96) .....	62
Figura 9. Porcentaje de veces en cada mes que se dan las situaciones de intrusión en los escenarios 1,2 y 4 .....	63
Figura 10. Porcentaje de veces en cada mes que se dan las situaciones de intrusión en los escenarios 1,3 y 5.....	64
Figura 11. Estabilización del Caudal Básico.....	70
Figura 12. Régimen de Caudales de Mantenimiento .....	73
Figura 13. Espacios naturales y trazas seleccionadas .....	78
Figura 14. Transferencia Ebro-Levante.....	85
Figura 15. Transferencia Ebro-Levante-Sureste. Detalle entre Cherta y Castellón. ....	86
Figura 16. Transferencia Ebro-Levante-Sureste. Detalle del tramo Mijares-Turia. ....	87
Figura 17. Transferencia Ebro-Levante-Sureste. Detalle tramo Villena-Postrasvase Tajo-Segura. ....	88
Figura 18. Transferencias Alto Duero-Bolarque y Bajo Duero-Bolarque .....	94
Figura 19. Transferencia Duero-Tajo. Detalle del Barranco del Dulce. ....	96
Figura 20. Transferencia Jarama-Bolarque.....	100
Figura 21. Transferencia Tiétar-La Roda .....	108
Figura 22. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle entre el Tiétar y el embalse de Uso .....	109
Figura 23. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle entre el embalse de Uso y Las Tablas de Daimiel ...	110
Figura 24. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle Daimiel-Mancha Occidental. ....	111
Figura 25. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle Mancha Occidental-La Roda.....	112
Figura 26. Transferencia Tajo en Toledo- La Roda .....	114
Figura 27. Red de distribución al Sureste .....	120
Figura 28. Canal Alto de la Margen Derecha.....	122
Figura 29. Conducción Almanzora-Almería.....	124
Figura 30. Transferencia Ebro-Cuencas Internas de Cataluña.....	129
Figura 31. Transferencia Ródano-Barcelona .....	135
Figura 32. Mapa litológico de la península Ibérica y Baleares.....	149
Figura 33. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Alto Duero.....	154
Figura 34. Evolución mensual de la concentración media de Coliformes Totales y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Alto Duero .....	155
Figura 35. Evolución anual y mensual de la concentración media de materia en suspensión y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el alto Duero .....	155
Figura 36. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el alto Duero.....	156
Figura 37. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el bajo Duero.....	157
Figura 38. Evolución anual y mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el bajo Duero.....	158
Figura 39. Evolución mensual de la concentración media de Nitritos y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el bajo Duero.....	159
Figura 40. Evolución anual de la concentración media de Materia en Suspensión y de la DBO y de incumplimientos de la normativa de peces por estos parámetros en el bajo Duero .....	159

Figura 41. Evolución mensual de la concentración media de Oxígeno Disuelto y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el bajo Duero.....	160
Figura 42. Evolución mensual del pH medio y de incumplimientos de las recomendaciones para aguas de riego por este parámetro en el bajo Duero .....	160
Figura 43. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Jarama .....	163
Figura 44. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama .....	164
Figura 45. Evolución anual de la concentración media de Oxígeno Disuelto y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama .....	165
Figura 46. Evolución anual y mensual de la concentración media de Materia en Suspensión y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama.....	165
Figura 47. Evolución anual y mensual de la concentración media de Amonio y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama.....	166
Figura 48. Evolución mensual de la concentración media de Nitritos y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama.....	167
Figura 49. Evolución anual y mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama .....	167
Figura 50. Evolución anual y mensual de la conductividad media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama .....	168
Figura 51. Evolución mensual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama .....	169
Figura 52. Evolución anual y mensual de la concentración media de agentes tensioactivos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama .....	169
Figura 53. Evolución anual de la concentración media de Manganeseo y de incumplimientos de las recomendaciones para aguas de riego por este parámetro en el Jarama .....	170
Figura 54. Evolución de la DBO <sub>5</sub> , Fosfatos y Amonio en el río Jarama.....	170
Figura 55. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Bolarque .....	173
Figura 56. Evolución anual y mensual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Tajo en el embalse de Bolarque .....	174
Figura 57. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Tajo en Toledo .....	178
Figura 58. Evolución mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Tajo en Toledo y en el embalse de Castrejón.....	179
Figura 59. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Azután .....	184
Figura 60. Evolución anual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Tajo en Talavera de la Reina.....	185
Figura 61. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el río Tiétar. ....	188
Figura 62. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Tiétar .....	189
Figura 63. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Cijara.....	195
Figura 64. Ubicación de la estación de la Red ICA y de las zonas de baño para el estudio de la transferencia en el embalse de Talarn .....	197
Figura 65. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia del bajo Ebro .....	200
Figura 66. Incumplimiento de las normativas de prepotables y de peces en el Bajo Ebro .....	200
Figura 67. Evolución longitudinal de la Conductividad y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	201
Figura 68. Evolución anual de la conductividad media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	202

Figura 69. Evolución mensual de la conductividad media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro.....	203
Figura 70. Evolución longitudinal de Sulfatos y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	203
Figura 71. Evolución anual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	204
Figura 72. Evolución mensual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	204
Figura 73. Relación entre conductividad y Sulfatos en el Ebro.....	205
Figura 74. Evolución longitudinal de Cloruros en el Bajo Ebro.....	205
Figura 75. Evolución anual y mensual de la concentración media de Cloruros en el Bajo Ebro .....	206
Figura 76. Evolución espacio-temporal de la salinidad de las aguas del Ebro .....	207
Figura 77. Evolución longitudinal de DBO y del incumplimiento de las normativas de prepotables y de peces por este parámetro en el Bajo Ebro.....	208
Figura 78. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	208
Figura 79. Evolución mensual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	209
Figura 80. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Bajo Ebro .....	209
Figura 81. Evolución mensual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Bajo Ebro .....	210
Figura 82. Evolución longitudinal de materia en suspensión y de Oxígeno Disuelto, y del incumplimiento de la normativa de peces por estos parámetros en el Bajo Ebro .....	210
Figura 83. Evolución longitudinal de Amonio y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro en el Bajo Ebro .....	211
Figura 84. Evolución longitudinal de Fosfatos y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	211
Figura 85. Evolución anual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	212
Figura 86. Evolución mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro .....	213
Figura 87. Evolución longitudinal de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales y del incumplimiento de la normativa de prepotables por estos parámetros en el Bajo Ebro .....	214
Figura 88. Evolución longitudinal del incumplimiento de las recomendaciones para aguas de riego en el Bajo Ebro .....	214
Figura 89. Ubicación de la estación de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el río Noia.....	218
Figura 90. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Tous.....	221
Figura 91. DBO media e incumplimiento de las normativas de prepotables y de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	222
Figura 92. Evolución anual de la DBO media y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	223
Figura 93. Evolución mensual de la DBO media y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	223
Figura 94. Concentración media de Oxígeno Disuelto e incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	224
Figura 95. Concentración media de Materia en Suspensión y incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	224
Figura 96. Evolución anual y mensual de la concentración media de materia en suspensión y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	225
Figura 97. Evolución anual y mensual de la concentración media de materia en suspensión y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	225

Figura 98. Concentración media de Amonio e incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous.....	226
Figura 99. Concentración media de Fosfatos e incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous.....	226
Figura 100. Conductividad y concentración media de Sulfatos y Cloruros, e incumplimiento de la normativa de prepotables por estos parámetros aguas arriba del embalse de Tous. ....	227
Figura 101. Evolución anual de la conductividad media y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous.....	227
Figura 102. Evolución mensual de la conductividad media y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	228
Figura 103. Evolución anual de la concentración media de Cloruros y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous.....	229
Figura 104. Concentración media de Coliformes totales e incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous.....	229
Figura 105. Evolución mensual de la concentración media de Coliformes totales y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous.....	230
Figura 106. pH medio e incumplimiento de las recomendaciones para aguas de riego por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous .....	230
Figura 107. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el río Vinalopó .....	234
Figura 108. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Postrasvase Tajo-Segura .....	237
Figura 109. Distribución de la boga ( <i>Chondrostoma polylepis</i> Steindachner, 1865) en la península Ibérica y localización geográfica del río Mundo, donde se ha citado por primera vez en la cuenca del Segura.....	255

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre el caudal en Tortosa, la profundidad de la interfase en los km 6 y 13 de la desembocadura, y la penetración de la cuña .....	58
Tabla 2. Caudales medios mensuales (m <sup>3</sup> /sg).....	69
Tabla 3. Caudales mínimos mensuales (m <sup>3</sup> /sg).....	69
Tabla 4. Factor de variabilidad temporal y caudales mensuales de mantenimiento .....	72
Tabla 5. Qman medio, máximo y mínimo, y sus porcentajes correspondientes sobre el medio interanual .....	72
Tabla 6. Lista de los 64 parámetros contenidos en los tres usos considerados para examinar la calidad del agua .....	150
Tabla 7. Características químicas del agua en el embalse de Bolarque y en los posibles orígenes de transferencias que le afectarían .....	175
Tabla 8. Comparación entre las salinidades de Ebro y Vinalopó .....	236
Tabla 9. Especies vegetales.....	262
Tabla 10. Especies animales .....	264



## **1. INTRODUCCIÓN**

Este documento de análisis ambientales está estructurado en cinco capítulos.

Tras una primera breve exposición de los aspectos normativos y de regulación básica pertinente, se describen en segundo lugar de forma genérica los impactos ambientales de las transferencias, considerando la cuenca cedente, la receptora, y la conducción que las conecta. Este análisis genérico y teórico se realiza sobre los distintos elementos del medio ambiente, en cada una de las fases en que se desarrollaría el proyecto, es decir, en el planeamiento, la ejecución y la puesta en explotación de las infraestructuras de trasvase. Para ello se consideran las acciones del proyecto susceptibles de generar impacto, los elementos del medio afectado con estimación de sus alteraciones, y las medidas correctoras que pueden adoptarse en cada caso en aras a minimizar dichas afecciones. Como se ha indicado, esta exposición tendrá un carácter teórico-descriptivo, como enumeración de aspectos que habrán de considerarse, en su caso, durante el desarrollo de los proyectos de transferencias previstos por este Plan Hidrológico Nacional, y haciendo referencia a los criterios generales de evaluación de impactos y Directiva Marco, de interés normativo en relación con tales proyectos.

En tercer lugar, y ya desde un punto de vista concreto y práctico, se revisan las posibles afecciones en origen, como consecuencia de la posible derivación de caudales. Especial consideración merece el delta del Ebro, al que se dedica un análisis específico.

En cuarto lugar, y también desde un punto de vista concreto, se describen las posibles afecciones en el transporte estudiando los espacios naturales protegidos, ZEPAS y zonas húmedas con protección legal, así como los lugares de interés nacional comunicados a la Comisión de la Unión Europea, en cumplimiento de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, que puedan ser afectados -de forma directa o indirecta- por las trazas seleccionadas como óptimas de entre las distintas analizadas, toda vez que ya se ha evitado, en las fases previas de estudio de variantes y alternativas, eliminar o minimizar contactos con los espacios naturales con protección legal o cuya protección esté en tramitación en la actualidad. Para ello, y de forma introductoria, se exponen inicialmente una serie de conceptos y observaciones sobre el proceso de desarrollo de la Directiva de Hábitats y sus posibles implicaciones en este Plan Hidrológico.

El objetivo del análisis de las posibles zonas afectadas es el de definir a grandes rasgos, y con las limitaciones propias de una primera aproximación, estos posibles impactos adversos, y estudiar las potenciales modificaciones que cabría introducir en las trazas inicialmente seleccionadas para minimizar o, si es posible, eliminar las afecciones. Como es lógico, esta primera aproximación no puede resultar concluyente, y aspira tan solo a centrar la atención sobre aquellas cuestiones que deben requerir desarrollo posterior, filtrando las opciones que deben desaconsejarse ya desde el inicio, y apuntando las que parecen resultar ambientalmente más idóneas. Las escalas y el grado de precisión empleados no son los de un proyecto constructivo, y no permiten, en consecuencia, la fijación de los detalles geométricos

de los trazados. Es por ello que los recorridos sugeridos deben considerarse como una primera estimación, inserta dentro de una cierta franja de incertidumbre.

El análisis del medio físico y biótico atravesado por cada traza para determinar su viabilidad se ha centrado en los impactos sobre los espacios protegidos. Se ha prescindido de consideraciones sobre efectos de la derivación de caudales en las cuencas cedentes, puesto que siempre se respeta lo establecido a este respecto en los planes hidrológicos de cuenca o, cuando resulta procedente, en los pertinentes Convenios internacionales. Cabe destacar el caso del delta del Ebro, que por su muy singular relevancia ha sido analizado de forma específica.

Por último, en quinto lugar, y siguiendo la misma lógica expositiva, se estudian los posibles impactos en las zonas de destino, desde la triple óptica de los efectos de la calidad del agua, los posibles efectos biológicos, y los impactos socioeconómicos en las áreas receptoras.



## **2. REGULACIONES BÁSICAS**

Seguidamente, y antes de entrar en el detalle de las actuaciones e impactos previsibles, se considerarán las normas reguladoras básicas relevantes a estos efectos, y que son las de evaluación de impacto ambiental, conservación de la naturaleza, Directiva de Hábitats, y Directiva Marco de Aguas.

### **2.1. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Como es obvio, este Documento no pretende desarrollar un completo Estudio de Impacto Ambiental (en adelante Es.I.A.), ni tan siquiera con el alcance de un estudio preliminar, pero sí se persigue identificar y evaluar, a modo de listado, las distintas alteraciones que, sobre el medio preoperacional, pueden originar las transferencias de recursos hídricos. En consecuencia, las distintas alternativas finales deberán ser sometidas, en su caso, al procedimiento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante E.I.A.), eligiéndose a partir del mismo, y dentro de las distintas opciones posibles para atender las demandas detectadas, aquellas que muestren un menor impacto.

Conviene señalar que el impacto ambiental severo o crítico de una actuación no es, o no debe ser, por sí mismo condición suficiente para rechazarla, sino que antes de ello hay que reflexionar sobre los beneficios económicos, sociales o territoriales que podrían compensar los costes ambientales. De igual forma, la valoración del impacto de una obra como aceptable tampoco implicaría asumirla tal cual ha sido proyectada, sino que hay que investigar la existencia de medidas correctoras que pudieran reducir tal impacto, aun siendo aceptable, o incluso convertirlo en positivo.

Hay que indicar, en primer lugar, que la EIA, regulada en nuestro país por el RDL 1302/1986 y su reglamento RD 1131/88, que transponen al derecho español la Directiva europea 85/337, no es vinculante para los trasvases como tales, sino, en su caso, para las infraestructuras que sea necesario ejecutar en relación con estos trasvases.

Los problemas surgidos en la aplicación por los Estados miembros de la Directiva 85/337, singularmente en relación con el sometimiento a la Directiva de los proyectos del Anexo II, junto con otras deficiencias observadas, han llevado a la Comisión a presentar, en marzo de 1994, una propuesta de modificación de la Directiva 85/337, que vió finalmente la luz como texto normativo en la Directiva 97/11, que recoge distintas modificaciones de aquélla como la adaptación al convenio de Espoo, una distinta interpretación de los proyectos recogidos en el Anexo II, el procedimiento voluntario previo, y la ampliación de los proyectos y actividades sometidos a EIA tanto del Anexo I como, sobre todo, del II (Sanz Rubiales, 2000).

La Directiva 97/11 no ha sido aún transpuesta al derecho español, previéndose que se haga a muy corto plazo.

En relación con este Plan Hidrológico Nacional, debe tenerse en cuenta que la Directiva 97/11 ha ampliado el ámbito de aplicación de la normativa anterior,

incluyendo por vez primera algunos proyectos hidráulicos en su Anexo I (sujetos a evaluación sin más) y en su Anexo II (cada Estado debe aplicar los criterios de sujeción).

Específicamente, el Anexo I incluye, como obras que se someten a evaluación ambiental:

- *Obras para el trasvase de recursos hídricos entre cuencas fluviales cuando dicho trasvase tenga por objeto evitar la posible escasez de agua y cuando el volumen de agua trasvasada sea superior a 100 millones de metros cúbicos al año* (ap. 12.a Anexo I)
- *En todos los demás casos, los proyectos de trasvase de recursos hídricos entre cuencas fluviales cuando el flujo medio plurianual de la cuenca de extracción supere los 2.000 millones de metros cúbicos al año y cuando el volumen de agua trasvasada supere el 5% de dicho flujo* (ap.12.b Anexo I)

Además, el Anexo II de la Directiva 97/11 contempla la posibilidad de someter a evaluación de impacto ambiental las *obras de trasvase de recursos hídricos entre cuencas fluviales no incluidas en el Anexo I*, de acuerdo con los criterios que establezcan los Estados miembros, ya sea mediante un estudio caso por caso o mediante umbrales o criterios establecidos por cada Estado miembro, todo ello de acuerdo con los criterios pertinentes de selección establecidos en su anexo III.

En consecuencia, y de acuerdo con lo expuesto, es claro que deberán someterse a EIA todas las obras de trasvases que pudieran requerirse en desarrollo de este Plan Hidrológico Nacional.

Por otra parte, se ha planteado la posibilidad de que, además de las obras, se someta a valoración el propio Plan Hidrológico, bajo el marco conceptual de la evaluación estratégica de planes y programas.

La idea de ampliar la EIA a planes y programas es relativamente antigua, con referencias ya en el IV Programa. En junio de 1991 la Comisión presentó al Consejo un borrador de propuesta de Directiva sobre evaluación ambiental de políticas, planes y programas (la llamada EAE, evaluación ambiental estratégica), y finalmente, en marzo de 1997, la Comisión ha presentado la correspondiente propuesta de Directiva, aún no aprobada.

La normativa española no incorpora las EAE, aunque existe el interesante precedente –año 1986– del art. 239 RDPH, que se refiere a un cierto estudio de efectos ambientales de los programas y planes de la Administración. Este precepto reglamentario no se inserta en la técnica general de evaluación ambiental en sentido estricto, sino en un ámbito de aplicación específico, en el contexto de las normas generales de protección del dominio público hidráulico. Podría calificarse como una evaluación ambiental impropia, sin régimen jurídico peculiar, y de la que hay también ejemplos en otros ámbitos.

Por otra parte, la Directiva vigente establece una serie de supuestos de no-sujeción al procedimiento de EIA, entre los que figuran los excluidos por *acto legislativo nacional*, pues esto garantiza la publicidad y participación pública en el proceso. La Ley española ha entendido por acto legislativo nacional las leyes emanadas de las Cortes Generales, siendo precisamente éste el caso del Plan Hidrológico Nacional.

En consecuencia, y resumiendo lo expuesto, no hay ninguna razón jurídica para que el PHN deba ser sometido a EAE, mientras que sí deben ser sometidas a EIA todas aquellas obras que proceda ejecutar en desarrollo del Plan.

## 2.2. NORMATIVA DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

A continuación se ofrece una breve reseña sobre la normativa estatal aplicable en la materia. Hay que tener en cuenta que dicha normativa, referente a la conservación de la naturaleza ha sufrido un fuerte desarrollo en los últimos años, empujada por la trasposición al ordenamiento jurídico español de las Directivas de la Comunidad Europea. Destaca la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los espacios naturales y de la Flora y Fauna silvestres, que deroga a la Ley de 2 de mayo de 1975, de Espacios Naturales Protegidos, que durante trece años ha cubierto la política de conservación de la naturaleza. La Ley 4/1989 crea, como instrumento de planificación, los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales y establece los regímenes de protección en cuatro categorías (Parques, Reservas Naturales, Monumentos Naturales y Paisajes Protegidos). Además, establece las medidas necesarias para garantizar la conservación de las especies, trasponiendo las Directivas europeas sobre protección de la flora y la fauna, entre ellas la número 79/409/CEE, relativa a la conservación de las aves silvestres, y establece la creación del Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. Finalmente, refleja la necesaria cooperación y coordinación que debe lograrse entre el Estado y las Comunidades Autónomas. Posteriormente, esta Ley ha sufrido diferentes modificaciones, como son:

- Ley 40/1997, de 5 de noviembre, con objeto de completar la regulación de diferentes aspectos cinegéticos.
- Ley 41/1997, de 5 de noviembre, para resolver problemas de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas en la gestión de los Parques Nacionales.

El Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, regula el catálogo Nacional de Especies Amenazadas, e incluye un Anejo de especies y subespecies catalogadas en peligro de extinción y un segundo Anejo de especies y subespecies catalogadas de interés especial. Este Real Decreto se ha completado con la inclusión o exclusión de otras especies mediante Órdenes posteriores (Orden 29 de agosto de 1996, para la inclusión de *Margaritifera auricularia* y la exclusión de *Limonium neocastellonense*, y Orden de 9 de julio incluyendo unas especies y cambiando otras de categoría).

El Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres, traspone la Directiva 92/43/CEE, y tiene por objeto establecer las medidas para el mantenimiento o el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los hábitats naturales y de las especies silvestres de la fauna y de la flora de interés comunitario en el territorio nacional.

Contiene un primer Anejo con los tipos de hábitats naturales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación, el Anejo II contiene las especies animales y vegetales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación, el Anejo III, con los criterios de selección de los lugares que pueden clasificarse como lugares de importancia comunitaria y designarse zonas especiales de conservación, el Anejo IV, con una relación de las especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren una protección estricta, y el Anejo V con las especies animales y vegetales de interés comunitario cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión. Por su especial importancia nos referiremos singularmente a esta Directiva en el próximo epígrafe.

Este Real Decreto también ha experimentado una modificación, mediante el Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, que sustituye los anejos I y II que procedían de trasponer la Directiva 92/43/CEE por el texto que figura en sendos anejos de la Directiva 97/62/CEE.

## **2.3. LA DIRECTIVA DE HÁBITATS**

### **2.3.1. INTRODUCCIÓN**

La directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los Hábitats y de las especies de Fauna y Flora Silvestres, es el instrumento más importante en materia de conservación de la naturaleza de la Unión Europea.

Su objetivo es la preservación de la Biodiversidad en el ámbito europeo, y tiene como finalidad última el establecimiento de una red ecológica de lugares, representativa de todos los hábitats y taxones de flora y fauna declarados de interés comunitario. Esta red, denominada Red Natura 2000 deberá estar constituida antes del año 2004.

Para su elaboración, los Estados miembros de la Unión propondrán espacios, en forma de Lista Nacional de Lugares, que será comunicada a la Comisión. Los lugares que compongan esta lista, una vez aceptada o modificada por la Comisión (normalmente al alza, en el sentido de su ampliación), pasarán a ser declarados como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), para posteriormente ser designados por cada uno de los Estados miembros como Zonas de Especial Conservación (ZEC), que serán las que constituyan la Red Natura 2000.

La Red Natura 2000 deberá integrar las actividades de conservación con el resto de las políticas sectoriales y el desarrollo socioeconómico de las poblaciones existentes en los lugares protegidos, configurándose como una red con vocación de contribuir a la conservación de la Biodiversidad existente, sin excluir a priori ningún uso de los presentes, ya que los futuros deberán adaptarse al fin esencial de conservación.

### 2.3.2. EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA LISTA ESPAÑOLA

La directiva de hábitats fue traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el R.D. 1997/1995, de 7 de Diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la Conservación de los hábitats naturales y la flora y fauna silvestres, y el R.D. 1193/1998, de 12 de Junio, por el que se modifica el anterior, como transposición de la nueva Directiva 97/62/CEE, por la que se adaptan al progreso científico y técnico los anexos de la anterior Directiva.

Estas disposiciones atribuyeron a las Comunidades Autónomas tanto la facultad de proponer los lugares de su territorio como la gestión posterior de los mismos, otorgando a la Administración General del Estado las tareas de representación y coordinación en todo el proceso ante la Comisión Europea.

De esta forma, a propuesta de las Comunidades Autónomas se ha elaborado una Lista Nacional de Lugares, donde, además de los espacios que las Comunidades han creído conveniente incluir, se han incorporado necesariamente todos los espacios designados como ZEPA (zona de especial protección para las aves) al amparo de la Directiva Aves 79/409/CEE. La Lista Nacional de Lugares, que refleja todas las regiones biogeográficas españolas (Atlántica, Mediterránea, Alpina y Macaronésica), ya ha sido enviada a la Comisión, y abarca en la actualidad 809 lugares, ocupando un total de 8.581.764 ha (el 16.5% del territorio español).

Como se ha indicado, la Comisión analizará la Lista Nacional de Lugares de España y podría proceder a ampliarla, si de su análisis así lo estima conveniente, para a continuación (se piensa que a mediados del año 2000 o principios del 2001), elaborar la lista de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC). Conviene señalar que en el momento en que sea declarada la Lista, los espacios españoles que la integren gozarán de las medidas preventivas para su conservación hasta su declaración como ZEC (art.4.5 de la Directiva). El último paso consistirá, como se dijo, en la declaración de los LIC por los Estados miembros como Zonas de Especial Conservación (en un plazo no superior a seis años desde su declaración como LIC), en las que se deberán arbitrar los mecanismos de gestión, financieros, de políticas sectoriales, etc., necesarios para su preservación.

### 2.3.3. POSIBLES INCIDENCIAS

Como ya se ha indicado, el objetivo básico de la directiva es preservar la conservación de la diversidad biológica, y promover el desarrollo socioeconómico de las poblaciones incluidas en el ámbito territorial de las Zonas de Especial Conservación, adaptando las nuevas actuaciones que se propongan a estos objetivos.

La Directiva, en su párrafo 6. 3 establece que *cualquier plan o proyecto, que sin tener relación directa con la gestión del lugar o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de manera apreciable a las ZEC's, ya sea individualmente o en combinación con otros planes y proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar....., las autoridades nacionales competentes sólo se declararán de acuerdo con dicho plan o proyecto tras haberse asegurado de que no causará ningún perjuicio a la integridad del lugar en cuestión y, si procede, tras haberlo sometido a información pública.* Además el párrafo 6.4 establece que *si a pesar*

*de los efectos negativos sobre el lugar de cualquier plan o proyecto y a falta de soluciones alternativas al mismo, debiera realizarse por razones imperiosas de interés público de primer orden, el Estado miembro tomará cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de la Red Natura 2000 quede protegida, informando a la Comisión de las medidas compensatorias que haya adoptado.* Por último, el párrafo final del art. 6, establece de forma taxativa que cuando el lugar considerado alberga un tipo de hábitat natural y/o una especie prioritaria, únicamente se podrán alegar consideraciones relacionadas con la salud humana y la seguridad pública, o relativas a consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente, o bien, previa consulta a la Comisión, otras razones imperiosas de interés público de primer orden.

Conforme a todo ello, y sin perjuicio de la concreción final de la Lista y de los criterios técnico-jurídicos para su aplicación práctica, se ha estimado conveniente incorporar en este Anejo los LICs ya identificados que pudieran verse afectados por las trazas de las transferencias previstas, incluyendo una primera estimación de los posibles impactos resultantes.

## **2.4. LA DIRECTIVA MARCO DE AGUAS**

### **2.4.1. CRITERIOS GENERALES**

Es de interés considerar el modo en que la aplicación de la futura Directiva Marco de Aguas puede afectar a las transferencias intercuenas consideradas en este Plan Hidrológico.

La cuestión no puede ser resuelta de forma definitiva en tanto no se disponga de los textos finales aprobados, pero, a la vista de los documentos actuales, cabe sugerir algunas ideas básicas al respecto.

En principio, la Directiva no contiene determinaciones específicas sobre los trasvases, más allá de las generales para todas las actuaciones hidráulicas. Por tanto, la cuestión se remite al mandato a los Estados de velar por el *control y la prevención de cualquier efecto adverso significativo sobre el estado del agua, que pueda impedir el logro de objetivos ambientales*. En la medida en que esto suceda, los trasvases podrían considerarse como elementos que dificultan el cumplimiento de dicho objetivo.

Es posible que un determinado trasvase no afecte significativamente, en la cuenca cedente, al estado químico de las aguas superficiales, al estado químico de las aguas subterráneas, e incluso al estado cuantitativo de estas últimas. Además, sería necesario verificar la afección al *estado ecológico* del sistema cedente, sobre todo teniendo en cuenta los criterios definidores de este concepto (por comparación con la comunidad biológica que existiría en caso de ausencia de impacto antropogénico) que se han consolidado en el Anejo V de la Directiva.

Por otra parte, y en aplicación del artículo 12, un Estado aguas abajo de otro Estado que pretenda ceder agua desde la parte alta de la cuenca, podrá plantear siempre a la Comisión los problemas que pueden repercutir en su gestión, incorporando así

una dificultad adicional a la viabilidad de posibles trasvases. Ello es pertinente en nuestro caso si las transferencias arrancasen de los ríos compartidos con Portugal (Duero o Tajo).

En el caso de que un Estado miembro de la Unión decidiera acometer un trasvase, habría que considerar la magnitud de su afección sobre el estado ecológico de las aguas y el principio de no retroceso, por el que una masa de agua no puede tener un estado ecológico inferior al existente en el momento de adoptarse la Directiva, los márgenes interpretativos de la norma, y las posibilidades de actuación excepcional que ofrece el texto vigente:

- Declarando las aguas de trasvases como modificadas o artificiales.
- Justificando la pertinencia del incumplimiento de objetivos en la cuenca cedente, a pesar del trasvase, en lo que se refiere a calidad biológica y calidad hidromorfológica.
- Evitando que, en virtud de un acto legislativo específico –en aplicación del art. 6– el sistema de la cuenca cedente sea declarado como de protección especial.
- Justificando que la menor dilución resultante de las detracciones no llega a afectar el cumplimiento de objetivos ambientales.
- Aplicando el artículo 13.4 mediante la formulación de planes especiales enmarcados en el plan hidrológico de cuenca, donde se hayan previsto las excepciones que contempla el art. 4 en lo que se refiere a objetivos ambientales.

En síntesis, la Directiva Marco no contiene referencia específica o excepcional, ni oposición singular alguna a los trasvases intercuenas, pero tenderá a introducir mayores exigencias ambientales que las hoy existentes para la puesta en marcha de cualquier proyecto de esta naturaleza, lo que debe considerarse sin duda como un avance positivo. Ello será probablemente así a pesar de la aplicación del principio de subsidiaridad, pues la Comisión, en determinados supuestos, actuando dentro de los límites de su competencia, podrá tratar de justificar como necesaria y conveniente su intervención, con independencia del reconocimiento de legislaciones nacionales, diversidades biológicas u otras consideraciones.

La cuestión básica a dilucidar será la del impacto de las transferencias sobre el estado ecológico del dominio público hidráulico, tanto en las cuencas de origen como en las de tránsito o destino.

## **2.4.2. ALGUNAS CUESTIONES ESPECÍFICAS**

Además de estos conceptos generales e ideas básicas, la Directiva contiene distintos considerandos y preceptos que pueden tener relación con el problema de las transferencias intercuenas. Seguidamente se señalan algunos de interés.

### **2.4.2.1. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS (DELTA)**

*Una política de aguas eficaz y coherente debe tener en cuenta la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos situados cerca de las costas y los estuarios o en golfos o mares relativamente cerrados, puesto que el equilibrio de todas estas zonas depende en buena medida de la calidad de las aguas continentales que fluyen hacia ellas. (Considerando 17).*

En concordancia con ello, en este Plan Nacional se considera tal problema en el caso del Delta del Ebro, único ecosistema significativo de este tipo no sujeto a afecciones internacionales y susceptible de ser afectado, realizando un análisis específico de la influencia de la detracción de caudales en la salinidad y otros aspectos relacionados.

### **2.4.2.2. VIABILIDAD AMBIENTAL DE LAS DETRACCIONES**

*En cuanto a los aspectos cuantitativos del agua, deben establecerse principios generales de control de la captación y del almacenamiento a fin de garantizar la sostenibilidad medioambiental de los sistemas acuáticos afectados (Considerando 41).*

Ha de garantizarse tal control mediante la obligada satisfacción de los requerimientos ambientales establecidos en cada caso, lo que se ha llevado a cabo en este Plan Hidrológico Nacional por la consideración explícita de tales requerimientos como restricciones previas a los sistemas de explotación analizados.

### **2.4.2.3. PARTICIPACIÓN PÚBLICA**

*Para garantizar la participación del público en general, incluidos los usuarios, en el establecimiento y la actualización de los planes hidrológicos de cuenca, es necesario facilitar información adecuada de las medidas previstas y de los progresos realizados en su aplicación, a fin de que el público en general pueda aportar su contribución antes de que se adopten las decisiones finales sobre las medidas necesarias (Considerando 46).*

En el caso concreto que nos ocupa, el proceso formalmente establecido para la elaboración y aprobación del Plan Hidrológico Nacional asegura la participación de todas las entidades implicadas en el paso por el Consejo Nacional del Agua, sin perjuicio de las exposiciones y participaciones no regladas que proceda desarrollar, y que se estiman del mayor interés. Además, la publicación del borrador del Libro Blanco y la presentación de observaciones abiertas al público en general ha constituido un proceso de participación en el mismo sentido. Por último, la aprobación mediante Ley garantiza la máxima participación institucional del Plan, al trasladar al Parlamento las decisiones finales que se adopten.

Sin perjuicio de todo ello, el derecho al acceso a la información medioambiental reconocido en la Ley 13/1995 se garantiza igualmente mediante la publicación de los documentos integrantes del Plan.



#### **2.4.2.4. OBJETIVO DE LA DIRECTIVA**

*El objetivo general de la presente Directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y de las subterráneas. Este marco debe concretarse entre otras cosas en:*

*Garantizar la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evitar nuevas contaminaciones*

*Contribuir a paliar los efectos de las inundaciones y sequías*

*Y que contribuya de esta forma a:*

*Garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo*

*Reducir de forma significativa la contaminación de las aguas subterráneas.*

*(Artículo 1)*

El Plan Hidrológico Nacional contribuiría a la consecución del objetivo de la reducción de la contaminación de las aguas subterráneas, en cuanto que uno de los objetivos básicos de las transferencias es evitar la sobreexplotación de acuíferos y su degradación asociada. Igualmente pretende dotar de un sistema de abastecimiento con aguas de suficiente calidad a zonas deficitarias, permitiendo un uso sostenible conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Contribuye, sin duda a mitigar los efectos de las sequías en estas zonas.

#### **2.4.2.5. OBJETIVOS AMBIENTALES**

*Al poner en práctica los programas de medidas especificados en los planes hidrológicos de cuenca:*

*Para aguas superficiales:*

*Los Estados miembros habrán de aplicar las medidas necesarias para prevenir el deterioro del estado de todas las masas de agua superficial ...*

*Los Estados miembros protegerán y mejorarán todas las masas de agua superficiales y muy modificadas, con objeto de lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico de las aguas superficiales a mas tardar 15 años después de la entrada en vigor de la presente Directiva (con las excepciones indicadas en otros párrafos)*

*Para aguas subterráneas*

Los Estados miembros habrán de aplicar las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de aguas subterráneas...

*Los Estados miembros habrán de proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua subterránea y garantizarán un equilibrio entre la extracción y la alimentación de dichas aguas con objeto de alcanzar un buen estado de las aguas subterráneas a mas tardar 15 años después de la entrada en vigor de la presente Directiva (con las excepciones contempladas en otros párrafos).*

*Los Estados miembros habrán de aplicar las medidas necesarias para invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de cualquier contaminante debida a las repercusiones de la actividad humana con el fin de reducir progresivamente la contaminación de las aguas subterráneas.*

*(Artículo 4)*

Las determinaciones de este Plan Hidrológico son concordantes con tales objetivos ambientales. En cuanto a las aguas superficiales porque no prevé aportes de agua a sistemas deficitarios para incrementos de demanda salvo de abastecimiento, sino que exclusivamente trata de garantizar la demanda existente, de manera que se reduzca la presión actual sobre las masas de aguas locales, tanto naturales como artificiales (embalses), de manera que mejore su estado y potencial ecológico. Igualmente, en lo que a los embalse se refiere se ha analizado específicamente la influencia de los distintos orígenes de agua sobre los embalses destino y los atravesados por las transferencias, garantizando que no se reduzca su nivel de calidad con respecto a la situación actual.

Lo mismo puede decirse en cuanto a las aguas subterráneas. Se ha analizado el uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales, respetando siempre una relación bombeo/recarga equilibrada para evitar el deterioro de los acuíferos, y con criterios prudenciales en la evaluación de las disponibilidades subterráneas realmente sostenibles y ambientalmente inocuas. Puede comentarse otra vez que la sobreexplotación se verá eliminada con los trasvases.

Igualmente la delimitación de los acuíferos compartidos y la asignación de recursos establecida en ellos contribuirán a su explotación racional.

#### **2.4.2.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL USO DEL AGUA**

*Cada Estado miembro velará por que se efectúe en cada demarcación hidrográfica o en la parte de una demarcación hidrográfica internacional situada en su territorio que: ....*

debe tenerse en cuenta:

*“el principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua” y “estudiar la combinación mas rentable de medidas que, sobre el uso del agua, deben incluirse en el programa de medidas ..., basándose en las previsiones de los costes potenciales de dichas medidas”. (Anexo III) (Artículo 5)*

Este Plan Hidrológico incorpora plenamente esta perspectiva, habiéndose realizado un análisis de optimización para determinar cuál es la alternativa más efectiva desde el punto de vista del coste, agregando dentro de este toda una serie de factores constructivos, de mantenimiento, explotación, compensación, calidad, etc., y obteniendo unas tarifas del agua que, sin perjuicio de posibles modificaciones o ajustes que se estime adecuado introducir, reflejan los costes reales de la disponibilidad del recurso.

En el artículo 9 se señala que puede no aplicarse el procedimiento de recuperación total del coste a todos los usos del agua siempre que eso no comprometa el logro de los objetivos de la Directiva.

#### **2.4.2.7. INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN PÚBLICA**

*Los Estados miembros formarán la participación activa de todas las partes interesadas en la aplicación de la presente Directiva, en particular en la elaboración, revisión y actualización de los planes hidrológicos de cuenca. Los Estados miembros velarán porque, respecto de cada demarcación hidrográfica se publiquen y se pongan a disposición del público, incluidos los usuarios, a fin de recabar sus observaciones, los siguientes documentos:*

- a) *un calendario y programa de trabajo sobre la elaboración del plan, con inclusión de una declaración de las medidas de consulta que habrán de ser adoptadas, al menos tres años antes del inicio del período al que se refiera el plan;*
- b) *un esquema provisional de los temas importantes que se plantean en la cuenca hidrográfica en materia de gestión de aguas, al menos dos años antes del inicio del período al que se refiera el plan;*
- c) *ejemplares del proyecto del plan hidrológico de cuenca, al menos un año antes del inicio del período al que se refiera el plan.*

*Los Estados miembros concederán un plazo mínimo de seis meses para la presentación de observaciones por escrito sobre esos documentos, con objeto de permitir una participación y consultas activas.*

*(Artículo 14)*

Ya se ha aludido anteriormente a este aspecto al enumerar los Considerandos. Cabe señalar que el Libro Blanco del Agua prácticamente habría cumplido estos objetivos en lo que se refiere a la planificación nacional, puesto que se exponían todos los asuntos relevantes relacionados con la planificación nacional para conocimiento y debate público.

#### **2.4.2.8. ANEXO II**

Identificación de presiones.

*Los Estados miembros recogerán y conservarán la información sobre el tipo y la magnitud de las presiones antropogénicas significativas a las que puedan verse expuestas las masas de aguas superficiales de cada demarcación hidrográfica, en especial ....*

*Estimación y determinación de la extracción significativas de agua para usos urbanos, industriales, agrarios y de otro tipo, incluidas las variaciones estacionales y la demanda anual total y de la pérdida de agua en los sistemas de distribución.*

*Estimación y determinación de la incidencia de la regulación significativa del flujo del agua, incluidos el transvase y el desvío del agua, en las características globales del flujo y en los equilibrios hídricos.*

Todo ello se ha llevado a cabo minuciosamente, en lo que atañe a este Plan Hidrológico, analizando con detalle los flujos en cuencas cedentes y receptoras y la repercusión de la detracción en las primeras sobre los sistemas de explotación.

Determinación de impactos

Los estados miembros deben determinar la susceptibilidad del estado del agua superficial de las masas de agua a las presiones antes indicadas (entre las que se encuentran las detracciones, regulaciones y transferencias).

Aunque cabe realizar importantes desarrollos futuros en esta línea, el presente Plan Hidrológico ha considerado tales efectos mediante la introducción explícita de las restricciones ambientales establecidas, y el análisis de la influencia de la calidad del agua de las cuencas cedentes sobre los embalses y ríos tanto receptores como atravesados, así como los posibles efectos sobre la biota. Dadas las magnitudes manejadas, no parece que el perfeccionamiento de estas determinaciones pueda afectar sensiblemente a las cuantías de las transferencias, aunque sí podría tener efectos significativos sobre los regímenes de explotación propios de las cuencas.

### **3. ALTERACIONES AMBIENTALES DE LOS TRASVASES**

En este capítulo se describirán de forma genérica y teórica las posibles alteraciones que pueden producir sobre los factores del medio las distintas acciones de proyecto inherentes a las transferencias, tanto en las cuencas cedentes como en las receptoras, así como en el propio medio atravesado por la infraestructura de transferencia. Todo ello se expondrá en relación con las distintas fases en que se desarrolla un proyecto de este tipo, y exponiéndolo con un nivel de detalle básico. El objetivo es, como ya se ha indicado, reseñar los aspectos que habrán de considerarse, en su caso, en el desarrollo de los estudios de impacto ambiental de los proyectos de las transferencias previstas en este Plan Nacional.

#### **3.1. FASE DE PLANEAMIENTO**

Las afecciones ambientales en esta fase tienen fundamentalmente, como elemento receptor de las mismas, a los componentes socioeconómicos. Estas alteraciones deberán ser estudiadas y su impacto valorado de forma adecuada en los Es.I.A. que se realicen de todas y cada una de las transferencias de recursos que finalmente se propongan. A continuación, se exponen y comentan algunas de las afecciones que se producen en esta fase sobre las cuencas receptoras, cedentes y el territorio atravesado.

##### **3.1.1. CUENCA RECEPTORA**

En esta fase se generan expectativas de desarrollo o mantenimiento de la actividad económica en los territorios ubicados en las cuencas receptoras. Así, la garantía de un suministro hídrico suficiente y sostenible puede inducir alteraciones en los precios de mercado de las tierras agrícolas en el caso de que la transferencia tenga como fin el regadío. También puede verse afectado el planeamiento urbanístico de los municipios receptores de agua, ya que la garantía en el suministro del recurso se constituye en dato básico para las actuaciones de ordenamiento en el territorio.

Otro elemento a considerar lo constituye la población activa de cada sector asentada en la cuenca receptora, de forma tal que, en esta fase, se pueden producir expectativas de cambio impulsoras de modificaciones en los porcentajes de población ocupada en cada uno de los sectores de actividad económica y, de forma especial, en el sector agrícola y sus industrias asociadas.

En definitiva las alteraciones producidas inciden básicamente sobre el sistema territorial, en particular, sobre el planeamiento urbanístico, los usos del suelo agrícola y el sistema económico, especialmente en cuanto se refiere a las expectativas de actividad y composición estructural de los distintos sectores económicos y a la población activa que puede verse ocupada en ellos.

### **3.1.2. CUENCA CEDENTE**

En contraposición a las alteraciones que se producen en esta fase en la cuenca receptora, las cuencas cedentes pueden sentir que se ven afectadas en sus expectativas de desarrollo económico de forma opuesta, ya que la cesión de recursos hídricos supone, para los habitantes de la cuenca cedente, una sensación psicológica –que puede ser real o irreal- de disminución de la garantía de abastecimiento y también una limitación en cuanto al desarrollo de nuevas transformaciones a regadío. Esta situación también es aplicable al desarrollo urbanístico y turístico, así como a la composición de la población activa, lo que puede generar un rechazo inicial al proyecto de transferencia.

El factor ambiental adverso más significativo es precisamente el de este posible rechazo social, o lo que el Reglamento de EIA llama las condiciones de tranquilidad y sosiego público, mientras que, en sentido contrario, la deseabilidad social del proyecto puede alcanzar niveles muy elevados en las zonas receptoras.

### **3.1.3. TERRITORIO ATRAVESADO**

Las afecciones sobre el territorio atravesado por las infraestructuras de trasvase en esta fase tienen como principal elemento receptor del medio al sistema territorial, ya que la ocupación del suelo prevista para la instalación de éstas infraestructuras podría suponer modificaciones en el planeamiento urbanístico. En cualquier caso no es previsible que estos efectos lleguen a ser significativos.

### **3.1.4. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS**

Las medidas correctoras frente a impactos adversos en la fase de planeamiento deben estar orientadas básicamente a proporcionar a los ciudadanos interesados una información veraz, completa y transparente del proyecto planteado, de sus criterios, sus objetivos, y sus opciones y determinaciones técnicas.

Como se indicó, las transferencias de recursos pueden despertar en las cuencas cedentes reacciones sociales adversas, que en ocasiones obedecen a perjuicios verdaderos, pero que en otras ocasiones no necesariamente están fundadas en tales perjuicios económicos, territoriales o ambientales reales, sino en motivos psicológicos, sociológicos o puramente políticos.

En general la experiencia sobre proyectos de trasvases en nuestro país, y muy singularmente en el caso del Ebro, muestra que la opinión dominante en las cuencas cedentes es la de que no deben existir inconvenientes a posibles trasvases siempre y cuando, como requisito esencial, se hayan garantizado previa y preferentemente los aprovechamientos actuales y previsibles en la cuenca cedente, y el posible trasvase de sobrantes se haga a precario, de forma que no pueda en ningún caso limitar el desarrollo de la cuenca de origen (de los Ríos Romero [1990]; Martín-Retortillo et al. [1975]; Bolea Foradada [1986]; Gaviria y Grilló [1974]). Este sencillo y razonable criterio ha de complementarse con algunos otros, pero centra el problema básico en la generación de confianza y garantías hídricas en los territorios cedentes.

En definitiva, las tensiones producidas han de resolverse necesariamente por los cauces de la información, el diálogo y el contraste de opiniones, en el que se expongan con claridad ventajas e inconvenientes relativos de las distintas opciones, y se busque la mayor objetividad en el proceso de argumentación y participación pública.

### **3.2. FASE DE CONSTRUCCIÓN**

Las principales alteraciones producidas en esta fase afectan al territorio sobre el que se tracen los trasvases, aunque tanto la cuenca cedente como la receptora pueden verse afectadas por las obras de construcción de las nuevas infraestructuras complementarias que, en su caso, puedan resultar necesarias para el funcionamiento de la transferencia (almacenamientos de regulación, impulsiones, tendidos eléctricos, etc.), y que dan lugar a alteraciones sobre el medio ambiente. Estas alteraciones serían de impacto variable, en función de su propio tamaño (superficie máxima de embalse, régimen de explotación, carrera –generadora de cejas de embalse- en épocas de cría de aves, etc.) y del elemento del medio que pueda verse afectado (valor de conservación de los biotopos que sean inundados, infraestructuras de transporte inundadas, etc.).

En cualquier caso, y como ya se ha dicho, esas nuevas infraestructuras deberán ser sometidas al procedimiento reglado de E.I.A. de forma específica en cumplimiento de la legislación vigente (R.D.L. 1302/1986 y R.D. 1131/1988), y por ello no se contemplarán específicamente en este documento.

En este epígrafe se indicarán, siguiendo el esquema del contenido que debe tener un Es.I.A., las acciones principales de proyecto susceptibles de generar impacto, los principales elementos del medio preoperacional y las alteraciones que sufrirán en esta fase, así como una somera descripción de las medidas correctoras que deberían ser abordadas con el fin de minimizar tales impactos.

#### **3.2.1. ACCIONES DEL PROYECTO**

Las acciones derivadas de la realización del proyecto, susceptibles de generar impacto en la fase de construcción de un trasvase, se enumeran a continuación, en la línea ya mencionada en la introducción de este Anejo, es decir, como una lista de chequeo a considerar en la redacción definitiva de los Es.I.A. que se realicen de las soluciones que finalmente se lleven a cabo, de acuerdo con lo que resulte aprobado en la Ley del Plan Hidrológico Nacional. Esta lista no trata de ser exhaustiva, ya que existirán situaciones particulares y singulares que no pueden ser abarcadas al nivel de este documento.

Con el conocimiento de las acciones de proyecto de cada una de las alternativas estudiadas, se podrá evaluar ambientalmente la de menor impacto, en función de la intensidad y tipo de acciones de proyecto, y de los elementos del medio afectados. Así, por ejemplo, las alternativas de trazado construidas en túnel o acueducto, tendrán un menor impacto sobre el medio biótico, social y territorial, ya que no impermeabilizan el territorio a los desplazamientos, tanto de las personas como de

la fauna terrestre, aunque pueden tener un impacto mayor sobre otros elementos del medio preoperacional, como la hidrogeología o el paisaje. A continuación se indican, como ejemplo, algunas de las principales acciones genéricas susceptibles de generar impacto.

1. Eliminación de la vegetación. Como fase previa al inicio de las obras se procede a desbrozar y deforestar la superficie que se vaya a utilizar para implantar la conducción y las instalaciones anejas que sean necesarias para su ejecución y funcionamiento. El conocimiento de la superficie afectada por esta acción es un buen indicador previo de la intensidad y valor del impacto de cada una de las alternativas.
2. Necesidades de suelo. La ejecución del trasvase ocupará suelos tanto de modo permanente (los del propio trasvase, los caminos de servicio del mismo, las instalaciones auxiliares, vertederos, etc.), como con carácter temporal (zonas de acopio, parque de maquinaria, oficinas de obra, caminos de acceso a obra, etc.). El indicador de impacto principal es la superficie de suelo a ocupar.
3. Movimientos de tierras. Las configuraciones de trazado generan movimientos de tierra que transversalmente producen desmontes y terraplenes de altura y pendiente variable (a mayor altura y pendiente, mayor alteración del paisaje, y menos efectivas serán las medidas correctoras de revegetación que se planteen). Además, el balance de materiales resultante del movimiento de tierras, habida cuenta las longitudes de los distintos trasvases estudiados, puede generar vertederos de estériles, tanto temporales como permanentes, con la necesidad añadida de suelo a ocupar. También será necesaria la explotación de nuevas canteras, debiendo ser estudiado el origen de los materiales a utilizar. Por último, se debe señalar la posibilidad de realizar voladuras en distintos tramos, lo que hará necesario un plan de voladuras con el menor impacto posible. Un buen indicador de impacto suele ser el balance final de materiales, implicando un menor impacto las alternativas que generen menos movimientos de tierra y produzcan menor volumen de materiales a retirar a vertedero.
4. Drenajes, desvíos y canalizaciones. Durante la fase de obras será necesaria la ejecución de obras hidráulicas temporales que desvíen y restituyan la red de drenaje superficial presente en el área donde se realicen las obras, y que será interceptada por el trasvase. También será necesario adecuar y restituir las infraestructuras hidráulicas existentes. Por estas razones resulta un buen indicador de impacto el número de elementos afectados en cada alternativa, resultando de menor impacto las alternativas que afecten a un menor número de elementos. Además, en los tramos en túnel pueden requerirse obras de impermeabilización para impedir efectos de drenaje no deseados en los procesos hidrodinámicos de los acuíferos que puedan verse afectados.
5. Reposición de infraestructuras de servicios. Se deberán acometer obras de reposición de todos los servicios afectados por la traza y ello conlleva alteraciones medioambientales producidas por las mismas. En consecuencia, será menor el impacto de la alternativa que menos servicios afecte.

6. Cerramientos. Los tramos en canal pueden requerir ser adecuadamente aislados, impidiendo el acceso directo a los mismos desde el exterior. Esta acción se relaciona con la longitud de cada una de las alternativas propuestas de trasvase y los tramos en canal de las mismas, por tanto, resultarán de menor impacto las opciones de traza que menos cerramientos requieran.
7. Movimiento de maquinaria. La maquinaria necesaria para la ejecución de la obra y los vehículos necesarios para el transporte de materiales se desplazarán a lo largo de la zona de obras, utilizando además la red de caminos y carreteras para acceder a esas zonas de obras. Ello resultará usualmente inocuo pero podrían darse casos en los que se generen de forma inducida alteraciones en esas redes que deben valorarse.
8. Expropiaciones. Se hacen necesarias para proceder a la ocupación de los terrenos afectos al trasvase. Cuanto menor sea la superficie y el número de expropiaciones realizadas, menor será la incidencia de la alternativa estudiada.
9. Tipos de infraestructuras de transporte. Las distintas soluciones adoptadas pueden llevar aparejadas el uso de canales a cielo abierto, tuberías, sifones y acueductos, además de las necesarias zonas de impulsión, saltos de producción energética y depósitos reguladores, susceptibles de generar impactos ambientales. No caben criterios generales a este respecto, debiendo considerarse singularmente cada caso.
10. Estructuras de almacenamiento. Los trasvases pueden requerir para su funcionalidad el disponer de la regulación proporcionada por estructuras de almacenamiento. Ello podría exigir singularmente la ejecución de presas, que pueden tener elevados impactos ambientales.

Esta lista de acciones del proyecto susceptibles de generar impacto ambiental es, evidentemente, ampliable y de hecho lo será a medida que se vayan desarrollando los estudios de las distintas alternativas de trasvase. Además, es obvio que la importancia relativa de estas acciones es muy diferente entre sí, y que mientras algunas pueden ser significativas, otras no supondrán en la práctica ningún impacto apreciable sobre los factores del medio. Serán, no obstante, los Es.I.A. los que deban realizar tales valoraciones concretas.

### **3.2.2. ELEMENTOS DEL MEDIO Y PRINCIPALES ALTERACIONES**

Una vez catalogadas las acciones del proyecto susceptibles de generar impacto, deben identificarse los elementos o factores del medio preoperacional sobre el que se asentará la actividad propuesta, y que podrían sufrir distintas alteraciones de mayor o menor grado. Ello requiere, obviamente, un pormenorizado estudio del medio por el que discurrirán las infraestructuras de trasvase, lo que resulta mucho más complejo que la relativa simplicidad del anterior análisis de las acciones del proyecto.

No se pretende en este Anejo describir metodologías para la realización de inventarios, ni establecer criterios de valoración de esos inventarios de factores del medio (aspectos sobre los que existe una muy amplia literatura, y que deberán ser



realizados de forma exhaustiva en las fases posteriores de desarrollo de este Plan Nacional), sino repasar, a modo de listado, los elementos que en principio deberán ser estudiados y en ningún caso olvidados.

Por otra parte, puede haber factores globales con comportamientos ampliamente tolerantes frente a las acciones del proyecto, capaces de absorberlas sin experimentar impactos fuertes, pero con partes concretas, singulares, de ese factor, con valores propios distintos de la media del conjunto, y que pueden responder a las acciones con impactos muy altos. Son los llamados aspectos singulares, que no son sino partes de los factores generales que requieren de un tratamiento específico.

Tales elementos singulares surgirán de las particularidades propias de cada trasvase que se estudie y, sobre todo, del territorio específico por el que se desarrollen las alternativas de trazado. También, se irán indicando en este epígrafe las posibles alteraciones, siempre con carácter general, ya que el detalle de las mismas debe desarrollarse, como ya se ha indicado, del estudio en profundidad de cada una las alternativas propuestas.

Los elementos que componen el medio preoperacional se suelen agrupar en 4 tipos básicos: Medio abiótico, Medio biótico, Medio socioeconómico, y Medio del Sistema cultural, territorial, arqueología y paisaje. En este epígrafe se hará una indicación de los distintos elementos y alteraciones que pueden ocasionar las acciones de proyecto antes descritas.

### **3.2.2.1. MEDIO ABIÓTICO**

Los elementos que componen el medio físico abiótico son los siguientes:

1. **Clima.** Los elementos a estudiar deben ser los necesarios para poder hacer una caracterización climática del entorno preoperacional. Su valor viene dado porque explican la vegetación natural (presente y potencial) y porque permiten poner de manifiesto alteraciones microclimáticas como consecuencia de la eliminación de la vegetación. Como ejemplo anecdótico, una alteración característica de las infraestructuras lineales es la que incide sobre el régimen de vientos locales, ya que puede ocurrir que la caja por la que discurran los tramos de los trasvases cree corredores, inexistentes con anterioridad, por los que se encauce el viento, aumentando su velocidad. Ello resultará usualmente inocuo, pero podría generar algún impacto adverso.
2. **Calidad del aire.** En algunos casos puede requerirse el conocimiento de los niveles de inmisión previamente existentes a la ejecución de las obras, con el fin de discriminar fuentes de emisión presentes y no asignarlas a las obras que se puedan realizar. En el estudio de este elemento también se deben localizar áreas sensibles cercanas a la traza, como núcleos de población, espacios con valor de conservación por la presencia de especies de flora o fauna, etc., con el fin de adecuar las medidas correctoras necesarias para evitar su afección. En esta fase de obras, las principales alteraciones que se pueden producir se relacionan con el incremento de partículas en suspensión, originadas por los movimientos de tierra, explotación de canteras y circulación de vehículos en obra. También cabe incluir en este punto los

aspectos referentes al nivel de ruido existente en la zona, destacando, en la fase de obras, como principal alteración del nivel sonoro existente en los alrededores de las futuras trazas, los procesos constructivos relacionados con el movimiento de tierras y la maquinaria y, de forma especial, las voladuras. Por ello, deberá estudiarse la presencia de núcleos de población cercanos a la zona de obras e instalaciones auxiliares (plantas de machaqueo, canteras, etc.). Estas alteraciones no sólo afectarán a los núcleos de población cercanos, sino que se deberán estudiar especialmente en zonas y períodos de reproducción y cría de poblaciones de animales silvestres.

3. Suelos. Se deberán cartografiar y describir los suelos desde diferentes puntos de vista: su productividad, su aptitud de uso y la identificación de unidades homogéneas con un valor de conservación intrínseco por su rareza o interés didáctico. Las alteraciones sobre este elemento del medio vienen producidas por la propia ocupación del suelo que requiere la infraestructura y las instalaciones auxiliares (canteras, vertederos, parques de maquinaria, etc.) y por los movimientos de tierras (transversales y longitudinales). Como ejemplo de acción de proyecto a considerar cabe indicar la compactación producida por el movimiento de maquinaria en los terrenos aledaños a la zona de obras. Ello resultará normalmente insignificante, pero en algunos casos singulares podrían darse por esta causa impactos que cabe prever y acotar en la fase de proyecto.
4. Geología y Geomorfología. Dentro de este epígrafe se deben estudiar tanto los procesos geológicos y geomorfológicos que puedan afectar a la infraestructura como los que puedan verse afectados por su construcción. Se deberá estudiar la morfología de los corredores por los que discurran las trazas, analizando contrastes del relieve, con objeto de ceñir las infraestructuras a la morfología del terreno disminuyendo los movimientos de tierra y adecuando la altura de los taludes a la geomorfología general. También es necesario conocer las características geológicas y geomorfológicas en aras a evitar el desencadenamiento de procesos naturales (caídas, deslizamientos, etc.) por las actividades propias de la construcción de la infraestructura. Por último, deberán detectarse los puntos singulares, tanto geológicos como geomorfológicos que puedan tener interés científico, educativo o industrial. En definitiva, las alteraciones producidas en esta fase por la principal acción de proyecto (movimiento de tierras y ocupación del suelo) están relacionadas con la estabilidad y pérdida de patrimonio paleontológico y con la existencia de puntos de interés científico, educativo, cultural o económico.

Un caso de especial interés es el de la afección geomorfológica inducida por posibles embalses requeridos por las transferencias.

5. Hidrología superficial. Los elementos a estudiar deben incluir la red de drenaje presente en el área de estudio, y los parámetros que la describen: Tipo de cauces y vasos (naturales y artificiales), canales, temporalidad de la presencia de agua (especialmente en el caso de embalses con fuertes oscilaciones), caudales circulantes y volúmenes almacenados, parámetros de

calidad (físico-químicos y biológicos), etc. Las alteraciones que puedan surgir del desarrollo concreto de los proyectos deberán ser estudiadas en los Es.I.A. que se redacten.

6. Hidrogeología. Los elementos que definen la situación preoperacional de este elemento se refieren a: 1) la vulnerabilidad frente a la entrada de contaminantes, expresada como grado de permeabilidad de los acuíferos y 2) los procesos de recarga y descarga de los acuíferos subyacentes a las posibles trazas de los trasvases. En definitiva, la situación preoperacional vendrá definida por un análisis hidrogeológico de los acuíferos afectados, indicando el tipo de acuífero de que se trate, sus zonas de recarga, los puntos de surgencia de agua, su evolución estacional y líneas de flujo, y las posibles afecciones inducidas. Además, deberá considerarse la situación de la zona no saturada. Las alteraciones en esta fase pueden ser producidas por contaminación accidental, modificaciones de las zonas de recarga, que afecten los procesos naturales de esta recarga y, por la afección a la hidrodinámica del acuífero, lo que también podría producir alteraciones en los puntos o áreas de surgencia y en las captaciones existentes. Especial hincapié debe hacerse en el estudio de las soluciones en túnel ya que pueden producir alteraciones de mayor significación.

### **3.2.2.2. MEDIO BIÓTICO**

El estudio del medio biológico se centra en el conocimiento de los suelos desde el punto de vista edáfico, la vegetación y la fauna.

1. Flora y Vegetación. Se debe realizar la cartografía de la vegetación presente, definiendo unidades, su composición y estructura, destacando del conjunto la presencia de endemismos y especies con especial valor de conservación (legal, científico, etc.). Las alteraciones propias serán producto de las operaciones de desbroce y ocupación del suelo.
2. Fauna. Se hace necesario un estudio de la fauna de los territorios por los que discurran las distintas alternativas. El ámbito de estudio se extiende a una ancha banda a cada lado de la traza, variable en función de las especies presentes en el área. Temporalmente, los inventarios de fauna y la descripción de las poblaciones existentes deberán realizarse al menos durante dos años, con objeto de describir la variabilidad estacional e interanual. Las principales alteraciones en la fase de obra se relacionan con la destrucción de hábitats, generado por la ocupación del suelo donde se ubiquen las infraestructuras, y los efectos corredor y barrera producidos por los trabajos de construcción y la presencia de personas y maquinaria que dificultan o impiden el desplazamiento normal de las especies terrestres. Durante esta fase, también se pueden producir alteraciones de los procesos biológicos de reproducción y cría de las diferentes especies cercanas a la zona de obras, por los movimientos de tierra, personas y maquinaria y, de forma especial, por la realización de voladuras en los casos en que sea necesario.

3. Descripción de ecosistemas y sus interacciones. Bajo este concepto se debe describir la composición, estructura y función de los ecosistemas presentes en el área, sin olvidar la conexión e interacciones entre ellos y con otros ecosistemas cuyo ámbito territorial puede en ocasiones estar muy alejado de la zona de estudio. Se deben exponer las razones que explican su existencia y funcionalidad, ya sean éstas naturales, antrópicas o una combinación de ambas.

### **3.2.2.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO**

En este epígrafe se describen los principales elementos que conforman el medio socioeconómico, así como las principales alteraciones que puede sufrir durante la fase de construcción de un trasvase. Una vez más, conviene indicar que lo expuesto a continuación es una propuesta, a modo de lista de chequeo, sobre los contenidos mínimos que deben estar presentes en los Es.I.A. que se realicen, y que, por tanto, pueden existir otros elementos singulares que deberán ser tenidos en consideración.

Los factores que configuran el medio socioeconómico se pueden dividir para su estudio en elementos del medio social y elementos del medio económico, tal y como se describe seguidamente.

#### **3.2.2.3.1. Medio social**

Con su análisis se trata de determinar el volumen de población que se verá afectada durante la construcción del proyecto, y las características de la misma que pueden resultar alteradas. Los factores a considerar en este caso se ceñirían básicamente a los posibles efectos sociales de desplazamiento de población en el caso de requerirse la ocupación de terrenos para las infraestructuras de almacenamiento y transporte del trasvase, y, en sentido contrario, al impacto sobre el empleo y sus efectos colaterales (desplazamientos de mano de obra, servicios hosteleros y asistenciales, etc.) que pueden generar estas infraestructuras.

Asimismo, cabe considerar en los estudios que se desarrollen las condiciones de seguridad de los usuarios de las distintas vías de comunicación que puedan ser utilizadas por la maquinaria de obra y de transporte de materiales, y las condiciones de sosiego de las gentes, donde debe incluirse la posible alteración producida en los niveles de ruido, vibraciones y emisiones de los vecinos que puedan verse afectados en la fase de construcción.

#### **3.2.2.3.2. Medio económico**

El análisis de este elemento se desarrolla de acuerdo con la división tradicional del mismo, es decir, en función de los distintos sectores de actividad económica.

- *Sector primario.* Abarca aquellas actividades económicas desarrolladas en la agricultura, ganadería, pesca, caza, silvicultura y extractivas.

Las principales alteraciones que se pueden producir de un modo directo (por ejemplo, cambios de uso del suelo por las expropiaciones) o indirecto a través de otras alteraciones en otros componentes del sistema (vegetación, fauna,

etc.), incluyen las alteraciones derivadas de la adquisición de terrenos (incluyendo el suelo por donde pasa la infraestructura, instalaciones auxiliares y zonas anexas), y las producidas en la actividad agropecuaria, forestal y cinegética. Las primeras afectan de forma especial al suelo agrario, debiendo por ello calcularse la productividad de las zonas afectadas para estimarlas adecuadamente. Las segundas son importantes porque en muchas áreas rurales esas actividades son el principal uso del suelo y actividad económica. En la fase de construcción se pueden producir alteraciones porque las obras dificulten el acceso a las explotaciones agrarias o incluso lo impidan; seccionen la explotación en varias parcelas, provoquen efectos secundarios como la animadversión de la población residente, disminución de las rentas, etc.

- *Sector secundario.* Abarca las actividades transformadoras, industria, construcción y producción de energía. Su análisis se realiza por grupos o categorías establecidas en función de actividades tales como: Energía y agua; químicas; manufacturas y mecánicas; construcción, etc.

Las alteraciones principales sobre este sector en la fase de ejecución afectan directamente al grupo de actividades de construcción y energía. Entre el resto de actividades, el transporte de mercancías que éstas precisan es el que resulta más alterado, al aumentar la dificultad de acceso a los emplazamientos en los que se ubican las distintas actividades.

Entre los indicadores más significativos que determinan los sectores primario y secundario se encuentran: la población dedicada al sector y su representatividad dentro del conjunto de población activa del área de estudio; el tamaño de los establecimientos y número de personas empleadas, etc.

- *Sector terciario.* Agrupa las actividades de transporte, comercio, administración, etc., se caracteriza por una producción que no se manifiesta en un producto físico. Su análisis se realiza por ramas de actividad clasificadas de muy distintas maneras y por tanto no existe una metodología general. A modo de ejemplo se puede citar la Clasificación Nacional de Ramas de Actividad en las que se distinguen las actividades de: 1) Comercio y hostelería; 2) Transporte y comunicaciones; 3) Financieras y seguros y 4) Otros servicios.

En relación con este sector, las alteraciones en fase de construcción vienen determinadas por el incremento de la demanda que procede de los trabajadores de la obra, de forma tal que las dotaciones e infraestructuras del área afectada, tales como escuelas, ambulatorios, etc. podrían tener que verse aumentadas en función de los datos suministrados por los indicadores que determinen el nivel de saturación de esos servicios. Dadas las actuales facilidades de movilidad y transporte no parece que este impacto pueda plantearse en nuestros días. Otro factor en el que se producen alteraciones es el empleo, ya que durante esta fase pueden aumentar las necesidades de servicios, lo que implica un aumento de la mano de obra residente o foránea

cuyos parámetros de medición se pueden traducir a valores puramente económicos.

### **3.2.2.4. SISTEMA TERRITORIAL. ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO HISTÓRICO-ARTÍSTICO. ASPECTOS CULTURALES**

Los elementos que conforman este aspecto del medio preoperacional deberán ser estudiados con objeto de evitar impactos, tanto directos como indirectos, sobre los mismos. A continuación, se describen los principales elementos que definen este epígrafe.

1. Sistema Territorial. Deberá incluir los elementos que describen el medio socio-económico a través de una referencia espacial concreta. Por ello, se deberán representar cartográficamente elementos tales como los núcleos de población, usos actuales del suelo, planeamiento urbanístico, infraestructuras existentes, etc. Todo ello referido a los distintos términos municipales y regiones por las que discurran los corredores que ocuparán las distintas trazas propuestas.
2. Aspectos culturales. En este epígrafe se incluyen todos los elementos del medio relacionados con las costumbres, tradiciones, estilos de vida y pautas sociales de comportamiento. Las principales alteraciones tendrán que ver con la permeabilidad del territorio, de forma tal que deberán adoptarse medidas correctoras para evitar efectos barrera (lugares de recreo, etc.), aún en la fase de obras.
3. Arqueología y Patrimonio histórico-artístico. Con carácter previo a la ejecución de las obras que se pudieran realizar, y siguiendo las pautas emanadas de las autoridades competentes en la gestión y conservación del patrimonio histórico-artístico y arqueológico, se deberá evitar toda afeción a cualquier yacimiento arqueológico conocido, así como a los bienes de interés cultural que componen el patrimonio histórico español, dentro de cada uno de los corredores propuestos para las distintas trazas. Durante la fase de obras, deberán vigilarse los lugares donde se esté procediendo al movimiento de tierras, al objeto de identificar restos arqueológicos que pudieran aparecer durante la ejecución de los trabajos y adoptar las medidas pertinentes en caso de aparición de tales restos arqueológicos.
4. Vías pecuarias. Constituyen un elemento primordial del patrimonio español, tanto por su valor cultural como por su papel de corredores de comunicación y conexión entre distintos enclaves naturales, por lo que han sido adecuadamente protegidas por la legislación estatal con carácter básico (Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías pecuarias) que ha sido desarrollada por algunas Comunidades Autónomas. En definitiva, deberán ser inventariadas todas las vías pecuarias y caminos rurales existentes en el entorno de las trazas propuestas con el fin de afectarlas en la menor medida, y procediendo a su reposición cuando su ocupación resulte imprescindible.

### 3.2.2.5. PAISAJE

El objetivo del estudio y análisis del paisaje es incluirlo en el proceso de planeamiento para tratarlo como un recurso en la toma de decisiones.

La importancia del estudio de este factor ambiental radica en que se trata del elemento que, de alguna forma, engloba a todos los demás factores. No obstante, el tratamiento del paisaje como factor ambiental queda resumido en las tres características que lo definen: elemento cualitativo (no medible), subjetivo (según cada observador) y perceptivo (intervienen todos los sentidos); de ahí que resulte muy difícil determinar la alteración inducida por el proyecto.

El estudio del paisaje puede plantearse con diversos enfoques, aunque se recomienda diseñar el estudio de forma sistemática, apoyándose en técnicas que permitan tipificarlo o clasificarlo en unidades homogéneas, y posteriormente valorarlo.

Entre las diferentes técnicas existentes, una de las más utilizadas es la que trata de lograr *unidades de paisaje*, cuya respuesta visual sea homogénea ante la futura actuación (así, un posible indicador de impacto puede ser la valoración de las diferentes unidades de paisaje intersectadas por la conducción); otra es la delimitación de *cuencas visuales*, que define la superficie desde la que la futura obra es visible, de gran importancia para la evaluación de impactos visuales. En cada uno de las Es.I.A. que deberán realizarse será donde, en función de las circunstancias concretas, se determine cuál es la técnica utilizada para el análisis del paisaje y su posterior valoración e identificación de impactos.

No obstante, cualquiera que sea la técnica adoptada, al final se deberá llegar a la determinación de la *calidad visual* del paisaje, de gran interés a la hora de estudiar cada una de las alternativas de trazado propuestas. Esta visualización incluye tres aspectos que podrán verse afectados de forma distinta por la actuación: la calidad visual intrínseca de cada punto, definida en función de su morfología, vegetación, presencia de agua, etc.; la del entorno inmediato donde se aprecian valores tales como formaciones vegetales, afloramientos rocosos, grandes masas de agua, etc. y la del fondo escénico (representado por el conjunto que constituye el fondo visual), que incluye parámetros como la intervisibilidad (siendo un posible indicador de impacto la intervisibilidad de la conducción y obras anejas), altitud del horizonte, formaciones vegetales y su diversidad, geomorfología, etc.

Otro factor determinante en los Es.I.A. es la *fragilidad*, definida como la capacidad que tiene el paisaje que se analiza, para ser visualmente perturbado por la construcción de las obras del trasvase. En esta línea, deberá estudiarse la capacidad de absorción visual que tiene el paisaje, es decir, la aptitud que éste presenta para absorber visualmente las alteraciones que produciría la construcción de la conducción, sin detrimento de su calidad visual. Resumiendo, se puede indicar que a mayor fragilidad del paisaje, menor capacidad de absorción visual.

La evaluación de la fragilidad visual sigue un esquema similar al de calidad, definiendo la fragilidad visual de un punto en función de factores físicos tales como pendiente (atribuyendo mayor capacidad de absorción visual a pendientes más bajas), orientación (considerándose más frágiles las zonas más iluminadas), y

vegetación (en general, a mayor densidad, altura y diversidad de estratos de vegetación, menor fragilidad). También se define la fragilidad visual del entorno, donde se incluyen parámetros de la cuenca visual, tamaño, forma y altura relativa del punto respecto a su cuenca (en principio, cuencas visuales más grandes y con formas alargadas resultarán más frágiles), la compacidad de la cuenca, o la complejidad morfológica (de forma que a mayor compacidad, mayor fragilidad).

No se deben olvidar los factores histórico-culturales, que explican las formas de los paisajes en función del proceso histórico que han sufrido, así como la existencia de puntos o zonas singulares que añaden fragilidad visual, basándose en criterios de unicidad, valor tradicional e interés histórico. De este modo, el número de puntos de especial interés paisajístico afectados representaría otro posible indicador de impacto.

Así, la fragilidad del punto junto con la fragilidad del entorno constituyen la fragilidad visual intrínseca, es decir, independiente de la observación, de ahí que deba considerarse la potencial accesibilidad a la observación como un valor adquirido de la fragilidad visual, obteniéndose la fragilidad visual adquirida.

La construcción de las conducciones de los trasvases, en especial si no van enterradas, puede suponer un impacto paisajístico elevado, ya que la propia presencia de la obra supone un impacto; su diseño introduce líneas rectas, que suelen ser discordantes con las formas onduladas del terreno; produce un contraste cromático con el entorno por la alteración de vegetación para su construcción o por el color de la propia conducción, lo que supone una intrusión paisajística. El alcance de estas alteraciones está relacionado con la calidad y capacidad de absorción del paisaje que deberá analizarse en los correspondientes Es.I.A.

### **3.2.3. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS**

En este epígrafe se exponen las medidas protectoras, correctoras y compensadoras básicas que se deben tomar para suprimir o atenuar los efectos negativos ocasionados en la fase de construcción de conducciones de transferencia y sus infraestructuras complementarias de regulación y distribución, sobre los sistemas ecológicos y sociológicos que constituyen el medio ambiente. Ello debe partir siempre de dos premisas fundamentales: que se ha elegido la alternativa constructiva menos lesiva para el medio, y que existe colaboración e integración entre los diseñadores de medidas correctoras y los proyectistas de la infraestructura. La utilización de las distintas soluciones constructivas que ofrece la técnica en la defensa del medio puede permitir la elección de un determinado tipo de estructura (viaductos, túneles, tuberías forzadas, canales tableados, etc.) que, además de resolver el problema del transporte de agua, corrija o atenúe los efectos generadores de impactos.

La defensa, protección y regeneración del medio natural afectado por la construcción de las infraestructuras de un trasvase se debe abordar bajo tres aspectos. En el primero, se definirán las medidas protectoras a tomar para evitar daños innecesarios derivados de la falta de cuidado o de una planificación deficiente de las operaciones a realizar durante la fase de construcción. En el segundo, se contemplarán las medidas correctoras encaminadas a la restauración del medio



inerte, con el fin de lograr un soporte físico que reúna las condiciones suficientes para imponer otras medidas correctoras que permitan asentarse y progresar a la flora silvestre y a la fauna salvaje; aplicándose estas medidas, protectoras y correctoras, sobre el terreno ocupado permanentemente por las infraestructuras y el utilizado por las ocupaciones temporales. A veces, es necesario aplicar otro tercer tipo de medidas, las compensadoras, en un entorno próximo al de actuación e incluso en otro marco regional. Estas medidas tienen un carácter en general sustitutorio. Por ejemplo, ante la destrucción de una superficie de un determinado hábitat, cabe plantear la transformación de una zona dedicada a la agricultura en el nicho ecológico deseado.

En rasgos generales, las medidas protectoras que se deben aplicar durante la construcción de los acueductos coinciden con las que se adoptan al realizar de las infraestructuras lineales de transporte: Definición de los terrenos a ocupar definitivamente y temporalmente en el replanteo de la obra; control de la ejecución de obra; control de la calidad de las aguas e hidrología; tratamiento y almacenamiento de emisiones, vertidos y residuos tóxicos y control en la realización y uso de los caminos de obra.

En relación con las medidas correctoras, la mayor parte de ellas, si se consideran en un sentido amplio, y las que resultan ser a posteriori más efectivas, son las que se realizan a lo largo de las distintas fases de estudio y redacción del Proyecto. En esos momentos se puede, con las modificaciones pertinentes en el diseño, evitar puntos o áreas críticas; reducir el efecto barrera; eludir zonas con paisaje frágil, etc.

Las medidas correctoras más comunes a emplear para restaurar el medio inerte son el rescate, acopio, conservación y distribución de los horizontes húmicos del suelo, realizándose estas operaciones al mismo tiempo que se construyen los terraplenes, incorporando la tierra vegetal a las de borde que no vayan compactadas; restauración de graveras, préstamos, canteras y vertederos; protección de taludes e hidrología (construcción de filtros, balsas de decantación, hidrosiembras periódicas, cunetas de coronación de terraplenes y desmontes y bermas) así como el desmantelamiento de infraestructuras abandonadas.

El medio biótico y el paisaje se corrigen recurriendo a la protección y restauración de la vegetación silvestre, por medio de la repoblación vegetal (plantaciones y siembras) y adecuación paisajística de taludes y otras superficies, así como mediante la creación de pantallas vegetales que enmascaren actuaciones difíciles de encajar en el paisaje; tareas todas cuyos fines son facilitar y acelerar la recuperación de la flora autóctona y su progresión hacia las formaciones climáticas.

La protección de la fauna salvaje deberá llevarse a cabo, en primer lugar, adoptando las medidas adecuadas que impidan acceder a los canales a cielo abierto a los distintos grupos de la misma que estén presentes en las zonas afectadas y, en caso de hacerlo, que les faciliten la salida. Otro tipo de medidas serán las encaminadas a atenuar o suprimir el efecto barrera, ya sea adecuando drenajes transversales, viaductos, etc. o bien diseñando pasos de fauna específicos para algún grupo animal.

En cuanto a la pérdida de hábitat para la fauna ocasionado por ocupación del mismo por las infraestructuras, la corrección se realizará por medio de medidas compensadoras.

Las medidas correctoras a realizar para atenuar el impacto producido sobre el medio socio-económico-cultural irán encaminadas fundamentalmente a garantizar la seguridad y el sosiego de la población residente en el entorno de actuación, así como a restituir las servidumbres afectadas por las obras y a la vigilancia de posibles afecciones al patrimonio histórico, etnológico, arqueológico y paleontológico.

### **3.3. FASE DE OPERACIÓN**

Análogamente a los epígrafes anteriores, en este apartado se describen, de forma genérica, las principales acciones del proyecto, producidas en la fase de operación o explotación del mismo, susceptibles de generar impacto ambiental. Se insiste en que este listado de acciones de proyecto es susceptible de ampliación en función de las peculiaridades propias de los proyectos, una vez definidos de forma más detallada. Por otra parte, las singularidades propias de los componentes del medio preoperacional, en cada territorio concreto, también pueden dar lugar a la identificación de alteraciones e impactos singulares no indicados en este documento.

#### **3.3.1. ACCIONES DEL PROYECTO**

En la fase de explotación cabe concebir como acciones principales del proyecto la presencia material de las infraestructuras necesarias para las operaciones de trasvase, y la derivación, transporte y entrega de caudales.

En relación a la primera, es el producto material final del proceso de construcción, y dará lugar a alteraciones residuales muy dependientes del cuidado seguido en las fases previas de planeamiento y de construcción. La segunda es en principio la de mayor importancia, afecta a las cuencas de origen y destino, pero no a las de tránsito, y resulta independiente de las trazas de las conducciones.

Seguidamente se describen los elementos o factores del medio afectados por estas acciones básicas.

#### **3.3.2. ELEMENTOS DEL MEDIO Y PRINCIPALES ALTERACIONES**

##### **3.3.2.1. Elementos afectados por la presencia de la infraestructura**

Como principal afección de la propia presencia de la infraestructura cabe señalar la impermeabilización del tránsito previo normal entre ambos lados de las conducciones que se construyan.

La presencia de la infraestructura puede dificultar el tránsito normal de las personas que se venía realizando antes de su realización. También puede dificultar, y de

forma más contundente, en los desplazamientos de ganado y maquinaria agrícola, obligando, si no se adoptan las medidas necesarias, a mayores tiempos de desplazamiento que los empleados con anterioridad a la presencia de la infraestructura.

En relación con la fauna terrestre, la presencia de tramos en canal o tuberías no enterradas supone un impacto sobre las comunidades y poblaciones de fauna terrestre no aviar, al impedir el desplazamiento habitual de los distintos individuos que utilizan los territorios por los que discurran las trazas para sus actividades vitales (zonas de campeo, de reproducción, cría, etc.).

Otros efectos posibles son los relacionados con las nuevas manchas húmedas generadas por la transferencia (canales, balsas, depósitos, etc.), y su posible empleo para la ganadería o fauna salvaje, lucha contra incendios, usos recreativos, etc.

Por último, y como se indicó, otro elemento afectado por la presencia de las infraestructuras de trasvase es el paisaje, o medio perceptual. Las distintas formas en que se presente la infraestructura (canales, sifones, acueductos), tendrán una incidencia mayor o menor sobre este factor, en función de la propia calidad del paisaje atravesado. Este elemento del medio y sus posibles alteraciones deberán ser estudiados estudiados con el fin de que la infraestructura tenga la menor intrusión paisajística en las cuencas visuales que se definan. Tras su ejecución, y en la fase de explotación, los efectos son muy difícilmente alterables.

### **3.3.2.2. ELEMENTOS AFECTADOS POR LA TRANSFERENCIA DE CAUDALES**

#### **3.3.2.2.1. Medio físico**

Atendiendo al medio físico no biótico, cabe considerar los siguientes elementos afectados:

- En las cuencas de destino, la acción de transportar agua de una cuenca a otra puede tener un impacto muy importante sobre el medio físico, que es el inducido por la mezcla de las aguas transferidas con las propias de la cuenca receptora, previsiblemente con distintas características físico-químicas y limnológicas.

Se trata de una cuestión de excepcional importancia, y que no ha sido hasta ahora suficientemente tratada en nuestro país cuando se han planteado posibles trasvases intercuenas. En este Plan Hidrológico Nacional se aborda singularmente el problema mediante un estudio específico.

- Otro efecto sobre el medio físico receptor es el inducido por la circulación de mayores caudales y su probable efecto de dilución y mejora de la calidad físico-química del agua circulante.
- Además de los caudales circulantes por los ríos cabe considerar los efectos sobre los flujos de aguas subterráneas en las áreas receptoras. Esto puede llegar a ser muy importante en situaciones de sobreexplotación de acuíferos.

- Los suelos regados en las zonas receptoras pueden experimentar una mejoría al recibir dotaciones suficientes para el lavado de sales.

### 3.3.2.2. Medio biótico

Pueden diferenciarse las situaciones de las cuencas receptoras y las de las cuencas cedentes.

En las cuencas receptoras:

- Cabe reseñar de forma singular la afección potencial que supone el trasvase de recursos entre cuencas hidrográficas sobre las poblaciones y comunidades biológicas de las cuencas receptoras. Esta alteración se manifiesta por la posible aparición en la cuencas receptoras de organismos vivos que no se encontraban con anterioridad en las mismas, resultando especialmente patente en el caso de los peces, que pueden ser transferidos con las aguas de la cuenca cedente a la receptora en cualquiera de sus fases del ciclo de vida.

Las alteraciones producidas por esta transferencia de organismos pueden suponer un impacto sobre la estructura, composición y procesos de los distintos ecosistemas relacionados con el agua continental difícil de prever, aunque se pueda calificar *a priori* como un impacto importante. La concreción y estudio del problema en cada caso concreto permitirá un pronunciamiento más fundado sobre este importante aspecto. En epígrafes posteriores se analizará este asunto con mayor detalle.

- Otros efectos en las cuencas receptoras son los relacionados con la previsible mejora del estado ecológico del dominio público hidráulico en los tramos fluviales afectados.

En las cuencas cedentes:

- La detracción de un caudal en un punto del río plantea unos impactos aguas abajo cuyo análisis ha de abordarse, obviamente, en el contexto del estudio de los caudales mínimos ambientales, o caudales ecológicos, que –conforme a los criterios propuestos en el Libro Blanco- han de requerirse en las cuencas con carácter previo al sistema de utilización y como restricciones al mismo.

Como puede verse en el correspondiente Anejo, en los análisis hidrológicos de los diferentes sistemas contemplados en este Plan Nacional, tales caudales mínimos se han introducido de forma explícita con este criterio, de forma que se garantice en todo caso el respeto a los mínimos fijados en la planificación hidrológica de cuenca, su carácter prioritario, y su no afectación por las posibles transferencias. Ello supone en principio una salvaguarda técnico-jurídica suficiente desde la perspectiva de los posibles impactos aguas abajo.

- En el caso de los ríos internacionales, compartidos con Portugal, los caudales ambientales establecidos en los planes hidrológicos se complementan a su vez con las disposiciones adoptadas en el Convenio de Albufeira sobre condiciones de flujos mínimos exigidos en la frontera, condiciones que han sido asimismo introducidas en los análisis de los sistemas realizados en este Plan Nacional.

- De entre los considerados, el único río no internacional y con posibilidad de ceder recursos es el Ebro, por lo que, con el objetivo de avanzar más en su estudio, además de introducir en el análisis los caudales fijados por la planificación hidrológica de esta cuenca, se han realizado dos análisis ambientales específicos: uno sobre caudales mínimos, y otro sobre impactos en el delta.

### **3.3.2.2.3. Medio socioeconómico**

Desde el punto de vista socioeconómico, cabe estudiar los efectos previsibles en las cuencas cedente y receptora desde distintas perspectivas:

- El volumen de población que se verá afectada durante la explotación del proyecto, y las características de la misma que pueden resultar alteradas. Los factores a considerar en este caso deberían ser al menos los relativos a evolución global y distribución espacial de la población, tendencias previsibles de crecimiento, y efectos sectoriales sobre la población activa y el empleo. Especialmente significativas son las previsiones de despoblamiento inducido por las transferencias.
- Han de contemplarse los efectos económicos de las transferencias desde el punto de vista de la producción de los diferentes sectores económicos regionales en las zonas afectadas de origen y destino. De singular interés es el estudio de las actividades afectadas como los regadíos, concentración de la población y urbanización, turismo, etc.
- Las determinaciones expuestas han de orientarse bajo la perspectiva del aspecto socioeconómico básico que debe analizarse en relación con los trasvases, que es el de si éstos generan desequilibrios territoriales y sectoriales que puedan considerarse significativos e indeseables.
- Las transferencias pueden afectar a las condiciones de tranquilidad y sosiego público, en ausencia de normas de funcionamiento aceptadas por todos, y que proporcionen la mayor garantía hídrica a las zonas de origen. Debe procurarse la elaboración de tales normas y la vigilancia de su cumplimiento.
- En relación con la calidad de vida de las personas, deberá controlarse en esta fase la posible afección al sosiego de las gentes cuya causa radica en la producción de olores, ruido y vibraciones, debiendo controlarse estos parámetros, en las zonas pobladas cercanas a las trazas que finalmente se exploten, para que no rebasen unos umbrales que puedan significar molestias a la población residente.

### **3.3.3. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS**

La propuesta de medidas correctoras en relación con los efectos barrera y corredor que producirá la presencia de los tramos en canal, puede aconsejar la instalación de cerramientos a ambos lados y a lo largo de la traza, de forma tal que se evite la posibilidad de accidentes por caídas de personas y por la caída de animales (salvajes y domésticos). Esta actuación, en principio paradójica porque incrementa el efecto

barrera, lleva implícita la ejecución de los pasos suficientes que permeabilicen el territorio. El diseño y ubicación de estos pasos, no se puede abordar en la fase actual de desarrollo de este documento, ya que es necesario realizar estudios precisos sobre la fauna que identifiquen las especies afectadas y permitan conocer sus requerimientos biológicos y pautas de comportamiento y, tras las necesarias consultas con los organismos de medio ambiente de las CC.AA., antes de poder definir las zonas habituales de desplazamiento de la fauna terrestre.

Sobre el paisaje, como con casi todos los elementos del medio preoperacional, ha de procurarse que todas y cada una de las infraestructuras propuestas se integren adecuadamente aprovechando la geomorfología del corredor, de tal modo que las distintas trazas que se planteen sean lo menos visibles desde cualquier punto. En muchos casos (zonas llanas, pasos a media ladera, por crestas o por collados), la integración se hará muy complicada, siendo necesario utilizar plantaciones con especies vegetales presentes en el área que oculten tras la pantalla formada la presencia de las infraestructuras. En última instancia, las obras deberán presentar un acabado similar al del entorno donde se encuentren, adoptando tonalidades cromáticas de forma que se consiga la máxima integración de la obra en el paisaje, y ello sin perjuicio de posibles actuaciones en que se persiga, de forma deliberada, efectos estéticos y perceptuales de contraste.

Desde el punto de vista socioeconómico, las medidas correctoras frente a posibles efectos adversos en las cuencas cedentes tendrán normalmente una naturaleza compensatoria, buscando paliar o eliminar los perjuicios generados. Caben para ello muchas fórmulas alternativas (planes de compensación territorial, transferencias económicas, infraestructuras, proyectos de mejora y ordenación rural, actuaciones de mejora ambiental, etc.), que deberán desarrollar, en su caso, los futuros estudios de detalle.

### **3.4. PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL**

En el plan de vigilancia ambiental (PVA) se deberán recoger las bases para el control de calidad ambiental durante la fase de materialización del proyecto, funcionamiento y, en algunos casos, de abandono de las infraestructuras necesarias para trasvasar aguas, definiéndose en el mismo los sistemas de medida y control de cada parámetro ambiental, los niveles de calidad ambiental que es preciso alcanzar y la periodicidad de los informes que se deberán remitir a las autoridades medioambientales; siendo su objetivo principal establecer un sistema que garantice el cumplimiento exacto de las medidas protectoras, correctoras y compensadoras propuestas en el estudio de impacto ambiental, complementadas por el condicionado de la declaración de impacto.

Otras funciones, complementarias del PVA, que se deberán llevar a cabo son: comprobar la magnitud real de los efectos de las acciones derivadas de la ejecución del proyecto; detectar impactos relevantes no estimados o valorados como de pequeña magnitud en el estudio de impacto ambiental, y determinar la eficacia de las medidas de restauración.

La tarea fundamental del PVA, en la cuenca cedente, será la de verificar los efectos reales producidos por la detracción del recurso agua y la bondad de los regímenes de caudales con fines ambientales que se han propuesto en las medidas correctoras. En las conducciones a cielo abierto, controlar tanto la seguridad (accidentes) y los movimientos (permeabilidad) de las personas y de la fauna, como que las aguas trasvasadas responden a las previsiones de calidad realizadas, además de verificar que las medidas restauradoras del paisaje resultan eficientes y que no hay transporte de seres vivos o propágulos entre cuencas. En la cuenca receptora, controlar con rigor que el uso de las aguas trasvasadas no da lugar a contaminaciones, por problemas de calidad, ni a riesgos de desertización u otros efectos adversos por malas prácticas de aplicación.

#### **4. AFECCIONES EN ORIGEN**

En esta sección se estudiarán las posibles afecciones producidas en los orígenes de las transferencias, como consecuencia de la derivación de caudales en estos puntos.

Los efectos generales previsibles sobre los distintos medios han sido descritos en apartados anteriores, por lo que el análisis se centrará en evaluar tales efectos en la situación concreta planteada por este Plan Hidrológico. Para ello se hará una breve referencia a los previsibles efectos socioeconómicos y territoriales en las áreas de origen, tras lo que se desarrollarán los posibles efectos ambientales sobre el medio natural abiótico y biótico.

##### **4.1. AFECCIONES SOCIOECONÓMICAS Y TERRITORIALES**

Para acotar los impactos de las posibles transferencias sobre el medio socioeconómico y territorial hay que recordar, como premisa básica, el supuesto de partida adoptado en este Plan Hidrológico para el cómputo de volúmenes susceptibles de ser trasvasados.

Este supuesto básico es el de que tales volúmenes son aquellos que pudieran detraerse de los puntos de toma, sin que esta detracción empeore las condiciones de garantía de ninguna demanda de la cuenca cedente, y ello para la situación a largo plazo, con el máximo desarrollo de los aprovechamientos propios previstos en su planificación hidrológica.

Ello significa que no existe ningún uso actual del agua, ni ningún uso previsto a largo plazo, ni ningún requerimiento ambiental actual o futuro previsto en la planificación hidrológica, que vaya a verse afectado por las posibles transferencias externas.

En consecuencia, las derivaciones de caudal pueden ser contempladas como una actuación transparente a los usos y la explotación de la cuenca cedente, que puede operar, literalmente, como si no existiera tal derivación.

Bajo este supuesto, es claro que no existe afección socioeconómica ni territorial alguna por causa de las transferencias, ya que éstas no van a inducir en ningún caso un perjuicio a la población, al empleo, ni a ninguno de los sectores de actividad económica en la cuenca de origen. Si tales efectos adversos se producen, la razón será endógena, y distinta de los posibles trasvases, pues, como se indicó en los análisis hidrológicos, éstos no requieren la realización de ninguna nueva infraestructura en la cuenca cedente, ni van a derivar agua que sea requerida –ni ahora ni en el futuro- en esta cuenca, y por tanto no van a perjudicar a la población ni a menoscabar sus posibilidades de desarrollo.

La única excepción a este criterio la constituyen aquellos territorios situados aguas abajo de los puntos de derivación. En este caso, no cabe descartar que se produzcan afecciones adversas ya que, aunque se deriven caudales no utilizados ni reservados, pueden darse efectos indirectos que generen algunos impactos económicos.



Sin perjuicio de los someros análisis que se realizan más adelante, corresponderá en su caso a los oportunos Es.I.A. la identificación y detalle de tales efectos adversos.

#### **4.2. AFECCIONES SOBRE EL MEDIO NATURAL**

Desde el punto de vista de la afección sobre el medio natural, la situación es distinta a la planteada sobre el medio socioeconómico y territorial.

Así como en este medio no se prevé ninguna afección significativa aguas arriba ni aguas abajo de la captación -salvo algún posible efecto indirecto aguas abajo-, y el medio natural aguas arriba de la toma tampoco va a verse afectado en absoluto, es indudable que el medio natural aguas abajo puede verse claramente afectado por la derivación de caudales, y este efecto debe ser estudiado con detalle en el contexto de las posibles transferencias del Plan Hidrológico Nacional.

En este punto, es necesario diferenciar dos situaciones claramente distintas, que son las correspondientes a posibles transferencias desde los ríos Duero y Tajo, o posibles transferencias desde el Ebro.

La diferencia fundamental radica en que Duero y Tajo son ríos transfronterizos, con condiciones hidrológicas regidas por acuerdos internacionales. Las afecciones ambientales singulares que pudieran introducirse como consecuencia de una transferencia no pueden ser conocidas y evaluadas por uno solo de los países, sino que deben ser analizadas conjuntamente por ambos, en instancias supranacionales. Por contra, las afecciones ambientales desde el Ebro son de incumbencia única española, y pueden ser estudiadas y evaluadas sin necesidad de recurso a terceros. Si se optase por desarrollar transferencias desde las cuencas internacionales, cabría plantear el inicio conjunto de tales estudios previos.

En definitiva, y sin prejuzgar aquí la idoneidad relativa de las distintas opciones, el análisis de las afecciones en origen que procede desarrollar en este momento ha de centrarse en el curso bajo del río Ebro, y más concretamente, y de forma singular, en su delta. Esta es la única zona donde realmente pueden darse afecciones ambientales apreciables, por lo que su estudio detallado es un requisito obligado para las posibles futuras transferencias desde este ámbito.

En la siguiente sección se avanza de forma preliminar algunas ideas y datos para este estudio específico.

## **4.3. EL DELTA DEL EBRO**

### **4.3.1. INTRODUCCIÓN**

Tras una breve introducción al marco físico e hidrológico del delta del Ebro, en esta sección se analizan someramente aquellos aspectos principales en los que podrían producirse afecciones negativas al detraer caudales del Ebro con destino a transferencias externas. Estos aspectos básicos se refieren al transporte sólido, la cuña salina, los caudales mínimos, y la navegación fluvial.

Entre todas las posibles afecciones se analizan con un mayor detalle el efecto sobre la cuña salina y sus posibles medidas correctoras, junto con la especificación de caudales mínimos, por estimar que ambos aspectos engloban otros efectos secundarios y requieren, a priori, una mayor atención inicial.

Como es obvio, cuanto aquí se ofrece tiene el carácter de una primera aproximación, adecuada para centrar los problemas y magnitudes básicas, pero que debe, en su caso, ser desarrollada en el futuro.

### **4.3.2. MARCO FÍSICO E HIDROLÓGICO**

El delta del Ebro tiene una superficie de 330 km<sup>2</sup> y una población cercana a los 50.000 habitantes, de los cuales unos 15.000 residen en el interior del delta y los restantes en poblaciones situadas junto a su límite interior.

Una característica básica del delta del Ebro es su escasa elevación respecto al nivel del mar, ya que un 45% de la llanura deltaica está por debajo de los 50 cm de elevación.

Desde el punto de vista ecológico, el Delta destaca por su gran diversidad de hábitats y especies en un espacio físico relativamente reducido, lo que le confiere un singular valor ambiental.

Así, el delta del Ebro está incluido en la lista española de zonas Ramsar, figura de protección de los humedales de importancia internacional, y catalogado como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), de acuerdo con lo dispuesto en la Directiva Aves de la Unión Europea.

Desde tiempos remotos, el delta ha sido un medio muy antropizado. Los cultivos y zonas urbanas representan el 80% de la superficie total y los ambientes naturales sólo el 20%. El cultivo principal, el arroz, con 21.000 hectáreas ocupa el 65% de la superficie total. En la actualidad existen unas 30 especies de vertebrados y 17 especies de plantas en peligro de extinción.

La principal actividad económica del Delta es el cultivo del arroz, aunque otros sectores tienen cada vez más peso específico, como el terciario, especialmente con el turismo, que se incrementó notablemente durante los años ochenta a partir de la creación del Parque Natural. Otras actividades económicas son la acuicultura, estrechamente ligada a la calidad de las aguas, la pesca, que ha entrado en crisis en los últimos años por la sobreexplotación y degradación del medio marino, el sector

cinagético, que empieza a tener una cierta relevancia económica por los beneficios obtenidos de los cotos, y el sector industrial que, aunque de importancia creciente, no es esencial en la economía de la zona.

La aportación natural media anual del Ebro en el Delta supera los 17.000 hm<sup>3</sup>/año, mientras que la aportación media actualmente aforada en la estación de Tortosa no llega a los 12.000 hm<sup>3</sup>/año, diferencia debida a los consumos de agua en la cuenca. La aportación en Tortosa ha ido disminuyendo en los últimos años como consecuencia del aumento en los consumos, especialmente los debidos a la agricultura, tal y como se expone en el análisis de la cuenca del Ebro incluido en este Plan Hidrológico Nacional.

En la cuenca existe una capacidad de embalse actual próxima a los 7.000 hm<sup>3</sup>, que suavizan la distribución natural de los caudales. En particular, los embalses de Mequinenza (1.528 hm<sup>3</sup>) y Ribaraja (210 hm<sup>3</sup>) situados en el curso bajo del propio Ebro, tienen un muy importante efecto regulador de los caudales en el Delta.

Aguas abajo del último embalse, el de Flix, y aguas arriba de la estación de aforos de Tortosa, están las tomas para la refrigeración de la Central Nuclear de Ascó (77,3 m<sup>3</sup>/s de concesión) y de alimentación de los dos canales de riego en Xerta (50 m<sup>3</sup>/s de capacidad) que funcionan entre los meses de Marzo y Diciembre. Conviene también recordar que en el Plan hidrológico de la cuenca del Ebro está previsto un caudal ecológico de 100 m<sup>3</sup>/s continuos en el Delta.

Para una mejor comprensión de la dinámica reciente de este espacio, es interesante observar la evolución de sus usos del suelo desde el pasado siglo. Para ello, la figura adjunta, tomada de Ibañez et al (1999), muestra el grado relativo de ocupación del arrozal frente a los espacios naturales del delta desde 1860, año en que se construyó el primer canal de riego en la margen derecha.

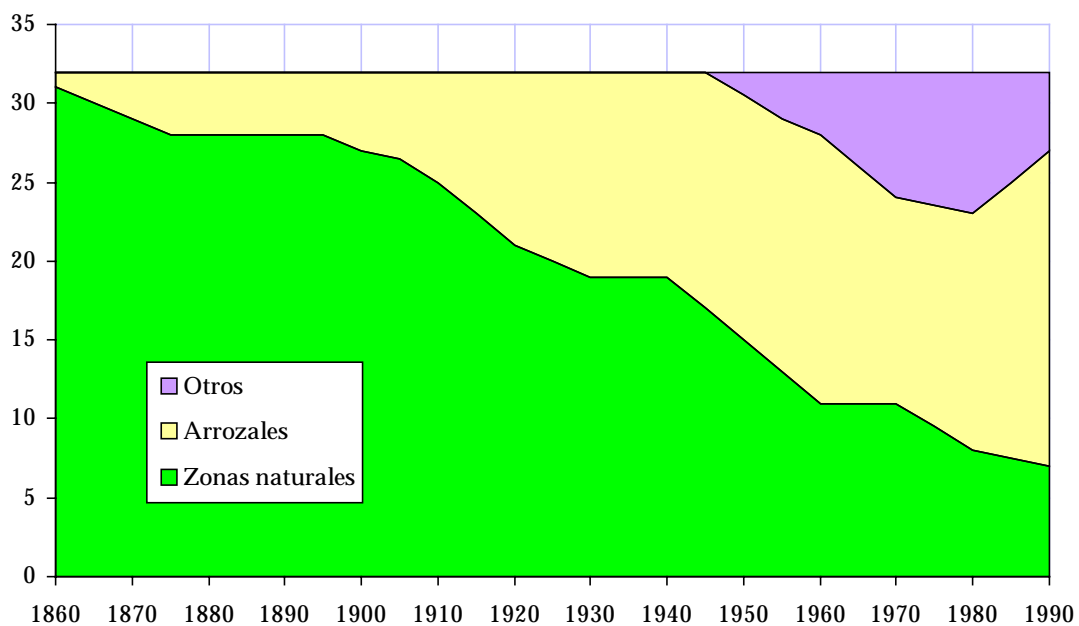


Figura 1. Evolución de usos de suelo en el delta

Como se observa, la gran expansión del cultivo de arroz se produce en la primera mitad del siglo XX, dando lugar a profundas alteraciones en el régimen hidrológico del delta. Ello, unido al proceso de construcción de embalses en la cuenca, ha hecho que los flujos circulantes hayan ido en progresivamente regularizándose, y estableciendo un régimen estacional claramente controlado por las necesidades del cultivo (abril a octubre). Pese a la drástica modificación de las condiciones anteriores, los impactos más importantes no se producen hasta los años 60, con la llegada de plaguicidas y la mecanización agraria, lo que cambió sustancialmente tanto los métodos de cultivo como el medio ambiente deltaico (Ibañez et al., 1999).

En este periodo, entre las décadas de los 60 y 70, se produce también la gran expansión de los regadíos del Ebro, pasando, como se vió en el análisis de este sistema, de apenas 500.000 ha a principios de los años 60, donde la capacidad de embalse era muy pequeña y se aprovechaba prácticamente la regulación natural del Ebro, a unas 800.000 ha en la década de los 80. Desde esa fecha el ritmo de crecimiento de los regadíos desciende notablemente.

Otras series indicativas del proceso seguido son las de captura de peces en las lagunas del delta, y las de concentración de nitratos y fosfatos en el curso inferior del río, ambas tomadas de Ibañez et al. (1999) y ofrecidas en la figura adjunta. En el gráfico de evolución de capturas se muestra también, junto con el total, la serie correspondiente a la laguna de l'Encanyssada, que es la más extensa de las cuatro hábiles para la pesca (l'Encanyssada, el Canal Vell, la Tancada y les Olles).

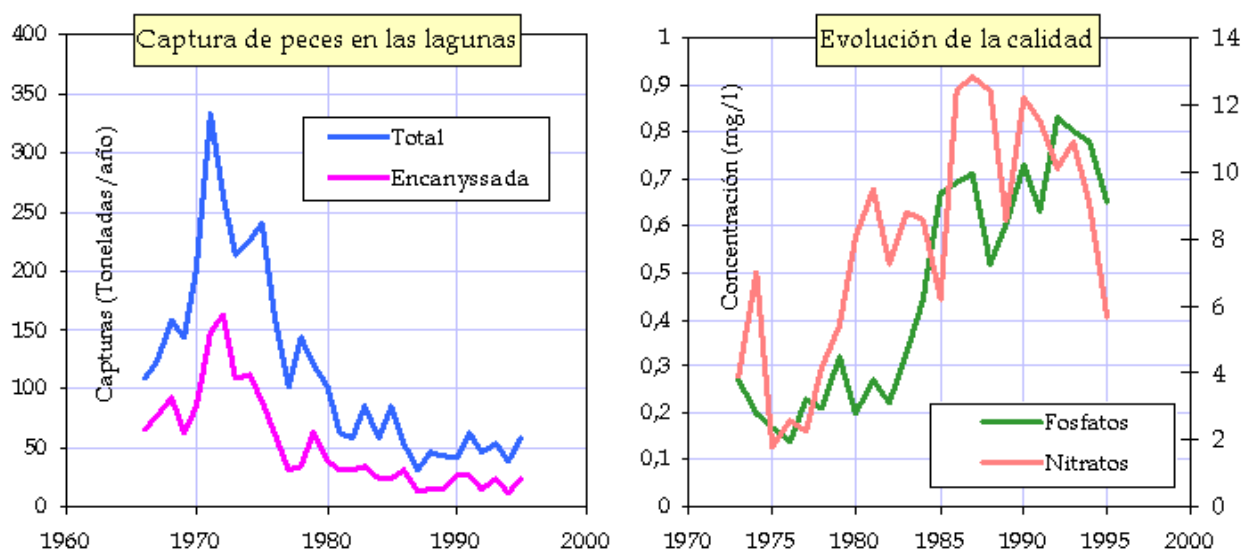


Figura 2. Evolución de algunos indicadores en el delta y su entorno

Como puede verse, desde los años 70 ha ido descendiendo progresivamente el ritmo de capturas totales, hasta los últimos años, en que se estabiliza en torno a los 50.000 kg. La razón debe buscarse, previsiblemente, en el deterioro ambiental de estas áreas desde los años 70.

En cuanto al nivel de fosfatos y nitratos, asociados a la eutrofización del agua, se observa un aumento progresivo desde comienzos de los 70 debido al desarrollo de las actividades agrícolas e industriales en la cuenca y a sus efluentes urbanos. Desde finales de los 80 el proceso parece estabilizarse e incluso mejorar en los años más recientes. En capítulos posteriores se estudiará este problema con mayor detalle, en el contexto de los impactos ambientales de la calidad del agua.

La eutrofización da lugar a la proliferación de algas en el curso bajo del río y, en combinación con la cuña salina, a la anoxia del fondo, con sus muy adversos efectos sobre la fauna fluvial. En posteriores epígrafes se estudia también este problema específico de la penetración de la cuña.

En definitiva, en la reciente historia del delta pueden identificarse distintas fases evolutivas, tal y como se ha puesto de manifiesto sintéticamente por SEO/Birdlife (1997, Tabla 7). El periodo 1960-80 parece ser el más adverso desde el punto de vista de los impactos ambientales sobre el delta, produciéndose desde entonces una cierta estabilización.

### **4.3.3. EL TRANSPORTE SÓLIDO**

El transporte sólido de un río se puede producir básicamente de dos formas: en suspensión y por arrastre de fondo.

El transporte por arrastre afecta al sedimento de mayor tamaño que viaja por el fondo del cauce. Con la construcción de los embalses de Mequinenza y Ribaraja el transporte por arrastre de fondo se retiene totalmente por los embalses y según Guillén y Palanques (1992) era prácticamente nulo en el periodo 1988-1992.

También el transporte por suspensión se ha reducido notablemente con la construcción de los embalses en la cuenca y especialmente con los dos citados. Actualmente la aportación media anual que llega al Delta no llega al 5% de la que existía a principios de siglo. La figura adjunta muestra con claridad este efecto contrapuesto de aumento de los almacenamientos y reducción de aportes sólidos.

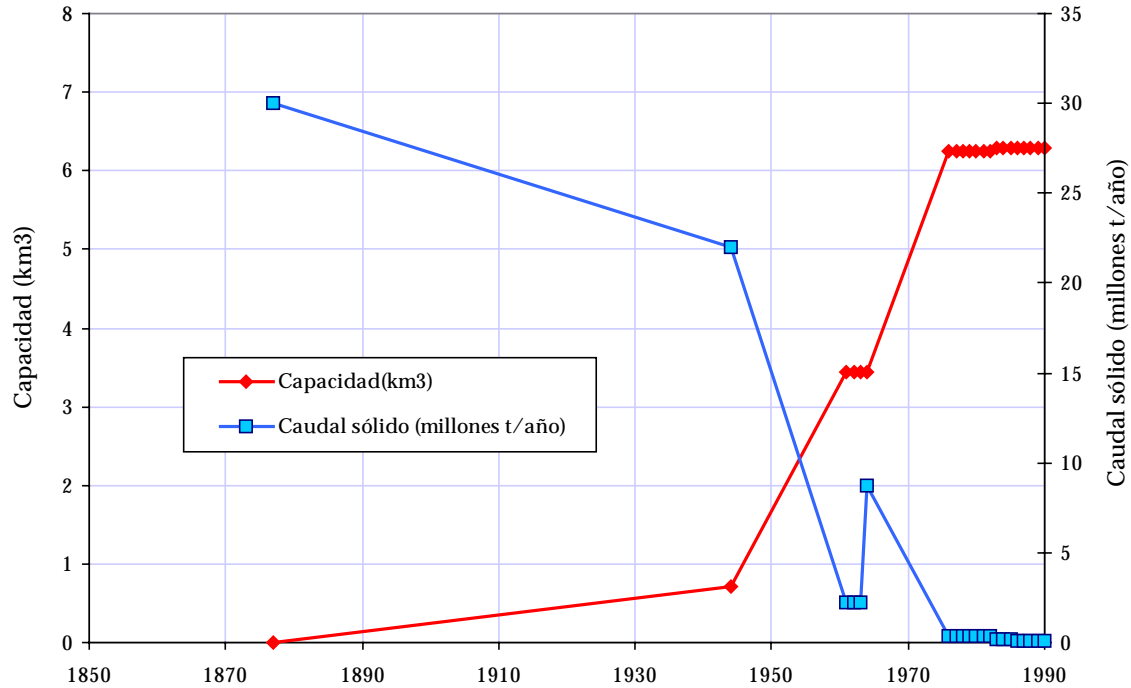


Figura 3. Evolución de almacenamientos y aportes sólidos

Los sólidos en suspensión actualmente transportados por el Ebro en el Delta son los no retenidos en los embalses, básicamente cuando se producen vertidos en situaciones de crecida, los procedentes del propio cauce y los aportados por la pequeña cuenca tributaria del Ebro aguas abajo de los embalses de Mequinenza y Ribarroja. En el año 1990 se estimaba que el transporte sólido en suspensión oscilaba entre 0,1 y 0,15 millones de toneladas/año. Uno de los factores principales que contribuye a la aportación sólida es el propio cauce del río aguas abajo de los embalses, donde se está produciendo la degradación de las márgenes al ser mayor la capacidad erosiva de las aguas por la menor concentración de sedimentos.

Puede concluirse, sin duda alguna, que el problema de la falta de sedimentos que llega al Delta es un problema asociado de forma directa a la construcción de embalses en la cuenca, y a su capacidad de retención. Desde la existencia de Mequinenza y Ribarroja, no es de prever que ningún nuevo embalse que pudiera ejecutarse vaya a empeorar sensiblemente este efecto, y una posible detracción de caudales, dados los valores previstos, como mucho disminuiría en un porcentaje muy reducido la carga másica asociada a la concentración de sedimentos en suspensión. Su efecto real sería prácticamente despreciable.

#### 4.3.4. LA NAVEGACIÓN

Desde principios de los años 80 la Generalitat de Cataluña y la Diputación de Tarragona han promovido estudios y realizado obras para hacer navegable el Ebro en sus últimos 118 km, desde el mar hasta Ribarroja en el límite de Aragón. Esta navegación está orientada fundamentalmente como actividad turística que permitirá entre otras cosas disfrutar del Parque Natural del Delta del Ebro.

En verano de 1994 se inauguraron las obras que hacen navegable al río en los 31 km últimos, desde Tortosa hasta la desembocadura. La profundidad mínima es de 2 metros, lo que permite navegar en horas diurnas a embarcaciones de hasta 1,5 metros de calado a una velocidad máxima de 10 km/h, siempre que el río transporte caudales comprendidos entre 60 y 800 m<sup>3</sup>/s.

Una posible detracción de caudal del Ebro sólo produciría afecciones negativas a la navegación si disminuyesen los calados por debajo de 2 metros, lo que dada la magnitud y modulación de las detracciones no es previsible.

#### **4.3.5. LA INTRUSIÓN FLUVIAL Y LA CUÑA SALINA EN EL DELTA DEL EBRO**

##### **4.3.5.1. INTRODUCCIÓN**

El delta del Ebro experimenta un fenómeno de intrusión fluvial del agua del mar, mediante una cuña salina cuya penetración en el río ha sido conocida y estudiada desde antiguo. Se trata de un fenómeno natural, propio de todos los estuarios y desembocaduras fluviales, pero que puede afectarse por la intervención humana. Existen referencias históricas de que en años muy secos, cuando todavía no existía regulación de los caudales mediante los embalses y se producían fuertes estiajes, la cuña salina podía avanzar hasta muy cerca de Tortosa a unos 40 km de la desembocadura, donde se sitúa el límite teórico de influencia marina (zona marítimo-terrestre) en el Ebro.

Dada la importancia ambiental de esta cuestión desde el punto de vista de las posibles transferencias externas, que pueden obviamente afectar la situación actual, se ha estimado necesario proceder a su estudio en el contexto de este Plan Hidrológico Nacional, y, en consecuencia, se ofrece el presente análisis cuyo objeto es caracterizar el funcionamiento actual de la cuña salina en el delta del Ebro, y analizar el impacto sobre la intrusión fluvial de distintos escenarios de detracción de caudales y de las posibles medidas correctoras.

##### **4.3.5.2. CONCEPTOS HIDRÁULICOS Y EFECTOS AMBIENTALES**

En los cursos finales de los ríos, sus lechos se encuentran a niveles inferiores al del mar, por lo que el agua salada puede penetrar por el cauce formando la cuña salina. Al ser el agua del mar más densa que la dulce, se forma una lengua de agua marina que avanza hacia aguas arriba del río, por debajo del agua dulce que éste aporta, hasta que ambos flujos alcanzan el equilibrio hidrodinámico.

Así, una cuña salina fluvial se caracteriza hidráulicamente como un flujo bicapa, donde la capa superior está formada por agua dulce que fluye del río hacia el mar, y la capa inferior por agua salada que se introduce desde el mar hacia el río. El contacto entre ambas capas se produce a través de una tercera capa de pequeño espesor que tiene unos gradientes elevados de densidad y salinidad.

Simplificadamente puede decirse que son estas situaciones de flujo mixto, dulce y salado, las que caracterizan hidrodinámicamente los estuarios de los ríos, y su avance y extensión permite separar las áreas marinas de las estuariales y las propiamente fluviales, en las que solo existe circulación de agua dulce.

La geometría de la cuña salina depende de la morfología del cauce, del caudal circulante y del nivel del mar. En el delta del Ebro, al ser pequeñas las sobrelevaciones del nivel medio del mar provocadas por las mareas (del orden de 20 cm), y muy puntuales las provocadas por otras causas como vientos persistentes y cambios de presión, el régimen dinámico de la cuña viene principalmente controlado por el caudal del río y la morfología del cauce. Sólo en las situaciones de caudales bajos y en los tramos cerca de la desembocadura (hasta unos 2 km aproximadamente), la circulación mareal predomina sobre la gravitacional.

Las consecuencias ambientales de este fenómeno hidráulico son muy diversas, pero pueden resumirse indicando que en la cuña salina, las aguas eutróficas, con exceso de algas, producen, entre otros efectos indeseables, la anoxia (agotamiento de oxígeno) del fondo, lo que provoca la asfixia de los animales y limita la vida a bacterias y algunos organismos muy resistentes a la falta de oxígeno (Ibañez et al., 1999). Con aguas no eutróficas, se trata de un fenómeno natural del que no cabe esperar un perjuicio por salinización de las tierras agrícolas adyacentes.

En principio, debe pensarse que una detracción de caudales en el delta del Ebro - como consecuencia de mayores consumos en la propia cuenca o de una transferencia externa- facilitaría el avance de la cuña salina y una mayor concentración de nutrientes, lo que daría lugar a una anoxia mas prolongada en el tiempo y, en consecuencia, a una mayor degradación ambiental. No obstante, dado que la principal variable que controla el avance de la cuña y la concentración de nutrientes es el caudal del río, la magnitud de este efecto ambiental dependerá muy significativamente de la distribución estacional de esas detracciones, existiendo acaso la posibilidad de que llegue a no producirse, o ser poco significativa, con una modulación adecuada de los flujos del Ebro en su tramo final. Tal posibilidad de minimización de impactos es la que se analiza en los siguientes epígrafes.

#### **4.3.5.3. RÉGIMEN DINÁMICO DE LA CUÑA SALINA**

Existen distintos estudios que han analizado el régimen dinámico de formación de la cuña de intrusión marina en el cauce del Ebro, así como la relación con las principales características físico-químicas del río en el tramo del delta.

Una síntesis indicativa del estado del arte sobre la cuestión es la ofrecida en Ibañez (1993). En este trabajo se presenta un análisis riguroso y sistemático de la penetración marina en el delta, basado en diferentes campañas de medidas realizadas entre el mes de abril de 1988 y el mes de mayo de 1992. Este estudio también se apoya en los datos de caudal registrados en la estación de aforos E-27 río Ebro en Tortosa, en los niveles de mareas en Ametlla de Mar, y en las condiciones meteorológicas en Sant Carles de la Rápita y Roquetes.



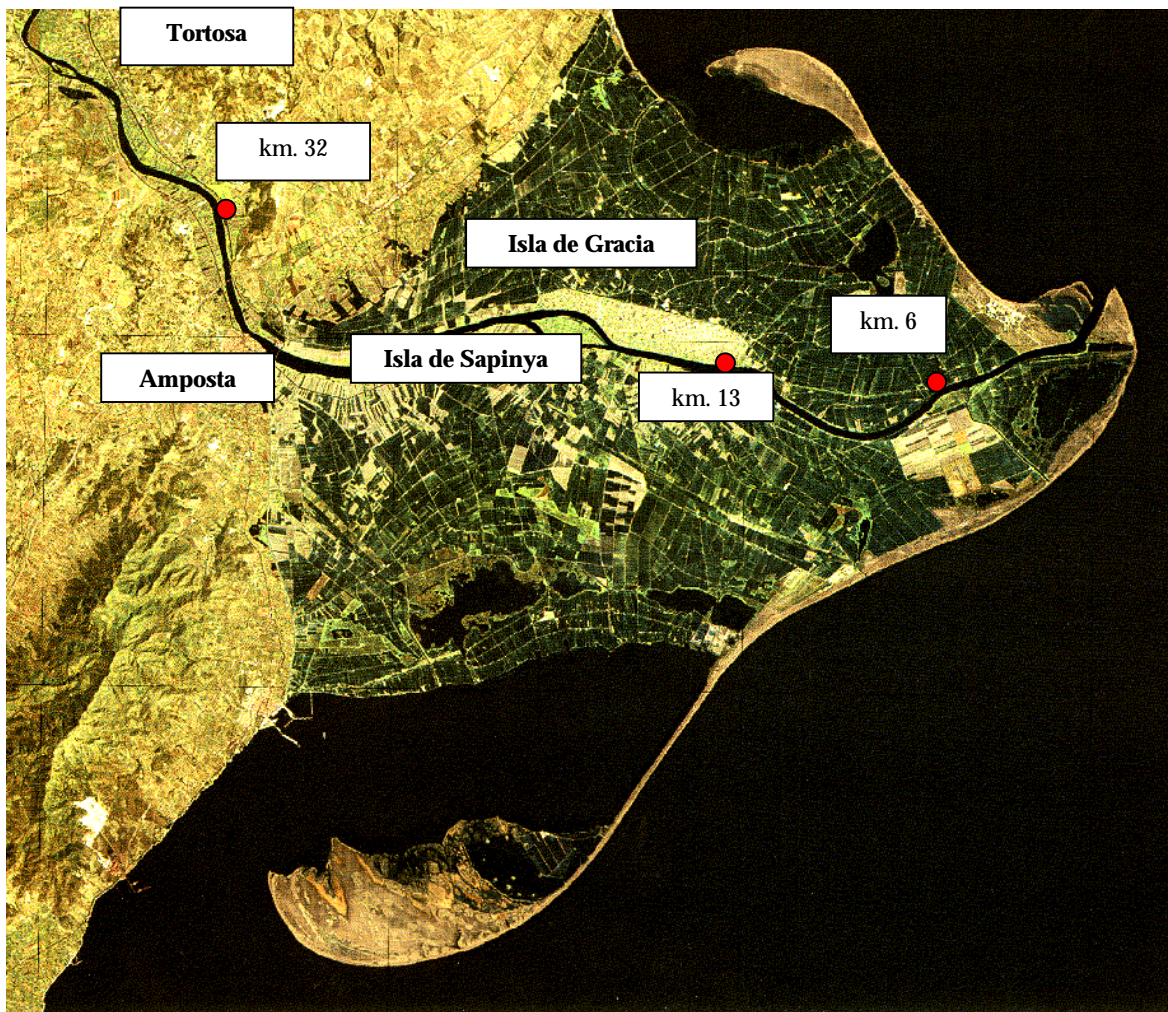


Figura 4. Puntos de control en el delta

En las campañas de muestreo realizadas en el mencionado estudio se midió la conductividad eléctrica mediante el uso de un conductivímetro conectado a sondas de 15 o 50 metros. Para determinar los perfiles de salinidad se efectuaron sondeos cada metro en las capas superior e inferior y cada 20 cm en la capa de interfase. En cada campaña también se remontó el río hasta detectar el límite de la capa salina. La tabla y figuras adjuntas muestran numéricamente y gráficamente estos resultados.

Como puede verse, parece existir una relación lineal entre los caudales medios diarios registrados en la estación de aforos de Tortosa y la profundidad de la interfase agua dulce-salada en dos puntos de control situados a 6 y 13 km de la desembocadura.

Fecha	Q (m <sup>3</sup> /s) E-27 Ebro en Tortosa	Prof. interfase (m) Km 6 de desemb.	Prof. Interfase (m) Km 13 de desemb.	Límite de la cuña (Km desemb.)
29-4-88	1091	-	-	0
10-6-88	414	4,6	-	6
14-6-88	599	5,1	-	0
22-6-88	1040	-	-	0
21-7-88	181	2,8	3,2	18
27-7-88	235	2,5	3,4	18
3-8-88	275	3,4	-	18
19-8-88	140	-	3	18
25-8-88	155	-	2,9	18
30-8-88	275	3,4	4,2	18
15-9-88	200	-	3,6	18
27-9-88	208	-	3,8	18
13-10-88	210	-	3,4	18
3-11-88	224	-	3,6	18
15-11-88	240	-	4,1	18
1-12-88	245	-	4	18
22-12-88	168	-	4,1	18
13-1-89	176	-	-	18
17-2-89	84	-	2,4	20
13-3-89	60	1,4	1,9	30
13-7-89	99	-	2,5	18
14-7-89	150	-	3,1	18
5-10-89	60	1,4	2,4	20
8-2-90	191	4,5	-	12
30-5-90	168	2,8	3,4	18
10-7-90	75	2,4	2,6	18
19-7-90	107	-	2,8	18
21-2-91	247	-	5,6	12
9-7-91	84	-	2	30
24-7-91	168	-	3	18
13-5-92	247	-	3,9	18

Tabla 1. Relación entre el caudal en Tortosa, la profundidad de la interfase en los km 6 y 13 de la desembocadura, y la penetración de la cuña

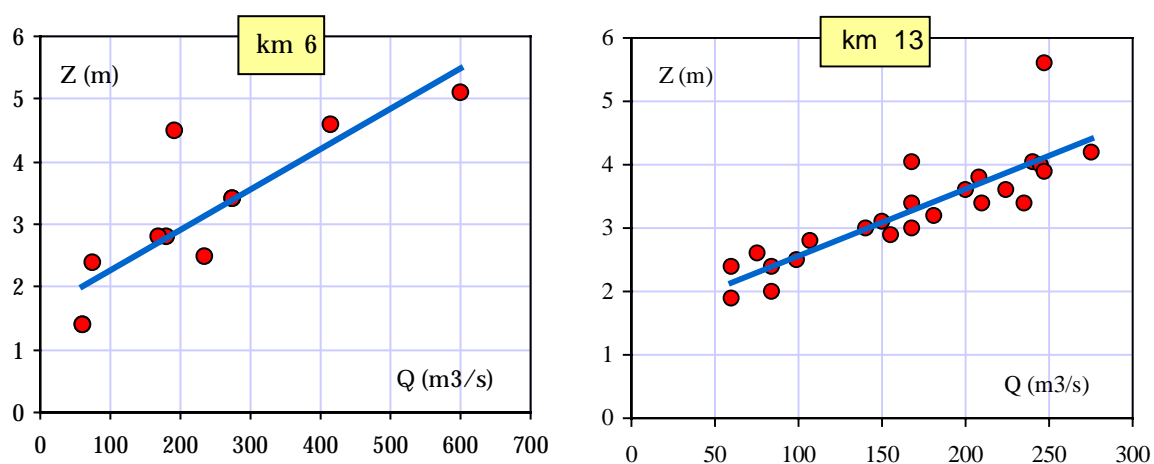


Figura 5. Relación entre el caudal en Tortosa y la profundidad de la interfase en los km 6 y 13 de la desembocadura

Aunque estos resultados eran previsibles al ser el caudal del río el principal elemento regulador de la intrusión marina en el delta, es interesante constatar la buena correlación lineal entre la profundidad a la cual se encuentra la interfase en los dos puntos de control y el caudal medio diario del río en Tortosa. Las ligeras dispersiones de los puntos respecto a la recta de regresión son debidas a la no consideración de otros factores que también intervienen, aunque en menor medida en este caso, en la dinámica de la intrusión marina, tales como cambios en el nivel del mar debidos a las mareas, el viento, las condiciones de presión, etc.

Sin embargo, a pesar de esta relación lineal en los puntos de control, el avance o retroceso de la cuña salina no depende linealmente del caudal del río. En efecto, observando la tabla puede verse que el límite de la cuña salina se mantiene constante para muy amplios rangos del caudal circulante, empezándose a formar con caudales inferiores a unos 400 m<sup>3</sup>/s, y progresando con rapidez hasta llegar al km 18 (zona de la isla de Gracia).

Este efecto de no linealidad se debe principalmente a la irregularidad del fondo del cauce, donde la existencia de singularidades (zonas de pequeño calado) representa un obstáculo al avance de la cuña salina, y juega un papel clave en su retroceso.

La figura adjunta, elaborada a partir de Ibañez (1993), muestra el perfil del lecho del río y las principales posiciones de confinamiento de la cuña.

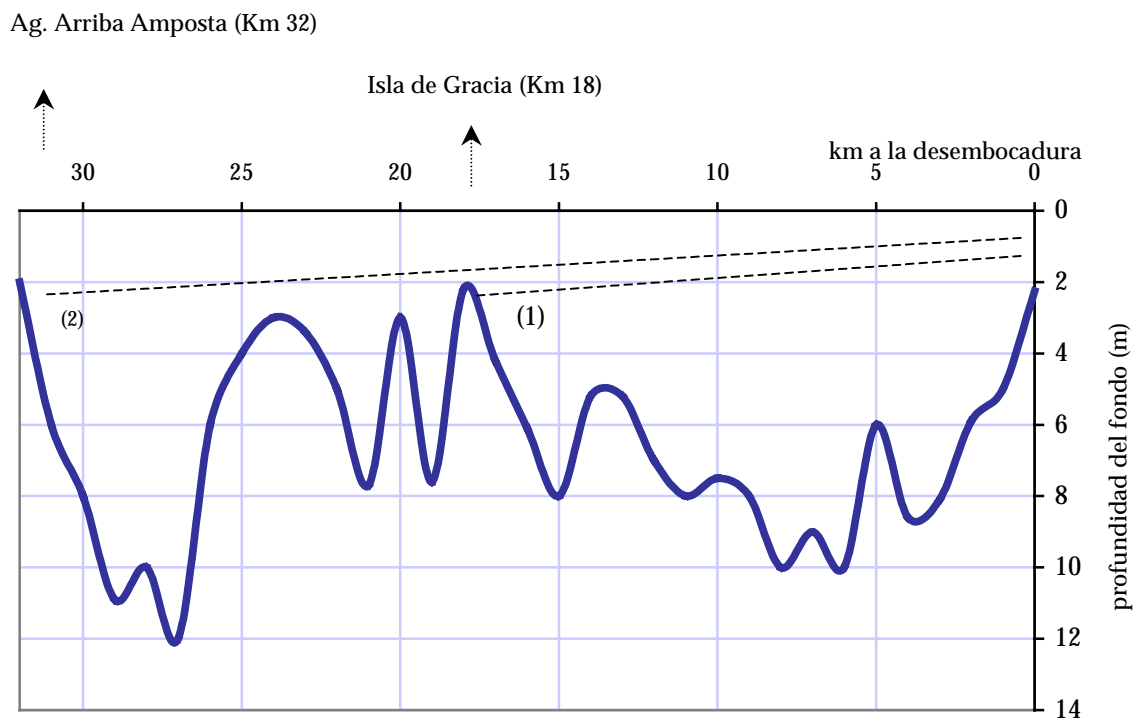


Figura 6. Fondo del cauce del río y posiciones de la cuña salina

Como puede verse, existen unas pocas posiciones de umbrales dominantes (sobre todo 5, 18 y 32 km) en los que el límite de la cuña salina se mantiene confinado para amplios rangos de los caudales circulantes. En la figura siguiente se han representado los caudales y las posiciones de la cuña según la tabla anterior, y la función de tipo escalón que ajusta a esos puntos.

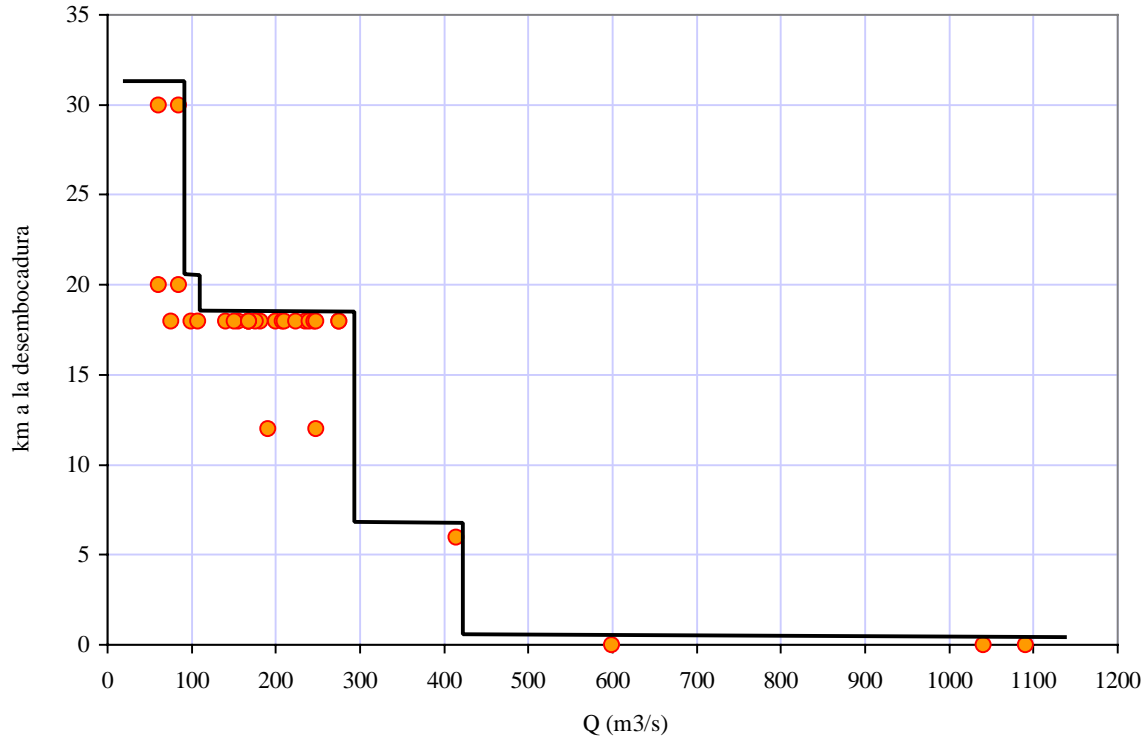


Figura 7. Relación entre el caudal en Tortosa y la penetración de la cuña salina

En definitiva, observando esta figura pueden extraerse las siguientes conclusiones, que son coincidentes con las ofrecidas por Ibañez

- La cuña comienza a penetrar para caudales del Ebro en Tortosa inferiores a 400 m<sup>3</sup>/s. Cuando el caudal es superior a 300 m<sup>3</sup>/seg la cuña salina penetra escasamente en el cauce del río, alcanzando como mucho el km 5-6 de la desembocadura. Se puede considerar en la práctica que es una situación de ausencia de intrusión marina.
- Si el caudal es inferior a 300 m<sup>3</sup>/seg la cuña salina penetra por la desembocadura y avanza rápidamente hasta la Isla de Gracia, a unos 18 km de la desembocadura. Esta es la posición más frecuente.
- La cuña salina no supera la Isla de Gracia hasta que el caudal no baja de los 100 m<sup>3</sup>/seg.
- El obstáculo siguiente se encuentra en la Isla de Sapinya (km 20 de la desembocadura), donde la cuña permanece confinada en esa posición para caudales comprendidos entre 100 y 80 m<sup>3</sup>/seg.
- Para caudales inferiores a los 80 m<sup>3</sup>/s la cuña avanza hasta su límite máximo, a 32 km de la desembocadura, aguas arriba de Amposta.

Sin embargo, existen referencias históricas (Aragón, 1943) de que en años muy secos, cuando todavía no existía regulación de los caudales mediante los embalses y se producían fuertes estiajes, la cuña podía avanzar hasta muy cerca de Tortosa, a unos 40 km de la desembocadura, donde se sitúa el límite teórico de influencia marina en el Ebro. Con este fundamento, el dominio público marítimo-terrestre del Mediterráneo se extiende, de hecho, hasta esta localidad.

Considerando esta información, es sencillo construir un modelo del comportamiento de la cuña salina que explique su evolución en función del caudal circulante y el punto kilométrico del río, con lo que conociendo el caudal circulante se puede calcular aproximadamente el tiempo medio de permanencia de la cuña salina en las diversas posiciones.

Así, por ejemplo, los análisis realizados en este Plan Hidrológico muestran que, considerando los datos de caudales medios mensuales del periodo comprendido entre los años hidrológicos 1970/71 y 1995/96, se deduce que la cuña ha estado presente cada año en promedio 6,6 meses, de los cuales en 1,2 meses ha superado la Isla de Gracia. Se ha tomado este periodo como el de referencia dado que, como se observa en el correspondiente Anejo de este Plan en que se estudia el sistema del Ebro, desde principios de los años 70 el número de infraestructuras hidráulicas no se ha incrementado de forma significativa en la cuenca, y desde ese punto de vista el periodo puede ser considerado como razonablemente homogéneo.

Por otra parte, es interesante constatar que en los 31 días de campañas de muestreo ofrecidos en la tabla no se produjeron vertidos en el embalse de Ribarroja salvo en dos ocasiones (el 29-4-88 y el 22-6-88), siendo las 29 restantes caudales turbinados, y no hubo vertidos en ninguna ocasión en el embalse de Mequinenza. Ello indica que, en principio, y considerando los caudales de equipo de sus centrales hidroeléctricas frente a los umbrales detectados de la cuña, existe una amplia posibilidad de control de los flujos y la salinidad del delta mediante la explotación de estos dos embalses.

#### **4.3.5.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE DISTINTOS ESCENARIOS DE CAUDALES EN EL DELTA**

En el análisis que se realiza a continuación se consideran únicamente 3 situaciones o posiciones básicas de la cuña salina, con las cuales se representa de forma suficientemente aproximada -para el análisis comparativo que se persigue- el fenómeno de penetración de la cuña salina. Estas situaciones son las siguientes:

- Ausencia de intrusión, cuando los caudales en Tortosa son superiores a 300 m<sup>3</sup>/seg.
- Penetración hasta la Isla de Gracia, cuando los caudales están comprendidos entre 100 y 300 m<sup>3</sup>/seg.
- Penetración hasta Sapinya y Amposta, cuando los caudales son inferiores a 100 m<sup>3</sup>/seg.

En la figura adjunta se muestra, para cada uno de los meses del año y para el total agregado, el porcentaje de las veces que se dan las situaciones referidas anteriormente en el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1970/71 y 1995/96. Puede verse que en un 9 % de las veces la cuña salina ha superado la Isla de Gracia, al ser el caudal medio inferior a 100 m<sup>3</sup>/seg. Este hecho se produce con mayor frecuencia en los meses de Julio a Septiembre, presentando en el mes de Agosto un porcentaje del orden del 25%. Salvo situaciones muy excepcionales, esta situación no debería darse en el futuro al estar fijado en el Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro el caudal mínimo ecológico del tramo final en 100 m<sup>3</sup>/seg.

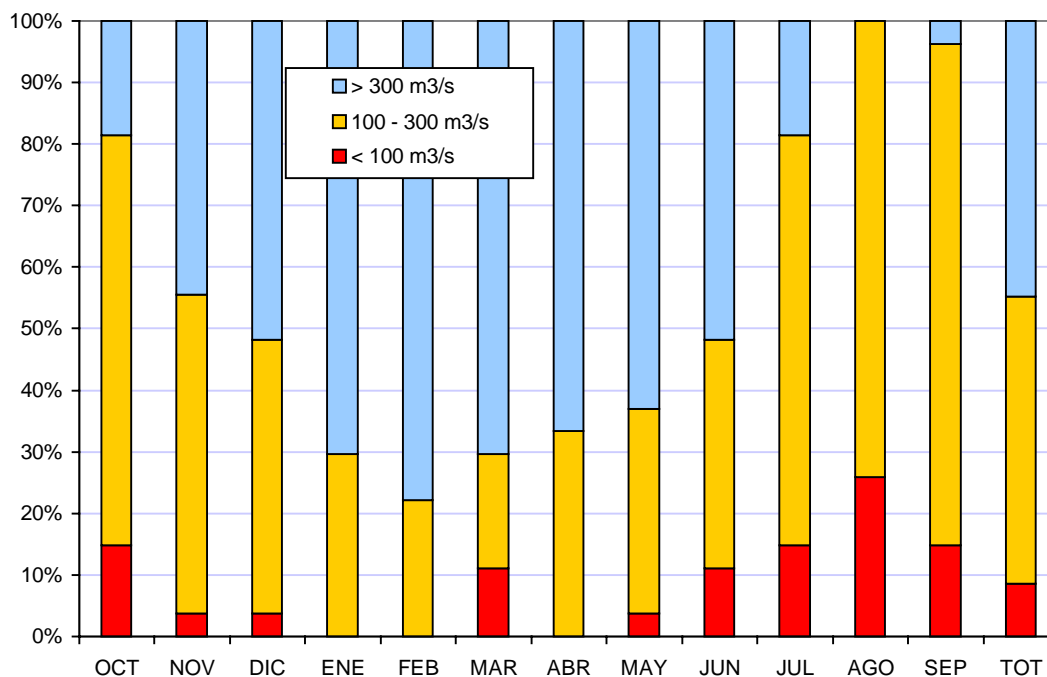


Figura 8. Porcentaje de veces en cada mes que se dan las situaciones de intrusión consideradas (periodo 1970/71 a 1995/96)

Al analizar a continuación situaciones futuras en las que se asume la restricción del caudal ecológico, sólo se van a contemplar por tanto dos estados: ausencia de cuña, para caudales mayores de 300 m<sup>3</sup>/seg, y penetración de la cuña hasta la Isla de Gracia, cuando los caudales están comprendidos entre 100 y 300 m<sup>3</sup>/seg.

Los incrementos en las demandas de agua y la restricción del caudal ecológico previstos en los Planes de cuenca, producirían una modificación de los caudales que circulan por el Delta. El efecto será doble: a) uno positivo, que es la contención de la cuña salina en la Isla de Gracia, impidiendo que ésta penetre hasta Amposta, cuando históricamente lo hacía 1,2 meses al año (debido a la restricción del caudal ecológico) y b) otro negativo, al aumentar el porcentaje de veces que la cuña alcanza la Isla de Gracia, pasando de 6,6 meses a 8,7 meses al año (debido a la disminución de caudales al aumentar la demanda).

Tomando la situación anterior (aumento de la demanda y restricción del caudal ecológico) como referencia, se han analizado los efectos diferenciales de una detracción de agua en el Ebro con destino a transferencias externas, y las posibles medidas para paliar los efectos negativos que producen.

Al detraer caudales en el delta aumentará el porcentaje de veces que la cuña alcanza la Isla de Gracia. Una posible solución para paliar este efecto negativo, es disponer de un volumen de almacenamiento para programar los caudales del río de forma que el régimen de penetración de la cuña salina sea parecido al existente antes de la detracción. Esto se resume en el objetivo de buscar que los meses en que el caudal del río era superior a 300 m<sup>3</sup>/seg antes de la detracción, el caudal no disminuya por debajo de 300 m<sup>3</sup>/seg con la detracción.

Se han analizado los caudales circulantes por el delta en los siguientes escenarios hipotéticos:

- Escenario 1. Demandas para el segundo horizonte del Plan de cuenca y restricción de caudal ecológico de 100 m<sup>3</sup>/seg.
- Escenario 2. Corresponde al escenario 1 más una detracción a caudal uniforme con una capacidad de toma de 1.000 hm<sup>3</sup>/año y un volumen de embalse para regulación de 500 hm<sup>3</sup>.
- Escenario 3. Corresponde al escenario 1 más una detracción a caudal uniforme con una capacidad de toma de 2.000 hm<sup>3</sup>/año y un volumen de embalse para regulación de 500 hm<sup>3</sup>.
- Escenario 4. Corresponde al escenario 2 más un volumen de regulación adicional para la intrusión de 100 hm<sup>3</sup>.
- Escenario 5. Corresponde al escenario 3 más un volumen de regulación adicional para la intrusión de 100 hm<sup>3</sup>.

En la figura adjunta se muestran los porcentajes que en cada mes se ha producido intrusión salina para los escenarios 1, 2 y 4. Se observa que la detracción de caudal supone ligeros aumentos en el número de veces en que existe intrusión, estando en promedio presente la cuña en el escenario 2 durante 9,3 meses al año, lo que significa un aumento respecto a los 8,7 meses de la situación de referencia. Con un volumen de regulación adicional de 100 hm<sup>3</sup>/año (escenario 4) ese aumento se paliaría significativamente, bajando la cifra promedio a 9 meses por año. Los peores meses son los de diciembre a febrero, donde se producen las mayores detracciones.

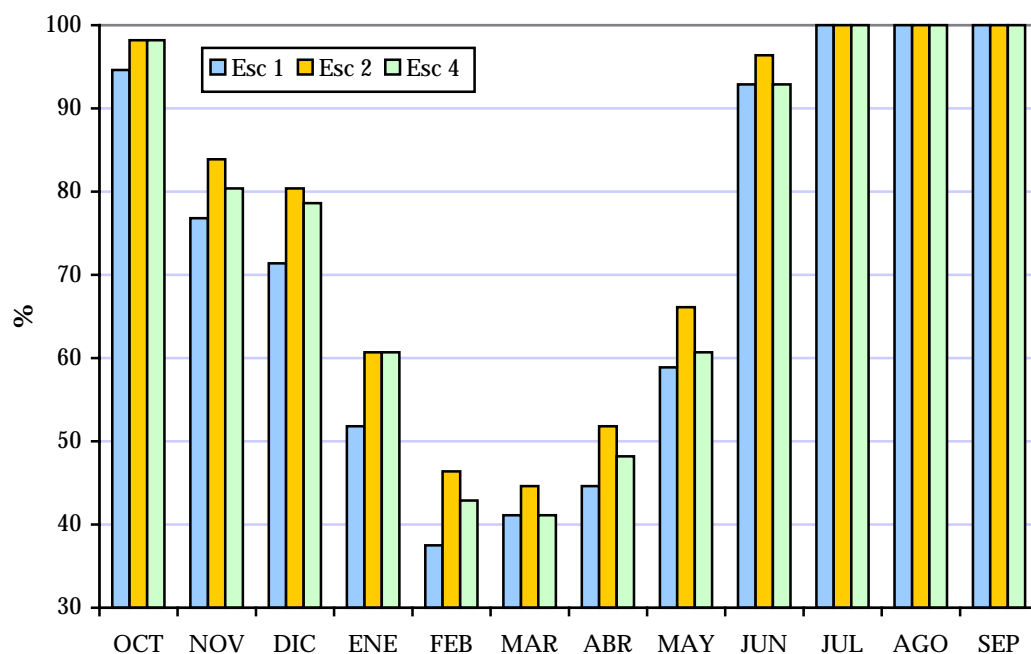


Figura 9. Porcentaje de veces en cada mes que se dan las situaciones de intrusión en los escenarios 1,2 y 4

En la figura siguiente se muestran los porcentajes correspondientes a los escenarios 1, 3 y 5. Se observa que el efecto negativo sobre la intrusión de la detracción

correspondiente al escenario 3 es mucho más acusado que con la detracción del escenario 2 y que no es suficiente para paliar estos efectos con un volumen de regulación adicional de 100 hm<sup>3</sup>. En el escenario 3 la cuña está presente en promedio durante 9,6 meses y se puede bajar solo hasta 9,4 meses mediante el volumen de regulación mencionado.

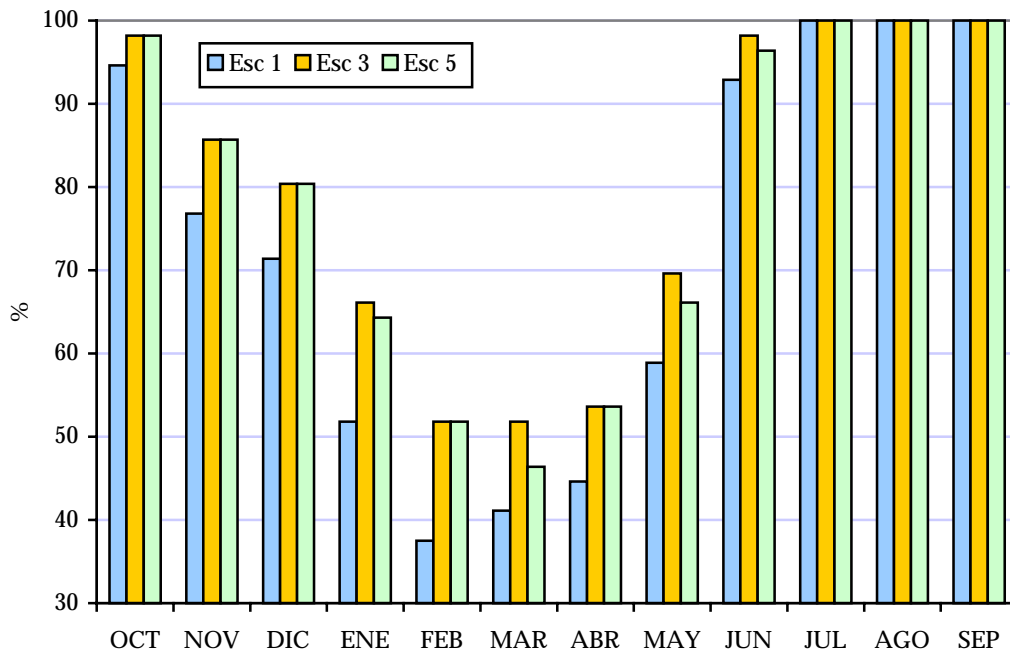


Figura 10. Porcentaje de veces en cada mes que se dan las situaciones de intrusión en los escenarios 1,3 y 5

#### 4.3.5.5. CONCLUSIONES

- En el delta del Ebro el régimen de penetración de la cuña salina viene principalmente regulado por el caudal del río y la morfología del cauce.
- El avance o retroceso de la cuña salina no depende linealmente del caudal del río, manteniéndose el límite de la cuña constante para amplios rangos del caudal que circula por el delta. Esto se debe principalmente a la irregularidad y singularidades del fondo del cauce.
- Existen unas pocas posiciones en las que el límite de la cuña salina se mantiene confinado para amplios rangos de los caudales circulantes. Básicamente éstas posiciones son tres: ausencia de cuña, cuando los caudales son superiores a 300 m<sup>3</sup>/s, penetración hasta la Isla de Gracia, cuando los caudales están comprendidos entre 100 y 300 m<sup>3</sup>/s, y penetración hasta Sapinya y Amposta, cuando los caudales son inferiores a 100 m<sup>3</sup>/s.
- Conocido el caudal circulante se puede calcular aproximadamente el tiempo medio de permanencia de la cuña salina en las diversas posiciones. En el periodo 1970/71 y 1995/96, la cuña ha estado presente cada año en promedio 6,6 meses, de los cuales en 1,2 meses ha superado la Isla de Gracia.



- Los incrementos en las demandas de agua y la restricción del caudal ecológico previstos en los Planes de cuenca, producirían una modificación de los caudales que circulan por el delta. El efecto conjunto sería doble: a) uno positivo, que es la contención de la cuña salina en la Isla de Gracia, impidiendo que ésta penetre hasta Amposta, cuando históricamente lo hacía 1,2 meses al año (debido a la restricción del caudal ecológico) y b) otro negativo, al aumentar el porcentaje de veces que la cuña alcanza la Isla de Gracia, pasando de 6,6 meses a 8,7 meses al año (debido a la disminución de caudales al aumentar la demanda).
- Una posible detracción de caudales en el delta significaría un aumento respecto a la situación anterior del porcentaje de veces que la cuña alcanza la Isla de Gracia.
- La detracción de un caudal correspondiente a una capacidad de toma de 1.000 hm<sup>3</sup>/año en régimen uniforme y a un volumen de regulación de 500 hm<sup>3</sup>, supondría ligeros aumentos en el número de veces en que existe intrusión hasta la isla de Gracia, aumentando en promedio la presencia de la cuña desde 8,7 meses al año en la situación de referencia anteriormente citada, hasta 9,3 meses. Con un volumen de regulación adicional de 100 hm<sup>3</sup>/año ese aumento se paliaría significativamente, bajando la cifra promedio a 9 meses por año.
- En consecuencia, no parece que las posibles transferencias externas impliquen un grave problema desde el punto de vista de la penetración de la cuña salina en el delta. Una adecuada gestión de los flujos circulantes, que tenga en cuenta el régimen de umbrales mostrado, podría minimizar posibles efectos adversos y mejorar las condiciones hidrológicas desde el punto de vista ambiental.

#### **4.3.6. CAUDALES MÍNIMOS EN EL BAJO EBRO**

##### **4.3.6.1. INTRODUCCIÓN**

En este apartado se analizan los caudales mínimos ambientales del curso bajo del Ebro empleando las nuevas metodologías de cálculo de caudales básicos de mantenimiento, actualmente en desarrollo en nuestro país.

Puesto que la principal afección ambiental de la detracción de caudales de un río es la disminución de los flujos aguas debajo de la derivación, se ha considerado conveniente realizar este estudio específico del bajo Ebro, sin perjuicio de la adopción en nuestros análisis de los sistemas hidráulicos de los caudales mínimos actualmente vigentes, que son los formalmente adoptados por la planificación hidrológica de la cuenca del Ebro.

Como es obvio, los resultados obtenidos deben contemplarse con la necesaria cautela, teniendo en cuenta que se trata de técnicas aún en desarrollo, no consolidadas, y no sancionadas científicamente por la evidencia empírica. Pese a ello, se ha considerado oportuno realizar este estudio con el objetivo de obtener los órdenes de magnitud proporcionados por estas nuevas metodologías, contrastar sus resultados con los caudales vigentes, y verificar si estos resultados pueden alterar sensiblemente las determinaciones y balances de la cuenca del Ebro.

El análisis de las especificaciones de caudales mínimos permite asimismo englobar muchos otros aspectos ambientales de los ríos de los que este caudal es la principal variable controladora.

#### **4.3.6.2. ANTECEDENTES**

La necesidad de establecer un régimen de caudales cuyo fin sea el mantenimiento de condiciones aceptables de diversidad biológica y paisajística en los ríos viene planteándose desde hace décadas, como reacción a las cada vez mayores presiones ejercidas sobre los medios fluviales y sus consecuentes procesos de degradación ambiental.

Como se indicaba en el Libro Blanco del Agua, existe una muy extensa literatura técnica sobre el asunto, aunque las herramientas existentes para la determinación de caudales mínimos se han desarrollado, en general, para ríos o tramos de ríos con unas condiciones climáticas e hidrológicas diferentes de las que se dan en nuestro entorno mediterráneo, siendo sólo aplicables a las cuencas de la cornisa cantábrica, y siempre con la necesaria adecuación a ese contexto. Además, esas herramientas se han desarrollado con frecuencia atendiendo a aplicaciones concretas para determinadas especies de peces, lo que, sin perjuicio del carácter indicador del estado de calidad ecológica que puedan tener estas especies, ha conllevado una cierta visión reduccionista de la naturaleza, asimilando los caudales mínimos a los requeridos para el mantenimiento de la pesca fluvial.

En España se han puesto a punto algunas técnicas para la determinación de caudales ecológicos con planteamientos de partida que se apoyan en metodologías ya desarrolladas, como es el caso de la adaptación a la península ibérica de la metodología IFIM, o bien en el análisis detallado de ciertas comunidades biológicas, como es el caso del denominado, por sus autores método Vasco, u otros procedimientos. Todas estas propuestas tienen en común el que no han sido llevadas a la práctica de forma sistemática y metódica, con su correspondiente validación empírica en distintas condiciones ambientales, por lo que no se puede asegurar que los resultados perseguidos con su puesta en práctica vayan a ser necesariamente conseguidos. La dificultad no reside obviamente en la calidad técnica de las propuestas, sino en la falta de programas globales científico-técnicos, a medio y largo plazo, y extendidos a los distintos y muy variados ambientes hidrobiológicos representativos de país, en los que se haya estudiado la situación previa, se haya puesto en práctica la propuesta de caudales de que se trate, y se hayan medido parámetros cuyo resultado tenga una relación causal demostrable con los caudales dotados.

Entre las más recientes aproximaciones al problema, y con el objetivo de disponer de forma rápida y generalizada de regímenes de caudales con fines ambientales en el territorio español, se está desarrollando el denominado método de los Caudales Básicos de Mantenimiento.

Este método se ha aplicado al curso bajo del río Ebro con el objetivo de determinar tales caudales mínimos.

Como se ha indicado, los resultados obtenidos deben contemplarse desde un punto de vista exclusivamente teórico, ya que no han sido llevados a la práctica en el campo y validados desde un punto de vista hidrobiológico. Pese a ello, cabe apuntar que existen fundadas razones para considerar tales resultados como mínimos razonables, desde el principio de la prudencia y cautela que debe regir cualquier propuesta con implicaciones ambientales. Dicho de otro modo, los resultados obtenidos se pueden considerar como suficientes para no alterar sensiblemente las condiciones ecológicas actuales, sin perjuicio de las incertidumbres que plantean tales predicciones sobre el funcionamiento de los ecosistemas.

Teniendo en cuenta que no se ha realizado una validación de los fundamentos conceptuales del método propuesto, se hace necesario profundizar en el desarrollo de la metodología utilizada antes de llevar a la práctica sus resultados concretos.

Seguidamente se describen estos fundamentos conceptuales y se expone su aplicación a nuestro caso concreto.

#### **4.3.6.3. METODOLOGÍA**

Los caudales ambientales se diseñan para mantener un nivel de funcionalidad biológica suficiente que asegure la continuidad de los procesos y las comunidades naturales existentes tanto en la ribera como en el medio acuático, cuando éste se ve afectado por actuaciones que modifiquen el régimen preexistente de circulación de flujos.

En el caso de los trasvases, que es el pertinente a los efectos de este Plan Hidrológico Nacional, la especificación de tales caudales debe llevarse a cabo en todos los tramos de río situados aguas abajo de los puntos de los que se deriven caudales hacia otras cuencas. Como ya se ha indicado, en nuestro caso, y a la luz de los resultados obtenidos en los diferentes análisis de este Plan Nacional, procede estudiar el curso del río Ebro en su tramo final, aguas abajo de Tortosa.

El principio inspirador del método de los caudales de mantenimiento es el estudio de las tendencias de variación de la distribución de los caudales más bajos obtenidos a partir del registro de los caudales medios diarios, y la localización del valor –que se denominará *caudal básico*– que representa el mínimo por debajo del cual las condiciones de habitabilidad biológica de un río pueden verse claramente limitadas.

El río Ebro, con longitud total de unos 3.100 km y cuenca hidrográfica de 85.000 km<sup>2</sup>, desemboca en el Mediterráneo formando un delta cuyas características se deben conservar debido, como se indicó, a su gran interés biológico y paisajístico, además de encontrarse protegido en gran parte de su territorio por su declaración como espacio natural protegido al amparo de la legislación de protección de la naturaleza. El Plan Hidrológico del Ebro así lo ha sancionado al incorporar entre sus determinaciones el objetivo de mantenimiento de un caudal mínimo orientativo en desembocadura de 100 m<sup>3</sup>/s, y remitir a estudios posteriores la definición más precisa, cualitativa y cuantitativa, de los caudales y condiciones ecológicas mínimas requeridas para este tramo.

#### 4.3.6.3.1. Tratamiento de los datos

La afección por regulaciones en el río, inmediatamente anteriores al tramo final de desembocadura (98 km aguas arriba), existe desde hace décadas con la construcción de las presas de Flix (1948, 11 hm<sup>3</sup> de capacidad), Mequinenza (1966, 1534 hm<sup>3</sup>) y Ribarroja (1969, 207 hm<sup>3</sup>).

Para la realización del estudio de caudales ambientales en el curso final del Ebro se han empleado los datos de caudales medios diarios registrados en la estación de aforos 09027 (Tortosa) situada aproximadamente a 40 km de la desembocadura y a 8 msnm.

El período de años con datos disponibles en la estación foronómica se inicia en el año 1912-13, aunque con diversas lagunas en los registros disponibles. Así, falta el período de años hidrológicos comprendido entre 1936-37 y 1950-51 ambos inclusive, y hay años en los que faltan registros durante meses enteros, incluyendo los de verano (años 1912-13, 1935-36, 1983-84 y 1984-85), o meses de verano sin algún registro diario (año 1988-89). También existen algunos años en los que únicamente faltan períodos diarios de datos en meses que no corresponden con los de estiaje y han podido ser completados con la media mensual interanual, en el caso de años anteriores a la afección del río inmediatamente aguas arriba de Tortosa (antes de 1948, año en que se terminó de construir la presa de Flix) como ocurre en 1916-17, 1918-19, 1920-21, 1923-24 y 1927-28. En otros casos, como febrero y marzo del año 1988-89, las lagunas han sido completadas con la media diaria del día anterior y posterior al requerido ya que la media interanual difiere en gran medida del orden de magnitud de los datos medios diarios que se han registrado.

Considerando los objetivos de este estudio, se han seleccionado los últimos 11 años comprendidos entre 1986/87 y 1997/98 ambos inclusive, por ser el período más reciente, representativo de la situación actual, del que se dispone de datos de registros de caudales diarios, aunque no sea un período consecutivo al faltar algunos datos en el año 1988/89, el cual se ha suprimido, debido a que las carencias de valores se dan en los meses de mayor estiaje, y su completado podría influir en el resultado final. Aunque resulte más apropiado trabajar con series de datos consecutivos, en este caso ha prevalecido el criterio de cercanía en el tiempo con un número suficiente de años, frente al de continuidad cronológica, ya que se ha considerado cada año como un suceso hidrológicamente independiente.

Las tablas siguientes muestran los datos básicos de la serie.



#### 4.3.6.3.2.1. Año hidrobiológico

Se debe establecer el mes en el que empiezan los años de las series de datos disponibles, de manera que éste no sea el mes con la media mensual de caudales medios diarios más baja, ni que contenga el mínimo caudal medio diario anual. El objetivo buscado es garantizar que el período de caudales más bajos está representado en su totalidad, recogién dose así los ciclos anuales hidrobiológicos.

La determinación del inicio del año hidrobiológico en este estudio se ha realizado con el análisis de los datos medios y mínimos mensuales de la serie. Se han tenido en cuenta los valores mínimos anuales siempre que existieran todos los datos mensuales a lo largo del año, o bien que, aunque no se dispusiera del año completo, no faltaran los caudales mensuales estivales, pues son los meses con mayor frecuencia de valores mínimos.

Los meses que cumplen las dos condiciones requeridas son diciembre, enero, febrero, abril y mayo. Se ha seleccionado como inicio del año hidrobiológico el mes de abril, pues corresponde a un mes de aportaciones abundantes, las frecuencias con que aparecen el mínimo caudal anual y la menor media mensual son ambas nulas, y además es, en principio, el mes de mayor actividad biológica.

#### 4.3.6.3.2.2. Caudal básico

Los datos de partida para determinar el caudal básico, son los caudales medios diarios registrados en la estación considerada, realizándose un estudio de la distribución de caudales básicos determinados con períodos incrementados en un año desde el más reciente hasta el que incluye todos los años hidrobiológicos disponibles para determinar el período de años en que se estabiliza el Caudal Básico, y para el cual se realiza el cálculo.

Como se observa en la figura, la estabilización se produce entre los 5 y 6 últimos años de la serie disponible, escogiéndose para la determinación del Caudal Básico los últimos 6 años ya que, a partir de este punto, las diferencias volumétricas existentes entre el cálculo con este período de años y el realizado aumentando el período con años sucesivos, no resultan ser significativas.

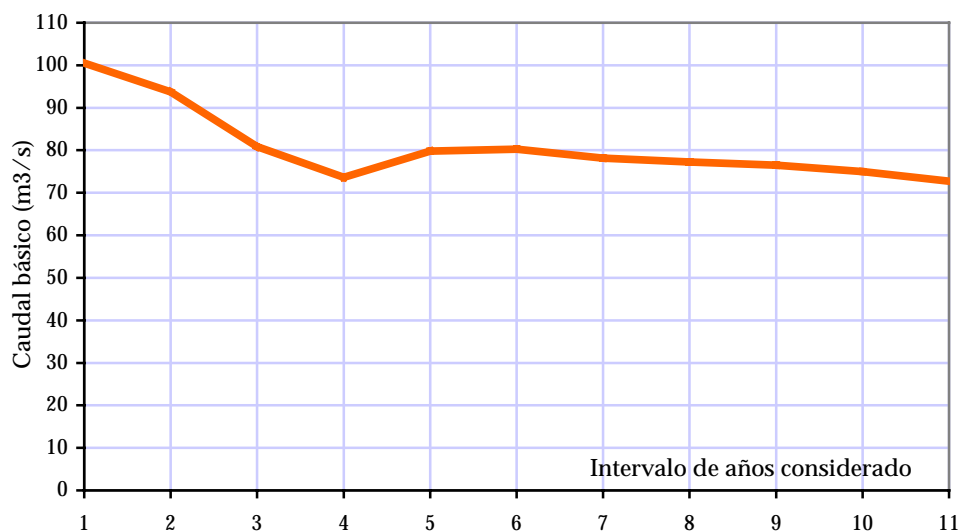


Figura 11. Estabilización del Caudal Básico

Como puede verse, el caudal básico obtenido en este estudio para el río Ebro en la estación foronómica de Tortosa ha sido de unos 80 m<sup>3</sup>/sg, lo que supone una aportación anual de 2.496 hm<sup>3</sup>/año.

Este caudal básico obtenido corresponde al determinado con un número de orden de media móvil igual 2. Dicho intervalo es muy bajo, considerando las precauciones que se toman para que el período de mínimos caudales esté suficientemente representado, estableciendo un mes de inicio para el año hidrobiológico. Por esta razón se ha comprobado que únicamente hay una diferencia del 6 % con el caudal básico calculado como media de los caudales determinados año a año, en los que el número de orden en el que se obtiene el incremento relativo es más variable: 2, 7, 8, 11, 21 y 51.

#### **4.3.6.3.2.3. Caudal de acondicionamiento**

Una vez calculado el Caudal Básico (Q<sub>b</sub>) y para validar su funcionalidad hidrobiológica, se debería aplicar su valor, mediante simulación hidráulica, a una serie de secciones transversales del río seleccionadas, dentro del tramo de estudio, por su representatividad de las características hidráulicas de éste. Esta simulación permitiría comprobar en que medida el Q<sub>b</sub> garantiza unas mínimas condiciones teóricas de habitabilidad en el tramo de estudio, y añadir un caudal complementario o Caudal de Acondicionamiento (Q<sub>ac</sub>) si éste fuera necesario.

La condición hidráulica que se ha impuesto para la determinación de dicho caudal ha sido la de mantener un calado mínimo (entre 15 y 25 cm) en las secciones de muestreo, que permita el paso de los peces. Aunque este criterio admite matices, es ampliamente admitido para la conservación de la habitabilidad piscícola y está contrastado empíricamente.

Dadas las condiciones hidráulicas del cauce, no se prevé que este criterio resulte crítico para caudales del orden del magnitud del obtenido, por lo que, sin perjuicio de posibles análisis posteriores de detalle, no se estima necesario aumentar el caudal básico con uno de acondicionamiento.

#### **4.3.6.3.2.4. Régimen de caudales de mantenimiento**

La suma del Caudal Básico y el Caudal de Acondicionamiento (Q<sub>b</sub> + Q<sub>ac</sub>) es el Caudal de Mantenimiento (Q<sub>man</sub>), definido como el mínimo caudal que debe circular en el momento del año que corresponda en los tramos estudiados. Para que el Q<sub>man</sub> establecido sea realmente funcional desde un punto de vista biológico, son necesarias dos condiciones adicionales:

1. El mantenimiento de la variabilidad intraanual de caudales circulantes. Ello supone que el Q<sub>man</sub> no debe ser un valor único y constante a lo largo del año sino que debe estar modulado en el tiempo de forma que se ajuste a la variabilidad natural. Esta condición se consigue calculando un factor de variabilidad temporal (F) que se aplica a nivel mensual sobre Q<sub>man</sub>.

2. El mantenimiento de los caudales generadores; es decir de los caudales de plena inundación del cauce o “bankfull”. La función de estos caudales es decisiva como motor de cambio y renovación hidráulica periódicas y, por tanto, de conservación de la biodiversidad en el ecosistema fluvial.

En este caso el caudal de mantenimiento, que debe ser afectado por el factor de variabilidad temporal, tiene el mismo valor que el caudal básico al ser nulo el caudal de acondicionamiento, es decir, ha de aplicarse la corrección estacional a los 80 m<sup>3</sup>/s de mantenimiento.

#### 4.3.6.3.2.5. Factor de Variabilidad Temporal y caudales de mantenimiento

Al objeto de acondicionar el caudal de mantenimiento a la variabilidad estacional existente en un río regulado, y siguiendo la metodología desarrollada, se toman los datos medios mensuales de los caudales registrados en los últimos diez años del período considerado, y se calcula un factor de variación mensual (F), consistente en considerar F=1 para el mes de menor caudal medio (Q<sub>min</sub>) y  $F = (Q_{reg}/Q_{min})^{0.5}$  para el resto de caudales medios mensuales (Q<sub>reg</sub>). El caudal de mantenimiento para cada mes se obtendrá de multiplicar F y Q<sub>man</sub>.

Para determinar el Factor de Variabilidad Temporal en el bajo Ebro se han utilizado los datos de caudales medios mensuales registrados en la estación de aforos de Tortosa durante el período comprendido entre los años 1986/87 y 1997/98. Los factores calculados para cada mes del año y los caudales de mantenimiento mensuales resultantes son los mostrados en la tabla.

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Med. anual
Q <sub>reg</sub> (m <sup>3</sup> /sg)	388	325	239	162	127	140	217	313	428	545	459	346	307
FVT	1.75	1.60	1.37	1.13	1.00	1.05	1.30	1.57	1.83	2.07	1.90	1.65	
Q <sub>man</sub> (m <sup>3</sup> /sg)	140	128	110	90	80	84	104	125	147	166	152	132	121
Q <sub>reg</sub> (hm <sup>3</sup> )	1009	845	622	421	331	363	563	814	1113	1418	1194	900	9593
Q <sub>man</sub> (hm <sup>3</sup> )	363	332	285	235	208	218	271	326	381	431	395	343	3788

Tabla 4. Factor de variabilidad temporal y caudales mensuales de mantenimiento

La menor diferencia entre caudales de mantenimiento y registrados se presenta en el mes de agosto, que es el de máximo estiaje.

Los máximos y mínimos caudales de mantenimiento, así como los porcentajes que representan respecto a la media interanual del período para el que se han calculado (los seis últimos años del período considerado) son los mostrados en la tabla.

Medio Q <sub>man</sub> (m <sup>3</sup> /sg)	% medQ <sub>man</sub> s/ medQ <sub>reg</sub>	Máximo Q <sub>man</sub> (m <sup>3</sup> /sg)	% máxQ <sub>man</sub> s/ medQ <sub>reg</sub>	Mínimo Q <sub>man</sub> (m <sup>3</sup> /sg)	% mínQ <sub>man</sub> s/ medQ <sub>reg</sub>
121	39 %	166	54 %	80	26 %

Tabla 5. Q<sub>man</sub> medio, máximo y mínimo, y sus porcentajes correspondientes sobre el medio interanual

El régimen de Caudales de Mantenimiento, junto con los básicos y medios, es el representado en la figura.



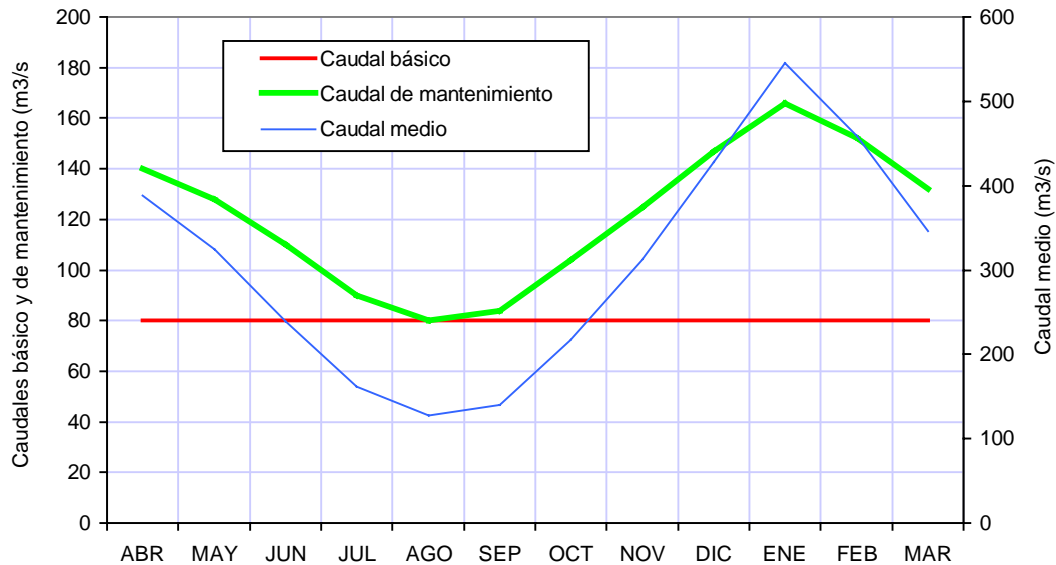


Figura 12. Régimen de Caudales de Mantenimiento

#### 4.3.6.3.2.6. Caudal Generador y Caudal Máximo

Como se indicó, para completar el régimen de caudales de mantenimiento se debe determinar un caudal lo suficientemente elevado como para ocupar plenamente el cauce ordinario del río y definirlo (“bankfull”). Este caudal, denominado Caudal Generador, se puede determinar ajustando una distribución de extremos a la serie de caudales medios diarios máximos de cada año, y obteniendo el valor correspondiente a un periodo de retorno de 1,58 años (Richards, 1982). El Caudal Generador es indispensable para conservar la composición granulométrica del sustrato y la morfología del cauce, así como para sanear la zona hiporreica del lecho, y para compensar la presión de colonización de la vegetación de ribera sobre el cauce de aguas bajas; por tanto es clave en la conservación de la identidad y el buen estado ecológico del río.

Como realmente se está estableciendo un régimen atenuado de caudales, el caudal generador está sobredimensionado para el mantenimiento del cauce ordinario que definiría ese régimen. Por ello, conviene disminuirlo en la misma proporción que tiene el caudal registrado medio interanual (ya que el caudal generador se ha determinado con el régimen registrado) y el caudal de mantenimiento ( $Q_{man}/Q_{reg}$ ). Para establecer la frecuencia de salida del caudal generador a lo largo del año, así como la duración de sus sueltas, es necesario realizar un análisis más detallado de los caudales históricos de avenidas y estudiar las condiciones geométricas del tramo fluvial que se analiza.

De la misma forma se debe proceder para determinar el valor de un caudal máximo, a partir del cual se pueden producir cambios morfológicos fundamentales en el cauce. Por esta razón se recomienda que en la gestión de los embalses, aguas arriba de Tortosa, no se realice ninguna suelta controlada que sobrepase este caudal. Una idea tentativa de este caudal máximo puede ser el correspondiente a un periodo de retorno de 25 años de los máximos diarios (Richards, 1982).

#### **4.3.6.4. CONCLUSIONES**

El volumen total que supone el régimen obtenido de caudales mínimos ambientales en el tramo final del Ebro, aplicando la metodología de caudales de mantenimiento, es próximo al 40% del caudal registrado en el periodo de análisis, y supone asimismo del orden del 20% de la aportación natural media total anual de la cuenca del Ebro, valor que, curiosamente, resulta consistente con el utilizado en el libro Blanco del Agua, donde en el análisis del sistema de utilización actual (en el que se identifican las zonas de superávit y déficit de recursos a nivel nacional), se estableció cautelarmente una reserva ambiental del 20% de los recursos naturales, que se detrae de los mismos para establecer los recursos potenciales utilizables en los sistemas de explotación.

Con relación al caudal mínimo fijado en el Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro, los resultados obtenidos son ligeramente superiores en media (121 frente a 100 m<sup>3</sup>/s), pero con una distribución estacional que hace que sean inferiores en los meses de julio, agosto y septiembre.

Ello implica que si se analizase el sistema del Ebro con esta especificación, el sobrante global medio anual sería algo inferior, pero habría mayores excedentes en los periodos críticos del verano. El balance final de estos efectos contrapuestos sobre las disponibilidades trasvasables es incierto, pero, dadas las magnitudes manejadas, puede afirmarse, sin lugar a dudas, que no alteraría sensiblemente los resultados obtenidos con la especificación de caudales vigente.

En cualquier caso, ha de reiterarse que el régimen de caudales ambientales obtenido tiene un carácter meramente indicativo, y sus resultados no se encuentran validados de forma empírica.

#### **4.3.7. CONCLUSIONES GENERALES**

El delta del Ebro es hoy un espacio con grandes valores naturales pero fuertemente antropizado, en el que las actividades endógenas y las exógenas, realizadas en toda la cuenca del río, han introducido significativas alteraciones desde mediados de siglo. El periodo 1960-80 parece ser el más adverso desde el punto de vista de los impactos ambientales sobre el delta, produciéndose desde entonces una relativa estabilización.

A la vista de los resultados parciales obtenidos en los diferentes epígrafes de esta sección, cabe concluir que una posible de detracción de caudales en el curso bajo, del orden de magnitud de lo previsto en este Plan Hidrológico, induciría una afección ambiental adversa en el delta del Ebro, pero de una intensidad en principio reducida, y que no llegaría a suponer un problema importante para la conservación de este ecosistema y el mantenimiento de sus importantes valores naturales asociados. Asimismo, no se prevé ningún efecto desfavorable para las actividades socioeconómicas de la zona.

Otros efectos antrópicos, generados en la propia cuenca o la zona, y no relacionados con las posibles transferencias externas, pueden dar lugar a impactos ambientales más adversos que los debidos a la mera derivación de caudales (vid., p.e., SEO/Birdlife [1997], Tabla 10, de niveles de sostenibilidad y factores críticos). El importante problema de la conservación de este espacio ha de considerarse, pues, en un contexto estratégico más amplio, en el que un posible trasvase de caudales en cuantías moderadas no es el elemento crítico, ni acaso de los de mayor importancia.

## **5. AFECCIONES EN EL TRANSPORTE**

Una vez considerados los efectos ambientales en la zona de origen y las posibles afecciones inducidas por la captación de caudales, procede analizar las afecciones debidas al transporte, en las zonas de tránsito, consistentes básicamente en los posibles impactos inducidos por las conducciones del agua. El elemento básico de estudio son los trazados identificados para las distintas opciones, y sus interferencias con los espacios naturales protegidos, tanto a nivel autonómico como nacional e internacional.

### **5.1. INTRODUCCIÓN. CONCEPTOS PREVIOS**

En este apartado se analizan las trazas seleccionadas para las diferentes transferencias planteadas, tal y como se exponen en su correspondiente Documento específico. El objetivo perseguido es definir a grandes rasgos, y con las limitaciones propias de una primera aproximación, las posibles interferencias o afecciones que pueden provocar cada una de ellas en los espacios naturales protegidos, tanto a nivel autonómico como nacional e internacional.

Igualmente se exponen las posibles modificaciones que cabría introducir en la traza inicialmente seleccionada para reducir o, si es posible, eliminar dichas afecciones, caso de que finalmente se considere necesario en los estudios de detalle pertinentes.

Conviene poner de manifiesto que el hecho de que se comenten estas posibles afecciones en ningún caso presupone que todos los condicionantes, relaciones, interferencias, etc., queden aquí exhaustivamente reflejados de forma explícita. Como es obvio, cada caso requerirá su estudio específico detallado de los emplazamientos, de forma que todas y cada una de las alteraciones queden debidamente identificadas. A la inversa, es factible también que algunas posibles afecciones aquí identificadas se revelen inexistentes o inocuas en estudios más detallados.

En epígrafes anteriores se indicaron las normas básicas ambientales relevantes a los efectos de nuestro análisis. Como normal general, en todos los espacios legalmente protegidos que dispongan de un Plan de Ordenación de Recursos, será éste el que marque definitivamente las pautas a seguir en esos espacios, adoptándose directamente lo dispuesto en cada Plan como elemento de mayor rango jerárquico legal en la ordenación de usos y actividades a desarrollar dentro de sus límites.

En el caso de las transferencias planteadas que hacen uso de posibles futuros embalses, éstos deberán obviamente ser sometidos al procedimiento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental, según dispone la actual legislación en la materia, desarrollada en el R.D. Legislativo 1302/1986 y el R.D. 1131/1988, o la disposición legal vigente en el momento de inicio de los trámites para su ejecución.

En algunos casos, el trazado de las alternativas propuestas puede interferir con ríos protegidos al amparo de la Directiva 78/659/CEE, que tiene por objeto *proteger o mejorar la calidad de las aguas continentales en las que viven o podrían vivir, si se redujese la contaminación, peces que pertenecen a especies indígenas que presentan diversidad natural o especies cuya presencia se considera deseable, a efectos de las gestión de las aguas, ....*

Para conseguir su objetivo, la Directiva establece en su Anexo I límites de determinados parámetros de calidad de las aguas, según se trate de ríos salmonícolas o ciprinícolas.

En un primer análisis general, esos ríos protegidos podrían recibir impactos de magnitud variable de las obras propuestas, originándose alteraciones sobre los elementos que componen su biota y morfología durante la fase de construcción del proyecto. Por tanto, la fase de construcción se debería realizar de tal forma que se cumpla lo dispuesto en esta Directiva, manteniendo los parámetros de calidad de las aguas dentro de los límites en ella establecidos. Para ello deberán adoptarse medidas preventivas que impidan vertidos a sus cauces o cualquier otra acción que pudiera hacer que dichos parámetros superen los límites marcados.

En el correspondiente Documento de análisis de las transferencias planteadas se desarrollan todas las alternativas propuestas para cada una de las transferencias, seleccionándose la que se presume más adecuada en función de consideraciones técnico-económicas (trazados, inversión inicial y explotación) y de consideraciones ambientales previas a nivel básico (evitar atravesar espacios protegidos o minimizar la interferencia con ellos, y estudiar los efectos de la calidad del agua en origen). Muchas de éstas alternativas y variantes han sido ya desechadas por estas razones técnico-económicas o medioambientales, presentándose finalmente las que se consideran en principio más favorables. Como es lógico, el desarrollo de este capítulo no atenderá a todas las posibles opciones, sino que se centrará únicamente en aquellas que, entre todas las propuestas, han sido inicialmente seleccionadas en aquel Anejo.

El contenido de este capítulo se estructura de forma que cada una de las alternativas propuestas quede recogida en un epígrafe específico, donde se citarán, en primer lugar, los embalses de nueva construcción, que se acogerán a las consideraciones generales antes indicadas; los ríos protegidos afectados en cada caso, y los espacios susceptibles de ser afectados incluidos en la Lista Nacional de Lugares, que posteriormente pasarán a ser declarados como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), en virtud de lo dispuesto en la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres( con \* se han indicado los hábitats prioritarios). Los conceptos subyacentes a esta Directiva de hábitats y su situación actual se describen someramente más adelante.

A continuación se incluirán epígrafes con el nombre de cada uno de los Espacios Naturales Protegidos, tanto a nivel nacional como autonómico, donde se incluyen espacios que forman parte del Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN) de la comunidad autónoma de Cataluña, Zonas de Especial Protección para las Aves, espacios incluidos en el Convenio RAMSAR, y zonas declaradas como Reserva de la Biosfera por la Unesco. Para muchos de estos espacios se realiza una breve descripción de los valores naturales que los hacen merecedores de esta protección, haciendo especial hincapié en que muchos de ellos, aunque coincidentes en su extensión, reciben distinto nombre en función de la figura que los ampara. Tanto en el caso de futuros LIC como de espacios actualmente protegidos no afectados directamente por la traza pero próximos a ella, se indica la distancia mínima que los separa de la conducción.

Para los análisis que siguen se ha empleado numerosa información de muy diversas fuentes. Las referencias fundamentales utilizadas son:

- Base de datos geográfica de Espacios Naturales Protegidos; Zonas de Especial Protección para las Aves; Zonas inscritas en el Convenio Ramsar y Lista Nacional de Lugares propuesta a la Comisión Europea, procedente de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Las tres primeras son de 1996, y actualizadas a fecha de octubre de 1999, aunque sólo para algunas comunidades autónomas (Castilla y León; Castilla la Mancha; Galicia; Asturias; Extremadura y País Vasco) y la lista Nacional de Lugares, también actualizada a fecha de octubre de 1999. La lista de lugares adheridos al Convenio Ramsar se ha contrastado con la información disponible en el servidor web, de acceso público, de la Secretaría del Convenio Ramsar, actualizada a 18 de noviembre de 1999.
- Base de datos de Reservas de la Biosfera, contrastada con el servidor, de acceso público, del Comité Español Man & Biosphere, en el que no existen poligonales geográficas definidas.
- Base de datos geográfica con tramos de ríos protegidos al amparo de la Directiva 78/659/CEE, elaborada en el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX con información procedente de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. En relación a los territorios incluidos en el Plan de Espacios de Interés Natural de la Comunidad Autónoma de Catalunya, la información cartográfica ha sido recogida del servidor web, de acceso público, de la Generalitat catalana.
- Por último, la base de zonas húmedas procede del Inventario general realizado por la Dirección General de Obras Hidráulicas en 1991, y que fué actualizado en 1996.

Conviene señalar la necesidad de actualización permanente de la información sobre espacios naturales, debido al gran dinamismo en la declaración y protección de nuevas zonas.

Después de la descripción de los espacios naturales protegidos susceptibles de ser afectados por las trazas, se efectúa un análisis de esas afecciones y se plantean, en su caso, alternativas para evitarlas o reducirlas. Asimismo, se refleja si dichas modificaciones alterarían significativamente la valoración económica de los tramos correspondientes incluida en el Anejo de costes. Igualmente, cada epígrafe contiene una figura en la que se representan los diferentes espacios naturales y las trazas inicialmente seleccionadas. Por último, al final del apartado dedicado a cada transferencia se incluyen unas conclusiones sobre su viabilidad ambiental.

En la figura adjunta se recogen todos los espacios de las bases de datos mencionadas. También se reflejan las trazas seleccionadas en el Documento de descripción de transferencias, que se analizan aquí desde el punto de vista ambiental. Puede apreciarse así a simple vista como la densidad de espacios de diferentes tipos dificulta sobremanera la implantación de una conducción de la magnitud que requieren algunas de las transferencias planteadas sin afectar a ninguno de ellos.

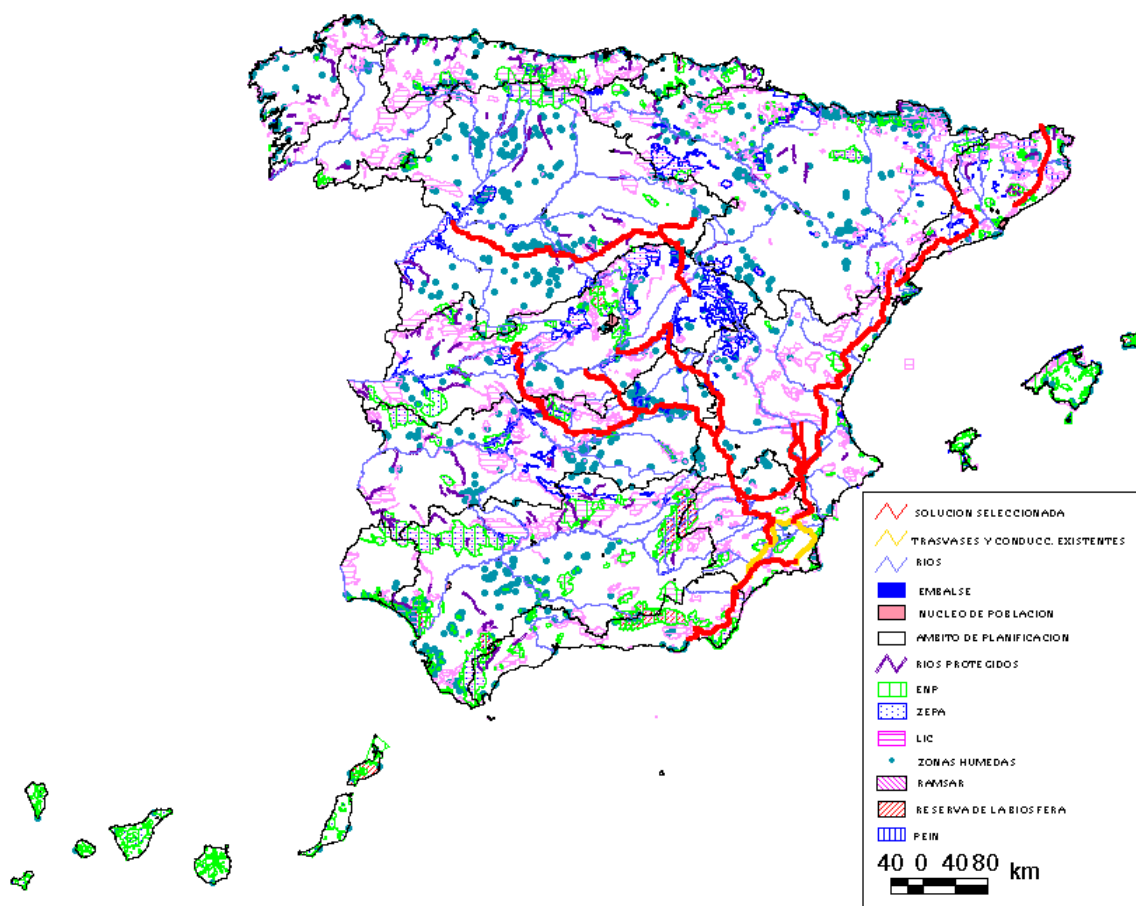


Figura 13. Espacios naturales y trazas seleccionadas

## **5.2. TRANSFERENCIA EBRO-LEVANTE-SURESTE**

Como demuestran los análisis hidrológicos incluidos en el correspondiente Documento, la transferencia Ebro-Levante-Sureste no requiere la construcción de ningún nuevo embalse en la cuenca del Ebro, ni la utilización de ninguno de los ya existentes, excepto, parcialmente, el de Mequinzenza.

El régimen hidráulico de esta transferencia es independiente del propio de la cuenca del Ebro, y está a resultas de la existencia de caudales disponibles susceptibles de derivación, sea cual sea el nivel de consumos y la explotación en la cuenca de origen, que debe operar igual que si la transferencia no existiese.

En cuanto a las cuencas de transporte y destino, es deseable, aunque no imprescindible, contar con alguna nueva regulación complementaria de las existentes. Las posibilidades para ello se han estudiado en Documento específico.

### **5.2.1. ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES**

Los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares situados en el ámbito territorial por el que discurre la traza propuesta, son los siguientes:

- Serres de Cardó-Boix. Su extensión coincide exactamente con el espacio del mismo nombre incluido en el Plan de Espacios de Interés Natural (P.E.I.N.) de la Generalidad de Cataluña. En principio, la conducción planteada no supone ninguna afección directa a este espacio. Su traza arranca en una zona próxima a él, en la margen opuesta del Ebro.
- Sistema Prelitoral Meridional. Este área coincide en parte con el espacio denominado Els Ports, incluido en el P.E.I.N. y se extiende por las CC.AA. de Aragón y Valencia. La conducción planteada procura evitarlo bordeando sus límites nororientales, debiendo estudiarse en detalle la posible afección que pueda producir en este espacio, particularmente el posible efecto barrera que pueda generar a los movimientos de las personas y de la fauna terrestre no aviar. La distancia mínima entre el contorno del espacio y la conducción es de aproximadamente 100 m, discurriendo ésta muy próxima a él a lo largo de unos 8 km.
- Serra d'Espada. Su extensión coincide con el Parque Natural del mismo nombre. Se hará referencia a este espacio con posterioridad.
- Serra de la Calderona. Este espacio se corresponde con la zona del mismo nombre que, en la actualidad, se encuentra en trámite de protección por el Gobierno Valenciano. La conducción planteada lo atraviesa en dos ocasiones: en su extremo sur-oriental, a través de un estrechamiento de su ámbito territorial mediante un tramo de canal de 800 m de longitud aproximadamente y en su extremo sur occidental, a lo largo de 5 km, con tramos de canal, sifón y túnel. Igualmente discurre prácticamente superpuesta al límite oriental del espacio con un sucesión de tramos en canal, acueducto, sifón y túnel-En principio parece aconsejable, por razones de conservación del medio físico, desplazar el trazado

de forma tal que se evite atravesarlo con la traza propuesta, o imponer las necesarias medidas correctoras.

- Valle de Ayora y Sierra del Boquerón. La solución desde el Júcar para alcanzar al Vinalopó que toma en la cola del embalse de Cortes discurre próxima a este espacio, pero a una distancia tal que, en principio y a falta de un Es.I.A., no parece producir alteraciones significativas.
- Serra de Crevillent. Este espacio es atravesado por la conducción propuesta en su borde más oriental a lo largo de 4 km, de los cuales dos discurren en túnel, previéndose también la instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico dentro de sus límites. Desde el punto de vista de la Evaluación de Impacto Ambiental cabría estudiar la modificación de la traza en esta zona o el establecimiento de las oportunas medidas correctoras.
- Río Chícamo. La traza de la conducción atraviesa de forma perpendicular el cauce del río Chícamo que está propuesto como LIC. No obstante, está previsto que este cruce se realice por el corredor donde ya existe en la actualidad una conducción de trasvase (Postrasvase Tajo-Segura), para reducir así al mínimo las afecciones que pudieran producirse durante la fase de obras, siempre que se mantengan las medidas oportunas para su ejecución. El cruce del río está previsto mediante un sifón que intersectaría a este espacio a lo largo de 250 m.
- Humedal del Ajauque y Rambla Salada. La conducción propuesta finaliza en una zona próxima a los límites de este espacio y no se prevé ninguna afección directa sobre él, siempre que se actúe adoptando las medidas preventivas suficientes durante la fase de construcción.

### **5.2.2. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

Seguidamente se detallan los Espacios Naturales Protegidos que pueden verse afectados por esta transferencia.

#### **5.2.2.1. BARRANCOS DE SAN ANTONI, LLORET Y LA GALERA**

En la actualidad este espacio está amparado por la legislación de la Generalitat de Catalunya, Ley 12/1985 del 13 de junio, de Espacios Naturales, y el Decreto 328/1992 de 14 de diciembre por el que se aprueba el Plan de Espacios de Interés Natural.

La tipología prevista para atravesar estos espacios es en sifón, para el primer barranco, y en canal a cielo abierto para el segundo, en ambos casos perpendicularmente al cauce, con una longitud inferior a 250 m dentro del espacio protegido. En principio, resultaría más conveniente desde el punto de vista de la afección ambiental atravesarlos mediante acueducto, aunque puede resultar significativo el impacto paisajístico que produzca esta estructura, e incluso las medidas correctoras de integración de la misma que pudieran realizarse.



Estos barrancos están localizados en la provincia de Tarragona, en los términos municipales de Roquetas, Mas de Barberans y La Galera. El espacio de protección comienza en terrenos de pie de monte del Puerto de Tortosa, de cuyas cumbres arrancan los barrancos, adentrándose en terrazas llanas del valle del Ebro, del que son tributarios.

La peculiaridad de este espacio es la de estar compuesto por dos zonas independientes que se corresponden, por una parte con el barranco de San Antoni y Lloret, y por otra con el barranco La Galera.

Como unidad elemental del medio físico, en el contexto de la hidrografía, son cauces por los que desagua la vertiente marítima del complejo de Puertos de Tortosa y Beceite, en concreto de la Sierra de Monte Negrelo y Sierra de Caro al sur de este complejo. Las cuencas de recepción son relativamente pequeñas, cobrando especial importancia la del Barranco de San Antoni, ya que a ésta se incorporan las aguas del barranco de Lloret.

Estos cauces tienen carácter temporal, en cuanto a caudal se refiere, estando secos la mayor parte del año, excepto en épocas de lluvias y tormentas estivales. Tienen especial importancia en el caso de fenómenos tormentosos por el carácter torrencial que adquieren, siendo importante el volumen de agua movilizado que tienen que evacuar en espacios cortos de tiempo.

Tratándose de barrancos y ramblas efímeras, la vegetación potencial está condicionada por la humedad edáfica, cuyo máximo desarrollo lo componen densos adelfares.

Se observa una perfecta conservación de la vegetación, con un nivel evolutivo alto, que se corresponde con la formación clímax edafófila, formada por los citados adelfares, entre los que se aprecian palmitos y algarrobos.

Mediante el decreto 328/1992 de la Generalitat de Catalunya antes citado, está prohibida cualquier actuación que signifique un cambio esencial en su vegetación de ribera.

La fauna asociada de forma directa a este espacio es muy restringida, sin embargo es visitado por la mayoría de las especies que habitan el entorno que caracteriza la zona. Entre los mamíferos, aves, reptiles y anfibios no existe ninguno que tenga una especial situación en cuanto a amenaza. No ocurre así con el grupo de los insectos, entre los que destaca el lepidóptero *Borbo zelleri*, especie en peligro de extinción que habita zonas de monte bajo, entre otras.

#### **5.2.2.2. PUERTOS DE TORTOSA**

Tiene figura legal de protección desde que en 1966 fuera declarada “Reserva Nacional de Caza de los Puertos de Tortosa y Beceite” por Ley 37/1966 de 21 de mayo, de ámbito nacional. En la actualidad se encuentra amparada bajo Decreto 328/1992 de 14 de diciembre de la Generalitat de Catalunya, en el que se aprueba el Plan de Espacios de Interés Natural, donde se incluye con la denominación de “Els Ports”. Con la resolución del 20 de septiembre de 1993 se inicia el expediente para la redacción del Plan Especial de este Espacio y su delimitación definitiva. Como

Reserva Nacional de Caza, su superficie se encuentra repartida entre las provincias de Tarragona, Teruel y Castellón. Como Espacio de Interés Natural, bajo legislación de la Generalitat de Catalunya, comprende sólo terrenos de la provincia de Tarragona.

La conducción propuesta pasa cercana a su límite oriental, sin entrar en ningún momento en el interior de este espacio protegido. No obstante, en los Es.I.A. que se realicen deberá estudiarse a fondo la posible afección, con objeto de minimizar los impactos en las fases de construcción y explotación. El contorno de este espacio coincide con el del futuro LIC Sierra Prelitoral Meridional en el tramo a lo largo del cual la traza se aproxima especialmente a él, con una longitud de 8 km aproximadamente en la que la separación oscila entre 100 m y 1 km.

Las principales alteraciones se producirán, con carácter general, en la fase de obras, por las acciones inherentes a los procesos constructivos (alteración de hábitats por la ocupación de la traza, movimientos de tierra, de maquinaria, voladuras, etc.) y en la fase de explotación por los efectos barrera y corredor que origine la presencia del canal. Los impactos generados se producirán sobre distintos elementos del medio, básicamente sobre la fauna silvestre (caídas al canal, alteraciones en los desplazamientos habituales, etc.) y los desplazamientos de las personas, sin descartar otros que surgirán de los estudios detallados que se realicen, como por ejemplo sobre el paisaje, debiéndose adoptar las medidas preventivas y correctoras necesarias con el fin de minimizar los impactos producidos (revegetaciones, limitación de accesos, permeabilización de la estructura, etc.).

Se trata de una sierra alineada en dirección SW-NE con un relieve integrado por valles, barrancos, acantilados y agujas rocosas que proporcionan un alto valor paisajístico a la zona y que condicionan una única y estructurada red de drenaje, organizada a través de barrancos que drenan superficies de escasa extensión. Una vez llegados a la zona de terrazas, vuelve a surcar innumerables ramblas y barrancos con dirección este-oeste.

El pie de monte presenta formaciones de tipo maquia, compuesto por especies como la carrasca, el tojo, la aulaga negra, la aulaga común, el lentisco, el romero, el espliego y el tomillo, con pies de *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Quercus ilex* aptos para ganado caprino únicamente.

Las zonas llanas están representadas por extensos cultivos de olivo y algarrobo.

Los cauces de las ramblas y barrancos conservan su óptimo vegetal compuesto por densos adelfares.

En Els Ports están estrictamente protegidas, por Decreto de la Generalitat de Catalunya 328/1992 de 14 de diciembre, las siguientes especies vegetales: *Campanula speciosa*, *Lonicera pyrenaica*, *Ephedra major*, *Anirrhinum pertegasii*, *Pinguicula grandiflora* var. *Dertosensis*, *Pyrola chlorantha*, *Pyrola secunda*, *Prunus prostata*, *Salix tarraconensis*, *Saxifraga longifolia*. Estas especies son fundamentalmente de alta montaña, y no se consideran habitantes de las zonas medias y bajas por las que discurre la traza propuesta, fuera del perímetro del espacio.

La fauna asociada a este espacio es amplia. Entre los mamíferos destaca la presencia de la cabra montés como excepcional, ya que su hábitat se encuentra reducido a

estos parajes dentro de la región Catalano-levantina, así como el muflón, introducido.

Entre las aves cabe destacar especies poco frecuentes de zonas de clima mediterráneo cercanas al litoral, como la collalba gris, el trepador azul, el acentor común o el chotacabras gris. El grupo de aves que más destaca son las rupícolas, sobre todo las rapaces como el águila real, el halcón peregrino, el buitre leonado y el águila perdicera.

Otro grupo importante es el de los insectos, entre los que destaca el *Borbo zelleri*, especie en peligro de extinción que habita zonas de monte bajo entre otras.

Las siguientes especies faunísticas se encuentran estrictamente protegidas dentro del espacio por Decreto 328/1992 de 14 de diciembre de la Generalitat de Catalunya: *Speleoharpactea levantina*, *Centhosphodrus levantinus*, *Tycobitinus escolai*.

### 5.2.2.3. SIERRA DE ESPADÁN

El Decreto 161/1998, de 29 de septiembre del Gobierno Valenciano por el que se declara Parque Natural la Sierra de Espadán cierra el proceso de protección de este espacio amparándose en las disposiciones emanadas de la Ley 11/1994, de 27 de Diciembre, de la Generalitat Valenciana, de espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana y ha pasado por la aprobación definitiva del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de este espacio mediante el Decreto 218/1997, de 30 de julio. Los límites de este espacio coinciden con los definidos en la propuesta de LIC's.

La traza propuesta bordea los límites orientales de este espacio, sin atravesarlos, discurriendo a una distancia mínima de 500 m del contorno, pudiendo tener, cualquiera de las fases del proyecto, una incidencia ambiental significativa sobre él. Por ello resultará conveniente, realizar un estudio detallado de dichas posibles afecciones, con el fin de evaluar la viabilidad ambiental del trazado previsto.

Comprende un amplio territorio al sur de la provincia de Castellón, en el que se incluyen hasta un total de 41 términos municipales.

Se trata de un complejo montañoso de cierta entidad cuya alineación principal es perpendicular a la costa, y litologías favorables para la presencia de acuíferos.

La red de drenaje resulta escasamente estructurada y de carácter efímero, teniendo cierta importancia las tormentas estivales por el carácter torrencial que adquieren los cauces.

La vegetación actual, con un nivel evolutivo bajo-medio según las zonas, está compuesta por una cubierta de matorral de tipo maquia con pies de algarrobo y bosquetes de alcornoque, tendente a la regeneración del bosque natural. Existen algunos rodales de antiguas repoblaciones de *Pinus halepensis*. En las proximidades de Vall d'Uxó la vegetación se vuelve agrícola y aparecen cultivos leñosos en terrazas (olivos y algarrobos principalmente).

La fauna en este espacio, pese a ser abundante por las formaciones vegetales existentes, no alberga ninguna especie de interés o valor singular. Se trata de

especies de mediano y pequeño tamaño que se ven protegidas por el matorral e incluso conviven con la presencia humana.

El paraje tiene actualmente una consideración relevante a nivel paisajístico, ya que supone una formación montañosa de gran visibilidad desde las zonas costeras próximas.

#### **5.2.2.4. SIERRA DE IRTA**

Por último, conviene indicar que la Sierra de Irta se encuentra en fase de tramitación como ENP, aunque no figura recogida en la Lista Nacional de Lugares. La Orden de 6 de febrero de 1998, de la Conselleria de Medio Ambiente, acuerda iniciar el procedimiento de aprobación del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de esta sierra, y el Acuerdo de 10 de febrero de 1998, del Gobierno Valenciano, determina la forma de aplicación de las medidas cautelares en el ámbito del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra de Irta durante la tramitación del mismo. Por esta razón no se dispone en estos momentos de la información detallada del ámbito territorial ocupado por este espacio y, por tanto, no puede evaluarse aún la incidencia del trazado estudiado.

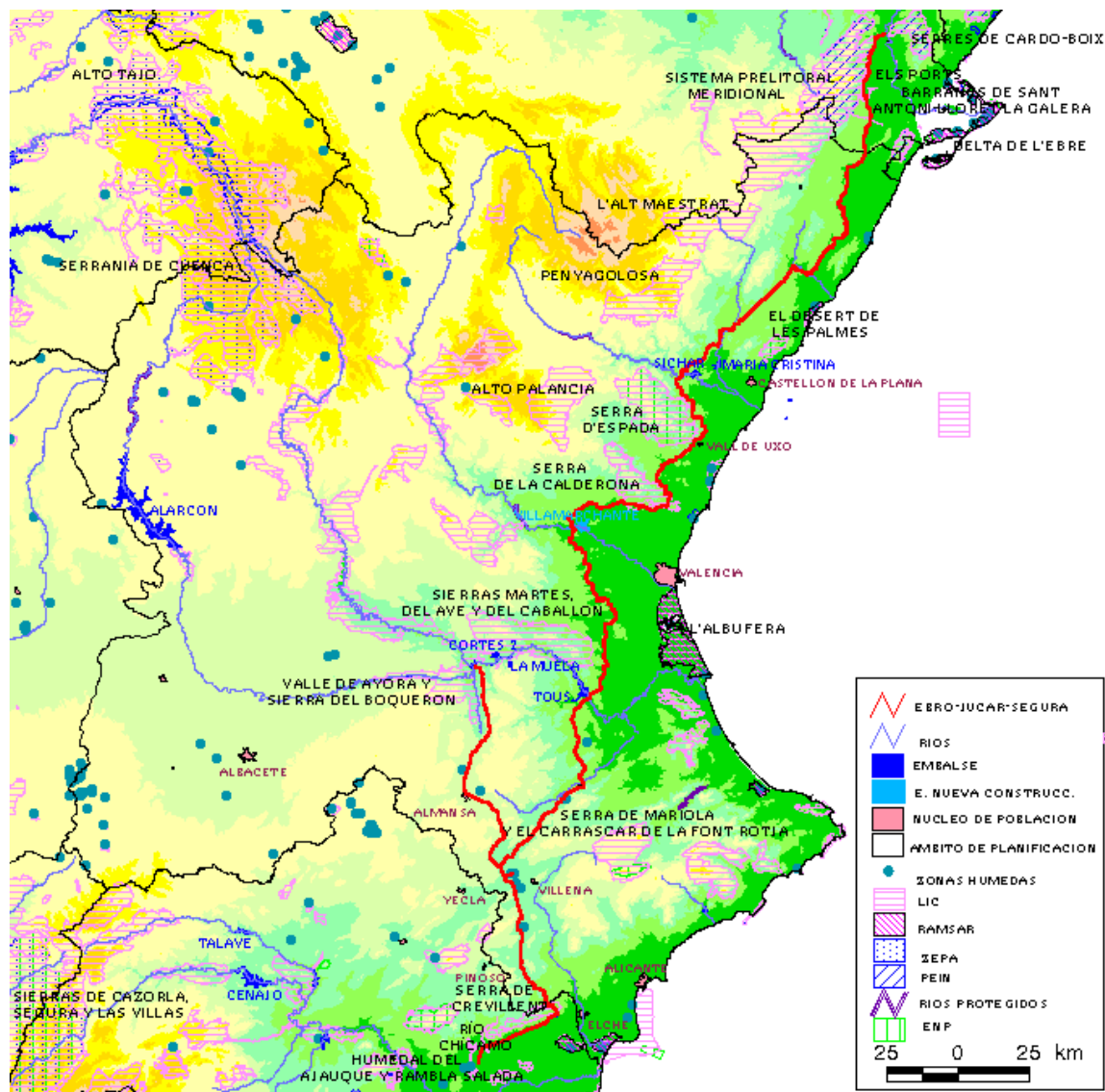


Figura 14. Transferencia Ebro-Levante

### 5.2.3. ANÁLISIS DE AFECCIONES Y POSIBLES MODIFICACIONES DE TRAZADO

La traza seleccionada puede afectar directamente solo a un espacio protegido de los actualmente declarados como tales, el de los Barrancos de San Antoni, Lloret y La Galera. Otras posibles afecciones a espacios incluidos en la lista nacional de lugares que serán declarados como LIC en un futuro son las originadas sobre la Serra Calderona, la Serra de Crevillent y el Río Chícamo.

Sobre el resto de espacios, que no son atravesados directamente por la traza, convendría estudiar en detalle la posible afección que la construcción y explotación de la conducción propuesta produciría sobre los mismos, especialmente en el caso de Els Ports, muy cercano a la traza propuesta.

Avanzando en el estudio de posibles soluciones a estos impactos, y considerando las características de las obras de transferencia, pueden sugerirse tentativamente algunas medidas para reducir las posibles afecciones detectadas.

La afección a los Barrancos, puede minimizarse, aunque no evitarse, sustituyendo la tipología estructural inicialmente prevista por la más adecuada desde el punto de vista ambiental. Su concreción debe establecerse en estudios de detalle. En la figura siguiente se recoge un detalle del trazado entre Cherta y Castellón en la que pueden apreciarse la conducción y los espacios señalados.

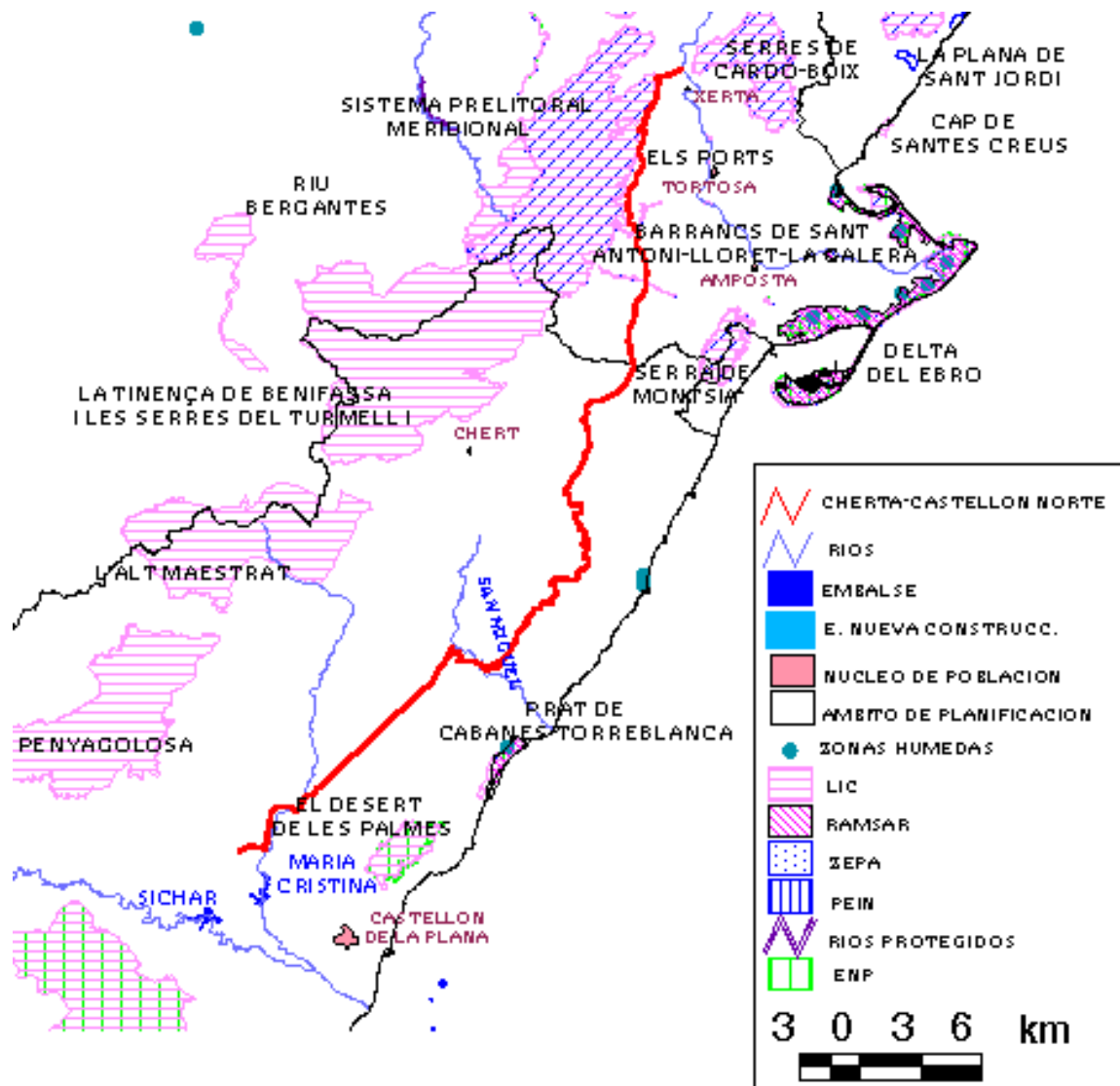


Figura 15. Transferencia Ebro-Levante-Sureste. Detalle entre Cherta y Castellón.

En cuanto a la Sierra Calderona, las afecciones pueden minimizarse o anularse modificando el trazado en esta zona. Conviene tener presente, sin embargo, que la geología es aquí adversa, debido a la abundante presencia de margas y arcillas rojas del Triásico. Por ello, cualquier propuesta debe ir avalada por un estudio geológico

de cierto detalle. El criterio es, en principio, evitar estos materiales en la medida de lo posible, aprovechando para ello los afloramientos de dolomías del Muschelkalk.

La interferencia en el contorno oriental del espacio puede reducirse, si así lo aconseja el Es.I.A. de la traza, aumentando el número de obras singulares, aprovechando las dolomías para su cimentación. La mayor afección, que consiste en atravesar la zona por el extremo Sureste mediante un canal, puede evitarse, a falta de estudios geológicos detallados, disponiendo un nuevo acueducto o sifón que salve el barranco de la Maladicha, al Oeste del núcleo de Gilet y emboquillando después un túnel que, con una longitud de 4 km aproximadamente, todo él en dolomías, empezaría y terminaría fuera del perímetro de protección.

La interferencia en el extremo Suroeste puede reducirse desplazando la traza hacia el Sur, para lo cual se requiere un nuevo acueducto de 2,5 km aproximadamente, si bien se elimina un túnel. Por motivos de cota, el trazado no puede desplazarse fuera del espacio en su totalidad, pero la longitud de intersección con el espacio se reduciría sensiblemente.

En definitiva, evitar cualquier tipo de afección parece muy complicado, pero reducirla a interferencias puntuales con el contorno del espacio puede ser factible, a falta de estudios geológicos detallados, con modificaciones del trazado que en principio no alterarían sustancialmente la valoración económica del tramo incluida en el Anejo de costes. En la figura que se incluye seguidamente puede apreciarse la interferencia del trazado con la Sierra Calderona.

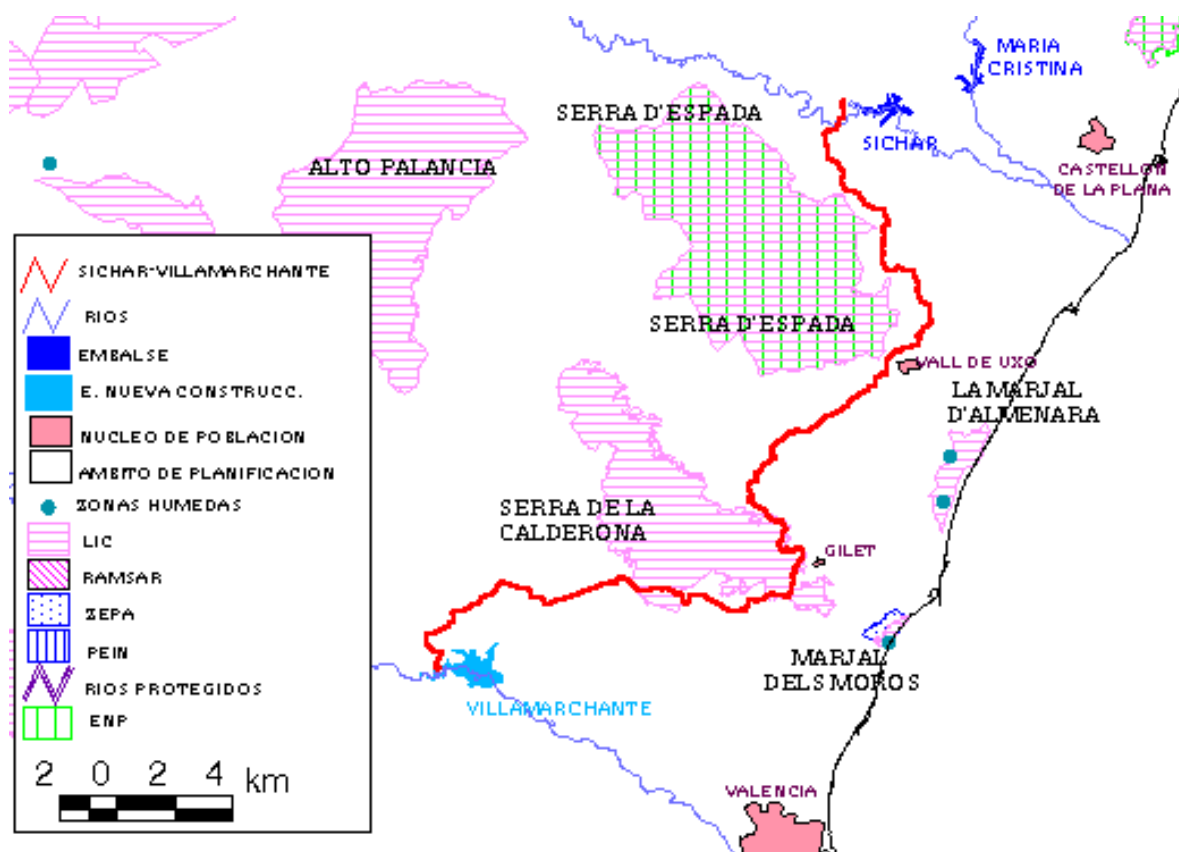


Figura 16. Transferencia Ebro-Levante-Sureste. Detalle del tramo Mijares-Turia.

En cuanto a la Serra de Crevillent, incluida en la Lista Nacional de Lugares, si en los estudios posteriores se considerara ambientalmente inviable mantener el trazado propuesto, puede modificarse, bordeándola por el Este. Para ello sería necesario incrementar la longitud en no más de 10 km. El primer salto se dispondría entonces al pie del Cerro de Ofra y desde allí se continuaría por la cota 300 hasta encontrar la Nacional 330, cuyo trazado se seguiría contorneando el espacio, para girar después hacia el Oeste y enlazar con la tubería forzada contemplada en la propuesta inicial para el salto que vierte hacia el embalse de Crevillente, una vez salvada la sierra. En la figura siguiente se recoge el tramo de conducción entre Villena y el Postrasvase Tajo-Segura, en la que puede apreciarse la interferencia con este espacio indicado.

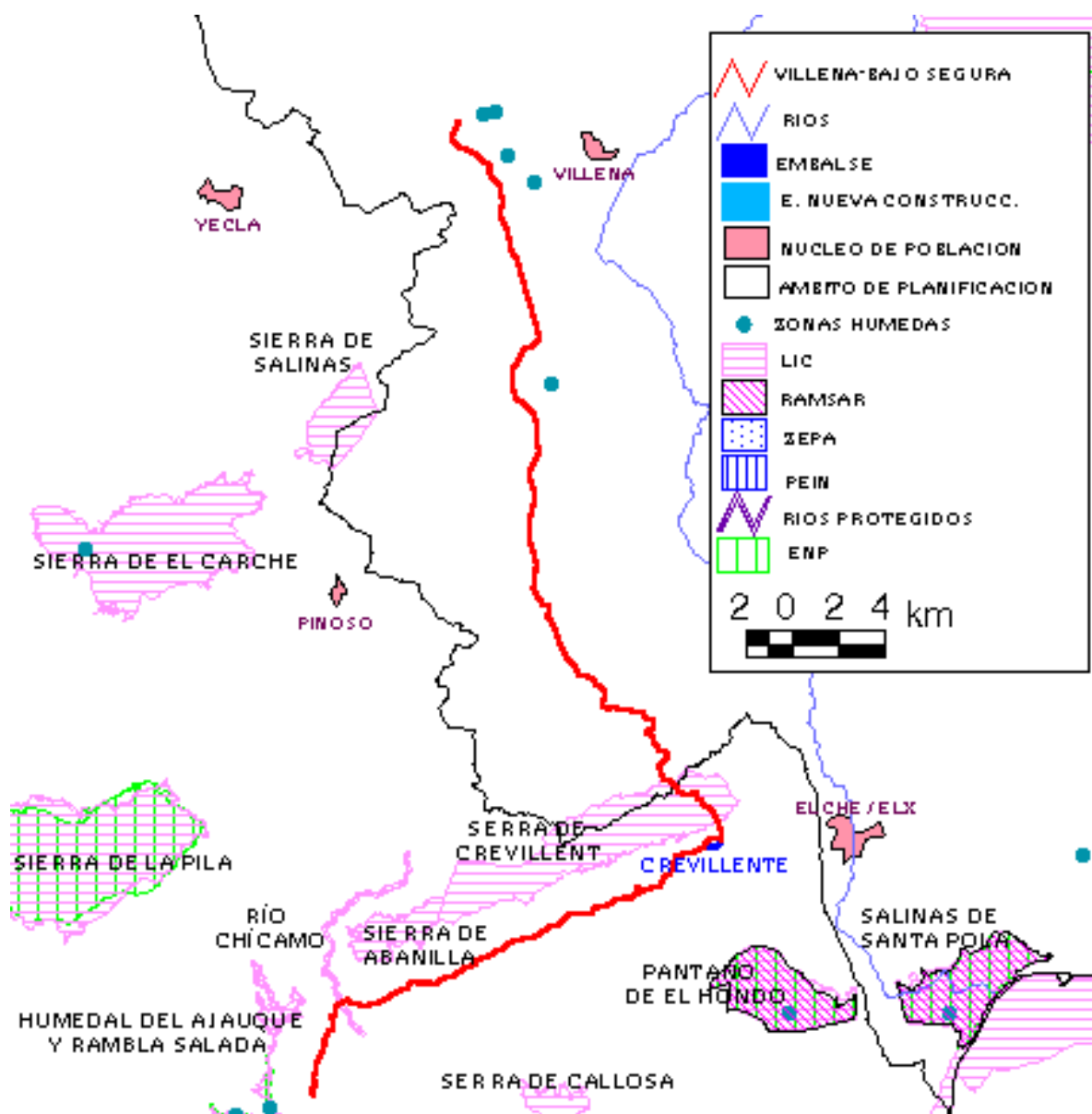


Figura 17. Transferencia Ebro-Levante-Sureste. Detalle tramo Villena-Postrasvase Tajo-Segura.



#### 5.2.4. CONCLUSIONES

La traza seleccionada afecta directamente solo a un espacio protegido de los actualmente declarados como tales, el de los barrancos de San Antoni, Lloret y La Galera. Otras posibles afecciones a espacios incluidos en la lista nacional de lugares que serán declarados como LIC en un futuro corresponden a la Serra Calderona, la Serra de Crevillent y el Río Chícamo, por lo que se requerirán en el futuro estudios detallados que analicen el problema y establezcan posibles soluciones para minimizar o evitar la afección.

La afección a los Barrancos puede reducirse adoptando la tipología estructural más conveniente desde el punto de vista ambiental para atravesarlos, pero, en principio no es posible evitar intersectarlos. La repercusión económica de la variación no tendría trascendencia presupuestaria.

En lo concerniente a los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares directamente afectados, la afección puede reducirse muy sustancialmente con variaciones de trazado que no alteran de forma sustancial la valoración económica de los tramos incluida en el Anejo de costes, quedando pendiente su viabilidad de estudios geológicos más detallados.

Sobre el resto de espacios indicados, que no son atravesados directamente por la traza, convendría estudiar en detalle la posible afección que la construcción y explotación de la conducción propuesta produciría sobre los mismos. Esta aseveración es especialmente importante en relación al espacio de Els Ports, tanto por su valor de conservación como por su cercanía a la traza propuesta.

Por último, cabe reseñar también la alternativa apuntada en el Anejo de descripción de transferencias, consistente en aprovechar los aproximadamente 40 km construidos del Canal Cherta-Calig, o bien construir uno nuevo paralelo y adyacente al actual, que se prolongaría hasta confluir con el trazado anterior, a la altura del municipio de Santa Magdalena de Pulpis (poco antes de alcanzar la Sierra de Irta).

Para esta alternativa se indican los espacios afectados hasta la confluencia con la solución ya analizada, puesto que en el resto coincide con ella.

Los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares susceptibles de ser afectados son los siguientes:

- Serres de Cardó-Boix. También incluido en el Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN) de Cataluña. Al igual que en el caso anterior, no se verá afectado de forma directa.
- Sistema Prelitoral Meridional. Este espacio incluye la zona denominada “Els Ports” y los “Barrancs de Sant Antoni-Lloret-la Galera” incluidos en el PEIN, que se analizan a continuación.

Respecto a los espacios naturales protegidos, cabe efectuar las siguientes consideraciones:

- En cuanto a “Els Ports”, la traza propuesta para la conducción discurre paralela a la alternativa alta antes descrita. Sin embargo, se encuentra más alejada de los límites del espacio protegido, puesto que discurre a cota

inferior (50 m menor aproximadamente), y utiliza un corredor ya alterado por la presencia del canal Cherta-Calig, de ahí que, en principio, a falta de estudios de detalle, sus afecciones serán menores que en el caso del canal alto.

- Respecto a los Barrancos de Sant Antoni, Lloret y la Galera, al igual que en la solución anterior, son cruzados perpendicularmente, si bien al hacerlo siguiendo la traza del canal existente Cherta-Calig las afecciones serían, en principio y a falta de estudios de detalle, menores.

Por tanto, esta alternativa baja parece producir, en principio, y a falta de un Es.I.A. específico, una menor afección sobre los espacios naturales que la alternativa alta. En particular, sobre el espacio de San Antoni, Lloret y la Galera, ya que sus barrancos se encuentran atravesados por el canal de Cherta y, por tanto, al emplear como zona de cruce con el barranco un corredor ya utilizado, a priori, éste tendría una mayor capacidad de acogida. Por otra parte, y como ya se apuntó, al no tener una información precisa de los límites de la Sierra de Irta, no se puede afirmar taxativamente que esta alternativa no atravesase este último espacio. Sin embargo, y teniendo en cuenta las cotas del nuevo canal (que en esta zona sí sería de nueva construcción) y los términos municipales englobados por el ENP Sierra de Irta, éste espacio parece que está situado lo suficientemente lejos de la traza prevista como para que sea afectado de forma directa.

### 5.3. TRANSFERENCIA DUERO-TAJO

Se analizan conjuntamente en este epígrafe las transferencias que captan recursos en el Alto y Bajo Duero para entregarlos en el sistema Entrepeñas-Buendía, puesto que el recorrido de la primera queda englobado casi en su totalidad en el de la segunda.

En el caso del Alto Duero, se requiere la construcción de un nuevo embalse, el De Gormaz y, en función del volumen de recursos que sea necesario derivar, puede requerirse utilizar parte del volumen de otro nuevo embalse previsto en el Plan de la propia cuenca del Duero, el de Velacha. Con independencia de que deberán someterse a los estudios y evaluaciones de impacto ambiental dispuestos en la legislación vigente, cabe avanzar ya, tal como se señala en el Anejo de descripción de transferencias, que su impacto sobre el medio social puede ser crítico. Concretamente el de Gormaz afectaría incluso a un pequeño núcleo de población.

La traza propuesta atraviesa ríos protegidos al amparo de la Directiva 78/659/CEE pertenecientes a la Cuenca del Duero que están catalogados como ciprinícolas. Son los siguientes:

- Río Voltoya, afluente del río Eresma por su margen izquierda. Este río es atravesado en acueducto por la traza.
- Río Eresma, afluente del río Duero por su margen izquierda. La traza del canal discurre paralela al río, para cruzarlo posteriormente en acueducto.
- Río Cega, afluente del río Duero por su margen izquierda. El canal discurre paralelo al río en algunos tramos para, más adelante, meterse en un túnel y continuar a canal abierto, cruzando el río en acueducto.

- Río Duratón, afluente del río Duero por su margen izquierda. El canal atraviesa este río en acueducto.

A lo largo de gran parte de la traza propuesta, se localizan una serie de zonas húmedas que se encuentran protegidas legalmente, incluso dotadas con perímetros de protección, al estar incluidas en el Catálogo de Zonas Húmedas de Castilla y León, según el Decreto 194/1994 de 25 de agosto, y que podrían verse afectadas de forma directa o indirecta por la construcción del canal. Sin embargo, su identificación sólo se ha podido realizar de forma aproximada, no disponiéndose de las poligonales que definen con precisión los espacios afectados. En consecuencia, en los estudios que se realicen posteriormente se deberá tener muy en cuenta la presencia de estos humedales, con el fin de evitar posibles afecciones a los mismos.

### **5.3.1. ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES**

Los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares que pueden tener relación con estas trazas, son los descritos seguidamente.

- Arribes del Duero (\*). Con este nombre también se designa la Zona de Especial protección para las aves (ZEPA) que se describirá más adelante.
- Lagunas de Cantalejo (\*). Esta zona está localizada bastante lejos de la conducción propuesta en el entorno del río Cega, de forma que, a falta de estudios detallados, no se prevé afección directa sobre ella.
- Hoces del río Duratón. Su extensión coincide exactamente con el Parque Natural del mismo nombre y su análisis se realizará en el epígrafe específico.
- Valle y Salinas del Salado. Situadas en la cuenca del Tajo, la conducción propuesta no se adentra en el territorio definido como LIC, si bien, como en el caso de las Hoces del Río Duratón, es posible que afecte de forma indirecta a las especies animales que utilicen las zonas por las que discurre la traza como zonas de campeo, descanso, etc.
- Barranco del Dulce. Este espacio es atravesado de Norte a Sur por la traza propuesta y, por tanto, las posibles alteraciones que se produzcan en dicho espacio se deberán estudiar con detalle, pudiendo recomendarse a priori modificar el trazado para evitar contactos.
- Alto Tajo (\*). La transferencia propuesta vierte sus aguas directamente sobre el sistema de presas de Entrepeñas, sin afectar de forma directa al territorio propuesto como LIC. En todo caso podría haber una afección positiva por incrementar los flujos hídricos en la zona de cabecera. Parece que esto no es así, lo mejor es lo natural, ni incremento ni decremento.

### **5.3.2. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

Seguidamente se detallan los Espacios Naturales Protegidos que pueden verse afectados por esta transferencia. La traza prevista evita el contacto con todos ellos, salvo con el Barranco del Dulce, por lo que es de esperar que no se presenten impactos apreciables excepto en este caso. Los Es.I.A. que en su caso se realicen deberán precisar este supuesto.

#### **5.3.2.1. ARRIBES DEL DUERO**

Este espacio está declarado como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) por el órgano competente de medio ambiente de la Comunidad Autónoma de Castilla-León, al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE. Así mismo, se encuentra en el listado de espacios naturales protegidos que figura en la Ley 8/91, de 10 de mayo, sobre Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León. Además se procedió mediante la orden de 30 de Abril de 1992 de Castilla y León a los trámites de iniciación del Plan de Ordenación de Recursos Naturales del espacio Natural de Arribes del Duero. La ley 8/91 establece, en su disposición adicional segunda, que el órgano de Medio Ambiente de la Comunidad deberá informar las concesiones sobre el dominio público hidráulico que puedan afectar a la cantidad o calidad de las aguas que sean aporte de un espacio natural protegido.

La traza del canal proyectado arrancararía en el Embalse de Villalcampo, situado en el límite de este espacio protegido.

El área protegida se encuentra en las provincias de Zamora y Salamanca, donde el río Duero se encaja profundamente en el terreno originando un cañón con paisaje de topografía singular. Es una zona de gran extensión y engloba hasta un total de 46 términos municipales. Además del valor paisajístico, posee un alto valor natural por el gran número de rapaces que habitan en ella.

La vegetación predominante en los Arribes son las gramíneas y labiadas, salpicadas por bosquetes de rebollo y encina, con presencia de enebro.

Las alteraciones que pueden producirse se verán, en principio y a falta de estudios de detalle, reducidas a la fase de obras. Las afecciones más importantes se centran, fundamentalmente, en las aves rupícolas, objeto de protección del espacio. Esta situación va a repetirse en cualquier zona cercana a la traza de la conducción que esté declarada ZEPA.

Con respecto a la fauna, conviene indicar que este espacio alberga una importante representación de aves rapaces como el halcón peregrino, águila real, alimoche, buitres, aguiluchos, milano real y búho real. Otras aves relevantes están presentes en la zona, como es el caso de la cigüeña negra, el cuco o la carraca.

Entre los mamíferos destaca el lobo, zorro, liebre y conejo.

### 5.3.2.2. HOCES DEL RÍO DURATÓN

La Ley 5/1989, de 27 de junio, de la Junta de Castilla y León, declara este espacio como Parque Natural de las Hoces del Río Duratón.

Esta zona también está declarada Zona de Especial Protección para las Aves (Z.E.P.A.) al amparo de la Directiva 79/409/CEE de 1979.

Aunque el trazado de la conducción afecta directamente al río Duratón, también protegido, como se ha indicado antes, el Parque Natural de las Hoces del Río Duratón se encuentra cercano a la traza del canal, aunque a varios kilómetros (la distancia mínima asciende a 3,5 km aproximadamente), y, por tanto podría ser afectado de forma indirecta por la construcción del citado canal, en especial durante la fase de obras. En un análisis previo, esas afecciones podrían incidir sobre las poblaciones de aves rupícolas que utilizan este espacio como zona de anidamiento, ya que podrían utilizar la franja por donde discurre la traza como zona de campeo, descanso o para cualquier otro requerimiento. En consecuencia, en etapas posteriores deberán estudiarse las posibles afecciones, con el fin de minimizarlas en la mayor medida.

El Parque Natural de las Hoces del río Duratón está situado en el noreste de la provincia de Segovia, aguas abajo de la villa de Sepúlveda. En esta zona el río se encaja en un profundo cañón que, en algunos lugares, alcanza más de 100 m de desnivel, creando una sucesión de profundas hoces en la compacta masa de calizas cretácicas.

La distribución de las especies vegetales está directamente relacionada con las peculiaridades del terreno y permite diferenciar cuatro áreas. La paramera de la zona superior presenta bosques abiertos de sabina albar muy degradados que, en muchos casos, han sido sustituidos por una pseudoestepa de matorrales como el tomillo y la aulaga. También pueden encontrarse bosquetes de repoblación de pino resinero. En los roquedos de los cantiles han enraizado comunidades rupícolas como el lírio amarillo. Sobre las laderas y terrazas inferiores quedan restos de bosque de ribera formados por sauces, fresnos, álamos, olmos y alisos, junto con los matorrales acompañantes característicos, tales como escaramujos, zarzas y espinos.

En los altos farallones rocosos que culminan las hoces anidan casi 250 parejas de buitres leonados, acompañados de un buen número de alimoches, águilas reales, halcones peregrinos, ratoneros y cernícalos, acompañados de colonias de grajillas, chova piquirroja y vencejo.

En la parte superior habitan especies como el tejón, garduña, comadreja, zorro, liebre, conejo y varias especies de murciélago.

Entre los anfibios, las especies más representativas son la rana común, el sapo partero y el común. También se encuentran reptiles del tipo del lagarto ocelado, lagartija colilarga, culebra bastarda y viperina.

Al interés y belleza del paisaje hay que añadir su gran riqueza arqueológica e histórica, de la que son muestras la ermita románica de San Frutos, cuevas con grabados de la Edad del Bronce, y el conjunto arquitectónico de Sepúlveda.

### 5.3.2.3. VALLE Y SALINAS DEL SALADO

Esta zona ha sido declarada recientemente como Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de la Directiva 79/404/CEE, a propuesta de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, pasando a formar parte de la Lista Nacional de Lugares, de acuerdo con la Directiva hábitats.

La traza del futuro canal se sitúa cercana, a una distancia mínima del orden de 700 m, aunque fuera del área incluida en la declaración de ZEPA, lo que implica que las afecciones podrían producirse durante la fase de obras y serán las que ya se han indicado para otros espacios declarados ZEPA cercanos a la traza, como los Arribes del Duero y las Hoces del río Duratón.

### 5.3.2.4. BARRANCO DEL DULCE

El trazado de la conducción prevista atraviesa esta zona que recientemente ha sido declarada Zona de Especial Protección (ZEPA), al amparo de la Directiva 79/404/CEE, discurriendo dentro de sus límites a lo largo de 10 km aproximadamente, con tramos de sifón, acueducto, túnel y canal. Por tanto, deberán realizarse los estudios de detalle precisos para determinar la viabilidad o no del mantenimiento del trazado. En principio resultaría aconsejable estudiar su desvío.

En la figura siguiente se reflejan todas las afecciones señaladas para esta transferencia.

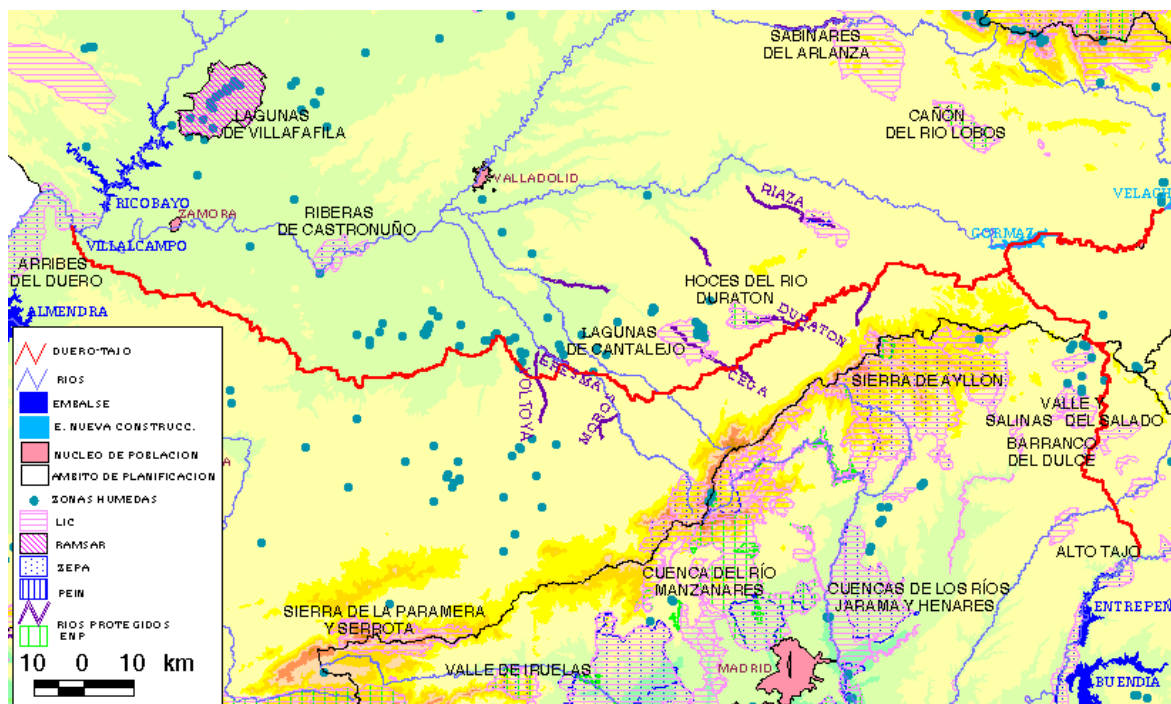


Figura 18. Transferencias Alto Duero-Bolarque y Bajo Duero-Bolarque

### 5.3.3. ANÁLISIS DE AFECCIONES Y POSIBLES MODIFICACIONES DE TRAZADO.

La transferencia propuesta puede producir afecciones directas sobre los tramos de los ríos Voltoya, Eresma, Cega y Duratón protegidos por la Directiva 78/659/CEE, si bien, el impacto producido sobre ellos no resultaría grave y se limitaría a la fase de obras.

Mención aparte merece la posible afección a los complejos de lagunas y humedales en los alrededores de los ríos Voltoya y Eresma. Estos enclaves se encuentran protegidos de forma estricta por el Decreto 194/1994 de 25 de agosto de la Junta de Castilla y León. Una vez definido y representado su perímetro podrá analizarse mediante los estudios pertinentes en la evaluación de impacto ambiental si es admisible o no el trazado propuesto.

La traza propuesta también afecta de forma directa a la ZEPA Barranco del Dulce, introduciéndose en su ámbito territorial. Con la información disponible el único espacio natural protegido actualmente declarado como tal, y que se ve afectado directamente, es la ZEPA de El Barranco del Dulce y lo mismo sucede en lo que se refiere a los espacios incluidos en la Lista Nacional de lugares, por lo que analizaremos este caso con algún mayor detalle.

Evitar por completo la afección puede ser factible, pero requiere modificaciones sustanciales de la traza en un tramo del orden de 10 km. En la solución inicial la conducción cruza el río Dulce perpendicularmente a su cauce mediante un sifón elevado y pasa a discurrir por su margen izquierda, atravesando el espacio protegido, hasta abandonarlo en las inmediaciones del núcleo de Mirabueno. La cota del canal en esta zona es la 1060 aproximadamente.

Para evitar penetrar en la ZEPA sería necesario discurrir por la margen derecha hasta poco aguas arriba del núcleo de Mandayona y después atravesar el río para enlazar con la conducción inicial a la altura de Mirabueno.

Sin embargo, la topografía de la margen derecha sólo permite discurrir en el entorno de la cota 1060 aproximadamente la mitad de la distancia necesaria, perdiendo altura después rápidamente. A continuación sería preciso disponer o bien un canal elevado hasta llegar al punto de cruce indicado o bien un sifón. Serían varios kilómetros de longitud con esta tipología hasta cruzar el río y enlazar con la solución inicial. Esta alternativa requiere estudios geológicos detallados por la presencia de materiales yesíferos en el entorno, y es sin duda más costosa por la variación de tipología estructural.

Otra posibilidad que no eliminaría por completo la interferencia pero la reduciría exclusivamente al cruce del río y a la fase de obras en el resto de la traza, sería construir un túnel de unos 10 km de longitud que enlazara la salida del sifón de cruce del cauce con la traza prevista a la altura de Mirabueno. Puede ser de coste igual o superior a la alternativa anterior y requiere también estudios geológicos adicionales. En la figura siguiente se refleja un detalle de la traza en el que puede apreciarse la intersección con el Barranco del Dulce.

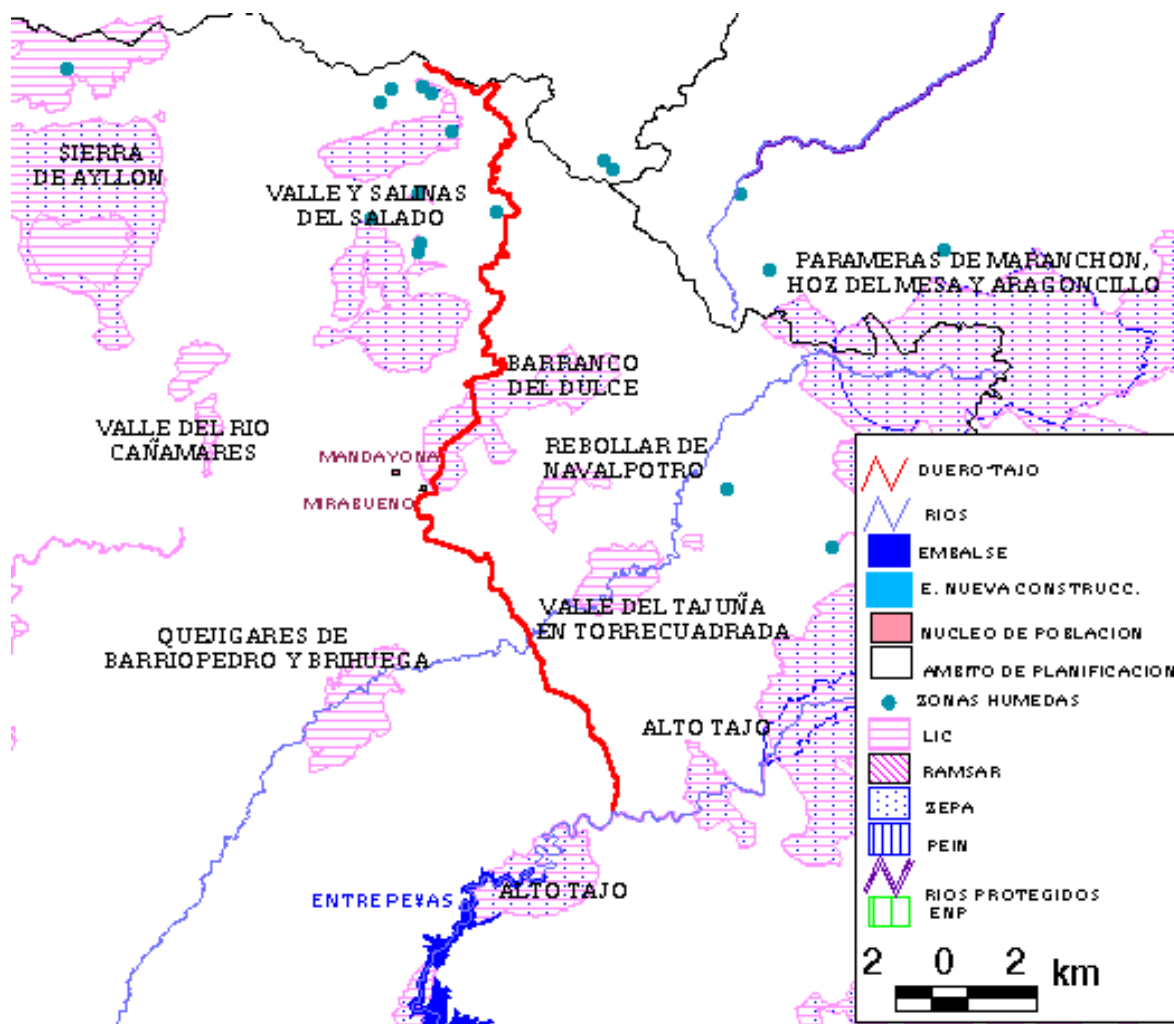


Figura 19. Transferencia Duero-Tajo. Detalle del Barranco del Dulce.

En definitiva, pueden arbitrarse medidas que, modificando el trazado sin comprometer en principio la viabilidad del tramo, eviten totalmente o reduzcan considerablemente los efectos sobre la ZEPA. Las variaciones que originarían en la valoración de la traza incluida en el Anejo de costes podrían ser importantes para el tramo, pero poco significativas en el balance económico final.

Por último, se deberá prestar especial atención a aquellas ZEPAS que, sin ser afectadas de forma directa por la construcción de la conducción, se localizan cercanas a ella, de forma que la afección indirecta sobre la fauna, en especial sobre las aves de la zona, pueda resultar significativa.

#### 5.3.4. CONCLUSIONES

La transferencia propuesta puede producir afecciones directas sobre los tramos de los ríos Voltoya, Eresma, Cega y Duratón protegidos por la Directiva 78/659/CEE. El impacto sobre ellos no resultaría grave y se limitaría a la fase de obras, debiéndose adoptar todas las medidas preventivas necesarias, a detallar en estudios



posteriores, que minimizaran al máximo todos los impactos posibles producidos en esta fase y los de la explotación.

Mención aparte merece la posible afección a los complejos de lagunas y humedales en los alrededores de los ríos Voltoya y Eresma, protegidos por el Decreto 194/1994 de 25 de agosto de la Junta de Castilla y León. Una vez definido y representado su perímetro podrá analizarse mediante los estudios pertinentes en la evaluación de impacto ambiental si es admisible o no el trazado propuesto.

Con la información disponible, el único espacio natural protegido actualmente declarado como tal, y que se ve afectado directamente, es la ZEPA de El Barranco del Dulce y lo mismo sucede en lo que se refiere a los espacios incluidos en la Lista nacional de lugares. Pueden arbitrarse medidas que, modificando el trazado sin comprometer en principio la viabilidad del tramo, eviten totalmente o reduzcan considerablemente los efectos sobre la ZEPA. La valoración de la traza incluida en el Anejo de costes podrían ser importantes para el tramo, pero poco significativas en el balance económico final. Estas u otras medidas deberán ser detalladas en los Es. I.A. para evitar significativas afecciones

Debe prestarse especial atención a aquellas ZEPAS que, sin ser afectadas de forma directa por la construcción de la conducción, están próximas a ella, de forma que la afección indirecta sobre la fauna, en especial sobre las aves de la zona, pueda resultar significativa.

#### **5.4. TRANSFERENCIAS TAJO-ATS**

Dentro de este epígrafe se analizan tanto la transferencia Jarama-Bolarque, que aporta recursos a la cabecera del ATS, como las que enlazan el Tajo medio con el ATS a la altura de La Roda. Dentro de estas últimas se engloban la transferencia Tiétar-La Roda y las que tiene su origen en el propio Tajo en el embalse de Azután o en Toledo.

##### **5.4.1. TRANSFERENCIA JARAMA-BOLARQUE**

Este trasvase Jarama-Bolarque tiene por objeto aportar recursos del río Jarama a la cabecera del ATS, en el embalse de Bolarque.

La transferencia propuesta pasa a unos tres kilómetros de la Laguna de las Esteras, en el término municipal de Colmenar de Oreja, que se encuentra protegida en la actualidad, al estar incluida en el catálogo de Embalses y Humedales de la Comunidad de Madrid, aprobado por Acuerdo de 10 de Octubre del 91 del Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid, en desarrollo de la Ley 7/1991, de junio de protección de embalses y zonas húmedas de la Comunidad de Madrid. Al no disponerse de las poligonales precisas que conforman esta laguna y su zona de protección, no se puede conocer la afección que la construcción y explotación del canal puede tener sobre ella, aunque en principio, dada la distancia a la que se encuentra no son previsibles afecciones directas, debiendo las indirectas evaluarse en los correspondientes Es.I.A.

#### **5.4.1.1. ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES**

Los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares susceptibles de ser afectados por la traza son los enumerados seguidamente.

- Vegas, Cuestas y Páramos del Sureste. Esta zona de gran extensión coincide en su mayoría con el Parque Regional de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama y con el espacio y ZEPA denominado Parque Regional del Sureste. También incluye la ZEPA Carrizales y Sotos de Aranjuez. La traza propuesta no afecta de forma directa a ninguno de los territorios que conforma este espacio, si bien deberán ser estudiadas con especial detalle las posibles afecciones que a los mismos pueda generar la construcción y explotación del trasvase propuesto.
- Yesares del Valle del Tajo. Los límites de esta área se encuentran próximos a la futura conducción, aunque a una distancia suficiente para que, en principio, no se vean afectados por el trasvase.
- Sierra de Altomira. Este espacio también está declarado Zona de Especial Protección para las Aves, y se analiza en un epígrafe posterior.

#### **5.4.1.2. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

Esta transferencia puede afectar a tres espacios protegidos, tal y como se describe en los próximos epígrafes.

##### **5.4.1.2.1. Cursos bajos del Manzanares y el Jarama**

La Ley 6/1994, de 28 de junio, declara este espacio Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama. Con fecha 3 de Marzo de 1999 se publicó el Decreto 27/1999, de 11 de Febrero por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama. Este espacio también está considerado como Zona de Especial Protección para las Aves con la denominación “Cortados y Cantiles de los Ríos Manzanares y Jarama”, al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE.

El canal de conducción arranca en los límites meridionales de este espacio protegido, en concreto desde el río Jarama. El azud de toma coincide prácticamente con el contorno del Parque y de la ZEPA, pudiendo desplazarse hacia aguas abajo para distanciarse más de él. En principio, las afecciones de carácter ambiental pueden originarse en la fase de obras, debiendo extremarse los cuidados durante la misma para no afectar al espacio. En cualquier caso, en el Es.I.A. que se realice deberán determinarse con precisión los impactos, junto con las medidas correctoras a los mismos, que la construcción y explotación de este canal pueda producir.

Esta zona se sitúa en el sureste del área metropolitana de Madrid, considerando como enclave central la confluencia de los ríos Jarama y Manzanares. Constituye un área cuya calidad ambiental está definida por los contrastes que supone la coexistencia de zonas de alto valor ecológico, paleontológico y arqueológico con la degradación producida por la actividad industrial, la inadecuada explotación de los recursos y los factores derivados de su carácter periurbano.

Esta área engloba parte de las vegas de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama, los cantiles que las rodean, las cuevas yesíferas del Sur de Madrid y las vertientes terciarias de campos cerealistas y olivares al Este de Pinto y Getafe, así como las zonas de plataforma caliza, con desarrollo de encinares y coscojares, que se extienden en la parte superior de la vertiente izquierda del río Jarama.

En el territorio se entremezclan los usos agrícolas, forestales, residenciales, industriales, de reserva ecológica y de ocio. Comprende una superficie de alrededor de 300 km<sup>2</sup>, que corresponde a 16 términos municipales, todos de la provincia de Madrid.

#### **5.4.1.2.2. Carrizales y sotos de Aranjuez**

Esta zona está declarada como Zona de Especial Protección para las Aves por las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE.

En este espacio se conjugan gran número de especies de flora y fauna de indudable riqueza. En estos sotos de ribera se pueden encontrar avetoros y aguiluchos laguneros, especies de aves emblemáticas y legalmente protegidas. También destaca la presencia frecuente de garzas, martinetes, ánades, patos, galápagos, torcaces, perdices, codornices, liebres y conejos.

La traza del canal propuesta pasa al Norte de este espacio, sin penetrar nunca en él, por la margen derecha del río Tajo. La distancia mínima al contorno es de 200 m, aunque en general la separación es muy superior, por lo que, en principio, su construcción y explotación podría producir alteraciones ambientales de intensidad variable, que se deberán estudiar con detalle, en su caso, en fases posteriores.

#### **5.4.1.2.3. Sierra de Altomira**

Este espacio de gran extensión está declarado Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE.

Puede verse afectado en dos zonas. La primera es el curso del río Tajo, que forma parte del área propuesta como LIC y como ZEPA. Aunque en ningún momento la conducción atraviesa el cauce, ésta se localiza en las inmediaciones de su margen derecha a lo largo de varios kilómetros, estando especialmente próxima en unos 3 km de su recorrido, con distancias mínimas del orden de 100 m en algunos puntos. Esta situación puede llevar consigo afecciones de intensidad variable en el medio físico y biótico que conforman el río y sus riberas. En consecuencia, se recomienda el desplazamiento de la conducción alejándola del eje del cauce.

La segunda zona de afección aparece al final del tramo, cuando atraviesa el contorno de la Sierra de Altomira para verter las aguas al embalse de Bolarque, si bien lo hace con un túnel de 900 m, que no transcurre en su totalidad bajo el espacio, por lo que, en principio, y a falta de estudios de detalle, solo son previsibles alteraciones en la fase de construcción.

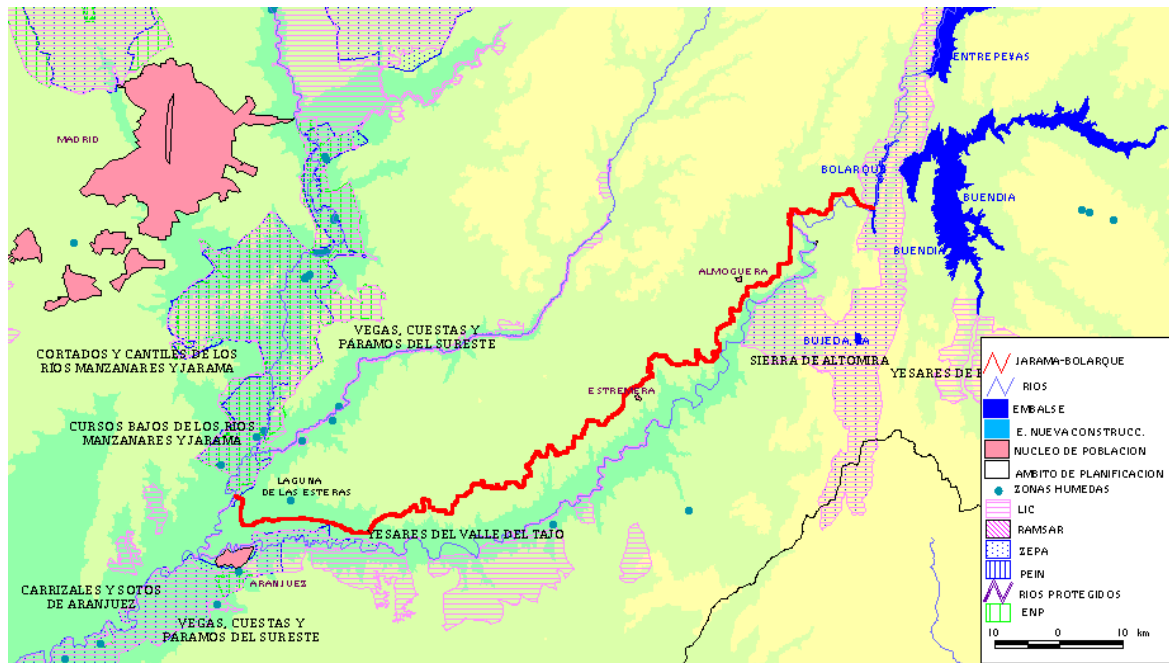


Figura 20. Transferencia Jarama-Bolarque

### 5.4.1.3. CONCLUSIONES

El único espacio natural protegido actualmente declarado como tal y que se ve afectado directamente es la ZEPA de la Sierra de Altomira, si bien es atravesado en túnel, por lo que la afección se vería reducida, caso de existir, a la fase de construcción. También es la única zona incluida en la Lista Nacional de lugares directamente afectada.

Como posible afección indirecta que deberá ser evaluada con detalle cabe destacar la que podría producir la traza a la misma ZEPA a lo largo de varios kilómetros en los que discurre paralelamente y muy próxima a su contorno en la margen derecha del Tajo.

Asimismo, podría resultar importante la afección indirecta a los Sotos y Carrizales de Aranjuez, especialmente si no se adoptan medidas preventivas durante la fase de construcción y de explotación, fundamentalmente las relacionadas con la permeabilidad del territorio.

### 5.4.2. TRANSFERENCIAS DESDE EL TAJO MEDIO

Como ya se ha indicado, en este epígrafe se engloban tanto la transferencia Tiétar-La Roda como las que derivan desde el propio Tajo en Azután o en Toledo. Puesto que las dos últimas comparten el trazado de la primera desde Azután o desde Alcázar

de San Juan, se analiza ésta con detalle en primer lugar, para considerar después los restantes orígenes.

La traza de la conducción Tiétar-ATS atraviesa de forma perpendicular mediante acueducto un tramo de río protegido por la Directiva 78/659/CEE, el río Estena, afluente del río Guadiana en su margen derecha, y catalogado como ciprinícola. Las afecciones potenciales ya han sido descritas anteriormente para cualquier río protegido que resulte atravesado por la conducción.

#### **5.4.2.1. TRANSFERENCIA TIÉTAR-LA RODA**

Esta alternativa prevé el embalse de Uso, de nueva construcción sobre el río del mismo nombre, como elemento de regulación intermedia. Por tanto, deberá ser objeto del estudio de impacto correspondiente de acuerdo con la legislación vigente en materia ambiental para analizar su viabilidad desde este punto de vista. Únicamente cabe señalar aquí que no se superpone a ningún espacio protegido.

##### **5.4.2.1.1. Espacios incluidos en la lista nacional de lugares**

Los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares que pueden verse afectados por este trazado son los siguientes.

- Sierras de San Vicente y Valles del Tiétar y Alberche (\*). Este espacio, aunque es mucho más amplio, se corresponde con la ZEPA denominada Valle del Tiétar, Embalses de Rosarito y Navalcán, a la que se dedica un epígrafe posterior. La conducción atraviesa esta zona, tanto por el área declarada como ZEPA como por la que sólo está definida como LIC.
- Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas, también declarado Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE, con el mismo nombre, espacio al que también se hace referencia en un epígrafe posterior.
- Montes de Toledo (\*). Esta zona de gran extensión definida como LIC incluye el Parque Nacional de Cabañeros y éste, a su vez, incluye a la ZEPA, de menor extensión que el Parque, pero que recibe el mismo nombre, y que se analizará más adelante. La zona definida como LIC es cruzada por la traza de la conducción en dos puntos: en un arroyo que está incluido en el LIC Montes de Toledo y que conecta con el LIC de Estena, y en el río Estena que, como en el caso anterior, conecta ambos LIC's y también está incluido en Montes de Toledo. Por otra parte, la conducción continua bordeando este espacio durante gran parte de su trazado, de forma que las afecciones pueden ser relevantes en el resto de la traza, sobre todo en el caso de las zonas que también están declaradas como Parque Nacional y ZEPA.
- Estena (\*). Con este nombre se designa un área donde queda incluido el río Estena, que es un río protegido. La conducción atraviesa esta zona, por lo que debe considerarse la viabilidad de medidas correctoras o la modificación del trazado.

- Sierra de Picón. La situación de este espacio respecto a la traza de la conducción hace suponer que no hay afecciones de forma directa, ya que la conducción discurre a unos dos kilómetros y medio de sus límites. En los Es.I.A. que se realicen posteriormente deberán estudiarse en profundidad posibles afecciones indirectas.
- Navas de Malagón. Se trata de un conjunto de tres lagunas temporales. El trazado del canal se aproxima mucho a la delimitación de este espacio, de forma que podría llegar a afectarle, siendo necesario su estudio detallado, al discurrir a una distancia mínima del orden de 100 m..
- Tablas de Daimiel. Este espacio queda incluido en el Parque Nacional del mismo nombre. También recibe otras clasificaciones, según puede verse en el epígrafe específico dedicado a este espacio.
- Humedales de la Mancha. Toda esta zona está declarada ZEPA, y recibe el mismo nombre. Engloba un gran número de zonas húmedas, lagunas, charcas, etc. de las que muchas tienen figura de protección legal. Entre ellas se encuentran las Lagunas del Camino de Villafranca y la Laguna de las Yegüas, protegidas como Refugio de Fauna por la Comunidad de Castilla-La Mancha. Estas dos lagunas están incluidas en la Lista de humedales RAMSAR con el nombre de Lagunas de Alcázar de San Juan. En esta lista RAMSAR también se encuentran la Laguna de Manjavacas y la Laguna del Pueblo, localizadas dentro de los límites que delimitan la Mancha Húmeda. Estas zonas, junto a las lagunas de Ruidera, conforman una extensa superficie de más de 25.000 ha, declarada como Reserva de la Biosfera, dentro del Programa Man & Biosphere de la Unesco. Teniendo en cuenta su gran complejidad e importancia, y que la transferencia que se está analizando la afecta directamente, se le dedica un epígrafe específico con el título Mancha Húmeda.

#### **5.4.2.1.2. Espacios naturales protegidos**

Por otra parte, este trasvase puede afectar de una forma directa o indirecta a los siguientes espacios o enclaves protegidos.

##### **5.4.2.1.2.1. Valle del Tiétar, embalses de Rosarito y Navalcán**

Esta zona declarada Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de las Directivas 79/409/CEE y Directiva 91/244/CEE, está incluida en el espacio definido como LIC Sierras de San Vicente y Valles del Tiétar y Alberche.

El Embalse de Navalcán, sobre el río Guayerbas, afluente del Tiétar por su margen izquierda, también está protegido como Refugio de Fauna según el Decreto 12/1996, de 22 de enero, de la Comunidad de Castilla-La Mancha.

La traza de la conducción atraviesa de Norte a Sur esta zona, cruzando la cola del embalse de Navalcán mediante un acueducto. La longitud comprendida dentro del espacio es superior a los 30 km. Puesto que el área está protegida como ZEPA, se pueden producir graves afecciones que han sido indicadas en otros trasvases para este tipo de espacios.

#### **5.4.2.1.2.2. Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas**

Esta zona ha sido declarada recientemente Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE, y coincide exactamente con la delimitación definida como LIC que recibe el mismo nombre.

La conducción atraviesa esta zona protegida a lo largo de 7 km aproximadamente. Al igual que en el caso anterior, debido a que se pueden producir graves afecciones es necesario su estudio detallado y, en su caso, el desplazamiento de la traza de la conducción de forma que no afecte a su superficie.

#### **5.4.2.1.2.3. Embalse de Azután**

Este embalse sobre el río Tajo está protegido como Refugio de Fauna según el Decreto 11/1996, de 22 de enero, de la Comunidad de Castilla La Mancha, por lo que está prohibida la caza de forma permanente (art.51 de la Ley 2/1993, de caza, de Castilla-La Mancha), aunque en sus aguas se permite la pesca. La finalidad del embalse es la producción de energía eléctrica.

El trasvase lo atraviesa mediante un acueducto. Al estar declarada como refugio de fauna, las disposiciones legales se refieren a las actividades cinegéticas, sin embargo, las obras de construcción y la presencia de la infraestructura, generarán impactos de magnitud variable, que podrían tener una fuerte incidencia sobre el espacio y las especies cinegéticas que en él se encuentran. Por tanto, en principio parecería deseable no atravesar este espacio, si bien teniendo en cuenta que la conducción discurre en acueducto sobre un puente ya existente perteneciente a la traza del ferrocarril Talavera-Villanueva de la Serena, sobre el que nunca llegaron a tenderse las vías, la afección se minimizaría incluso en la fase de construcción.

#### **5.4.2.1.2.4. Cabañeros**

Parque Nacional, según la Ley 33/1995, de 20 de noviembre, de declaración del Parque Nacional de Cabañeros. Se encuentra catalogado como Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE.

La alternativa de trazado del canal adoptada como óptima bordea este espacio natural por el Sur, discurriendo a una distancia mínima de 350 m de su perímetro en un punto de su trazado. Al tratarse de un Parque Nacional, resultaría aconsejable alejar la traza del mismo todo lo posible, y estudiar detalladamente las posibles afecciones al Parque en los Es. I. A. que se realicen.

El espacio comprende una amplia superficie de los Montes de Toledo, al Norte de la provincia de Ciudad Real.

Este área presenta un excepcional estado de conservación, y en ella se pueden distinguir dos zonas. La primera es una raña constituida por una extensa llanura, de unos 15 km de longitud en sentido Este-Oeste y, la segunda está representada por los montes que corren paralelos entre sí y al eje longitudinal de la raña.

En el parque se conjugan el paisaje mediterráneo, con sus bosques esclerófilos y aromáticos matorrales, con pequeños enclaves de vegetación atlántica. Fisionómicamente se pueden distinguir tres grandes unidades: bosques (encinares y

alcornocales con quejigos, melojares y formaciones de ribera), matorrales (jarales y jaral-brezales) y formaciones herbáceas de pastizal, tanto vivaces como anuales.

La fauna de Cabañeros, desde los invertebrados a las más conocidas aves, está integrada por comunidades cuyos elementos principales son típicos mediterráneos, encontrándose uno de ellos, el águila imperial, incluido entre las siete especies de aves rapaces más amenazadas del mundo. El buitre negro, el de mayor envergadura de la fauna europea, es el necrófago por excelencia del monte mediterráneo.

Dentro de la fauna cabe destacar además de las ya citadas, otras especies como el ciervo, el jabalí, junto con el zorro, el gato montés, el meloncillo, la ginetá y el tejón.

Como aves más significativas cabe destacar la cigüeña blanca, el milano negro, el águila calzada, culebrera y real. Una población de avutardas subsiste en la gran raña o llanura central.

Las especies de peces presentes son el jarabugo, los barbos, el cachuelo, la boga, la pardilla, el calandino y la colmilleja.

Los bosques riparios son muy variados y se pueden distinguir: las fresnedas dominadas por el fresno y el tamujo, las alisedas formadas por el aliso acompañado de fresnos y sauces y los abedulares formados por abedules, acebos, arraclanes y loros. Aparecen poblaciones de plantas carnívoras como la *drosea rotundifolia* y la *pinguicula lusitanica*.

En relación a la fauna pueden añadirse especies como el corzo, la liebre y el conejo, éste último en una población más escasa, y el lince.

En cuanto a las aves, además de las ya citadas cabe destacar el sisón, la avutarda, la cigüeña negra, el águila culebrera, el águila real, la coballa rubia, el águila calzada y el alcaraván.

En lo referente a los reptiles, el más amenazado es el galápago europeo. También hay que citar la presencia del galápago leproso, el lagarto acelado, el verdinegro, la salamandra, la lagartija ibérica, la lagartija colilarga, la salamanquesa común, el eslizón ibérico, la víbora y culebras como la culebra de herradura, escalera, bastarda, de collar, viperina y la culebrilla ciega.

En cuanto a los anfibios cabe destacar la presencia de especies como el sapo partero ibérico, el tritón verdinegro, el sapillo pintojo ibérico, el sapo de espuelas, el sapo corredor, el sapo común o escuerzo, la ranita meridional y la rana común.

#### **5.4.2.1.2.5. Tablas de Daimiel**

Declarado Parque Nacional según el Decreto 1874/1973, de 28 de junio, está incluido en la Red Estatal de Parques Nacionales, según la Ley 25/1980, de 3 de mayo, de reclasificación del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y Ley 4/1989, de 27 de marzo.

Una zona dentro del Parque Nacional está declarada Zona de Especial Protección para las Aves al amparo de las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE. Al mismo tiempo está incluida en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio Ramsar.



También está incluida en la Red Internacional de Reservas de la Biosfera del Programa Man & Biosphere de la UNESCO, formando parte del área denominada Mancha Húmeda, a la que se dedica un epígrafe posterior.

El trazado del canal discurre muy cerca de los límites de este espacio, existiendo una distancia mínima de unos 500 m. La influencia que puede ejercer sobre él será significativa, no sólo por las afecciones que se pueden producir sobre una ZEPA cercana, sino en el propio Parque Nacional. Sería conveniente, en la medida de lo posible, alejar la traza de la conducción de los límites del espacio para evitar este tipo de alteración.

Las Tablas de Daimiel están situadas en la provincia de Ciudad Real, en los términos municipales de Daimiel y Villarrubia de los Ojos, en la confluencia de los ríos Cigüela y Guadiana.

Se trata de una amplia región salpicada de lagunas endorreicas, zonas de desbordamientos de los ríos Guadiana, Cigüela, Záncara y Riansares y emergencias de aguas subterráneas del acuífero subyacente, en la actualidad sobreexplotado, y cuya situación se describe en el correspondiente Anejo del sistema hídrico del Guadiana.

Es un paraje propicio a las aves acuáticas, cubierto de almarjales. Tiene especial importancia la tupida vegetación palustre de la zona. Básicamente Las Tablas se forman con el agua procedente de dos ríos, el Cigüela y el Guadiana. A su vez, están formadas por decenas de lagunas y otros encharcamientos, algunos de ellos en proceso de desaparición.

Al contrario de otras muchas lagunas manchegas, en Las Tablas de Daimiel la abundancia de la vegetación palustre constituye uno de los rasgos paisajísticos más característicos. La asociación vegetal abundante que rodea todo el parque es el marjal de carrizo, carrizal o pajonal palustre. La especie dominante es el carrizo, al que frecuentemente se asocian las eneas o espadañas, los juncos garliteros y las castañuelas.

Otra formación importante son sus masiegales o masegares. El fondo de los tablares aparece tapizado por extensas praderas de plantas sumergidas de diferentes especies, aunque los géneros dominantes son *Chara* y *Potamogeton*. En las orillas de los tablares y sobre las islas crece una vegetación halófila formada por diversas especies entre las que destaca el calamino salado y el calamino dulce.

La única especie arbórea del Parque Nacional es el taray, especie que se adapta perfectamente a los suelos salinos y salitrosos predominantes en el parque.

En cuanto a la fauna, existe una fauna sedentaria, presente en el parque durante todo el año, y una avifauna migradora, que utiliza este área como zona de nidificación o únicamente como reposadero y lugar de paso o descanso. En la actualidad ha desaparecido el cangrejo de río y el voraz lucio, especie que tanto daño causó a otras como barbos, carpas, cahuelos y lampreillas.

Conviene destacar las especies presentes de anuros, como la ranita verde, la rana común, el escuerzo o sapo común y dos especies de culebras de agua, *Natrix natrix* y

*Natrix maura*, así como la culebra bastarda, culebra de escalera, galápago europeo y galápago leproso.

Entre los mamíferos destaca por encima de todos la nutria, pero también se puede encontrar alguna que otra especie de turón y de comadreja.

La población de zorros en los últimos años se ha incrementado notablemente en el área protegida. Otro hecho notable es la proliferación de jabalíes.

Dentro de la avifauna autóctona se encuentra el aguilucho lagunero, las fochas comunes y las pollas de agua. Entre los patos es el ánade real o azulón, el ánade friso, el arisco y escasísimo porrón pardo, el porrón común, el zampullín cuellinegro y el martín pescador. Entre las paseriformes destacan el pequeño buitrón, la buscarla unicolor y el escribano palustre.

Entre las ánatidas destacan los patos cuchara, los ánades rabudos, las cercetas comunes, el porrón bastardo, el porrón moñudo y los patos colorados, así como los ánades silbones.

Entre las limícolas están presentes la agachadiza común, el archibebe común, avefrías, el chorlito dorado, el combatiente y el zarapito real. En los últimos años se ha citado la presencia de ejemplares de moritos o de flamencos e incluso de malvasías. En algunos casos aislados se han visto especies de águila pescadora o bandos de grullas. Por último, citar la presencia de agujas colinegras, de ánsares comunes y de avetoros.

#### **5.4.2.1.2.6. Lagunas del Camino de Villafranca, Las Yeguas y de Alcázar de San Juan**

Se trata de una serie de lagunas protegidas como Refugio de Fauna por la Comunidad de Castilla-La Mancha según el Decreto 128/88, de 10 de octubre y otras disposiciones legales que se citan a continuación. Esta figura de protección se aplica a partir de la publicación de la Ley 2/93, de 15 de julio, de caza de Castilla-La Mancha (art. 51 y Disposición Adicional Segunda).

La Orden de 12 de junio de 1996 de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente acuerda el inicio del expediente para la aprobación de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales de veintiocho humedales de Castilla-La Mancha, entre ellos la Laguna del Camino de Villafranca y Laguna de las Yeguas, cercana a ésta.

La Orden 11 de febrero de 1999 acuerda la ampliación de la zona afectada por el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Lagunas del Camino de Villafranca y de las Yeguas, ambas en el término municipal de Alcázar de San Juan, Ciudad Real.

Con fecha 19 de octubre de 1999 el Decreto 214 aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Lagunas del Camino de Villafranca, Las Yeguas y las Lagunas de Alcázar de San Juan (de las que forman parte las dos anteriores).

En la Lista de Lugares de importancia Nacional, que pasarán a definirse como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), el área denominada Humedales de la Mancha engloba todas estas lagunas o charcas, y coincide exactamente con la extensión de la ZEPA que recibe el mismo nombre.

Estas zonas húmedas están incluidas en la Red Internacional de Reservas de la Biosfera por el Programa Man & Biosphere de la UNESCO, declarada en 1980, con el nombre de Mancha Húmeda, junto con otros humedales de la llanura de La Mancha, como se comenta en el siguiente epígrafe.

Esta zona también se incluye en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio Ramsar que reciben el nombre de Lagunas de Alcázar de San Juan.

#### **5.4.2.1.2.7. Mancha Húmeda**

En este epígrafe se describe una zona de gran importancia desde el punto de vista de la conservación del medio natural a nivel regional, nacional e internacional.

Con el nombre de la Mancha Húmeda se designa a un área que incluye a todas las zonas húmedas de la llanura de La Mancha, pertenecientes a la Red Internacional de Reservas de la Biosfera dentro del Programa Man & Biosphere de la Unesco, con una superficie total de 25.000 ha. Sin embargo los límites de la Reserva de la Biosfera no se encuentran definidos cartográficamente, por lo que no se han representado en la figura correspondiente. Además, la inclusión de un espacio como Reserva de la Biosfera, es un acto voluntario de cada Gobierno, que no supone en sí mismo la adopción de medidas específicas de conservación. Sin embargo, dentro del territorio abarcado por la Reserva de la Biosfera se encuentran una serie de espacios con protección legal de distinto rango, que van desde el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, hasta las Lagunas de Ruidera, incluyendo Las Navas de Malagón, las lagunas del camino de Villafranca, las Yeguas y de Alcázar de San Juan, etc.

Dentro de la Mancha Húmeda, en la Lista de Lugares de Importancia Comunitaria se delimitan unas zonas denominadas Humedales de la Mancha, que engloban un gran número de zonas húmedas: charcones, navas, etc. Todas estas zonas también están declaradas Zonas de Especial Protección para las Aves, y reciben el mismo nombre, Humedales de La Mancha. La conducción del trasvase afecta de forma directa a alguna de ellas. Este hecho podría solventarse desplazando la traza de la conducción, sin embargo, sería muy difícil evitar afecciones directas por la construcción y explotación de la infraestructura dentro de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda.

Al mismo tiempo, algunas de las zonas húmedas que forman parte de los Humedales de La Mancha tienen figura de protección legal. En concreto las Lagunas del Camino de Villafranca y la Laguna de las Yeguas están protegidas como Refugio de Fauna por la Comunidad de Castilla-La Mancha. Estas dos lagunas están incluidas en la Lista de humedales RAMSAR con el nombre de Lagunas de Alcázar de San Juan.

Cabe señalar que las carreteras de la zona discurren en la actualidad muy próximas a algunas de estas lagunas, llegando incluso a atravesarlas en algún caso. Por tanto, podrían aprovecharse estos corredores existentes para minimizar o anular la perturbación ocasionada por la traza del trasvase.

Otras lagunas incluidas en la Lista RAMSAR, dentro de los Humedales de La Mancha, son la Laguna de Manjavacas y la Laguna del Pueblo, todas ellas afectadas directamente por la traza de la conducción. En un principio se recomendaría, por

razones de conservación del medio natural y de tipo legal, desplazar la traza de la conducción de forma que no se afecte a las citadas lagunas, pero el condicionante estaría representado nuevamente por la delimitación de la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda. En cualquier caso, deberán estudiarse detenidamente, en fases posteriores, las líneas apuntadas en este epígrafe, con objeto de definir con claridad las limitaciones, en cuanto a usos que supone la figura de Reserva de la Biosfera.

En la figura siguiente puede verse la traza completa de la alternativa y su interferencia con los espacios indicados.

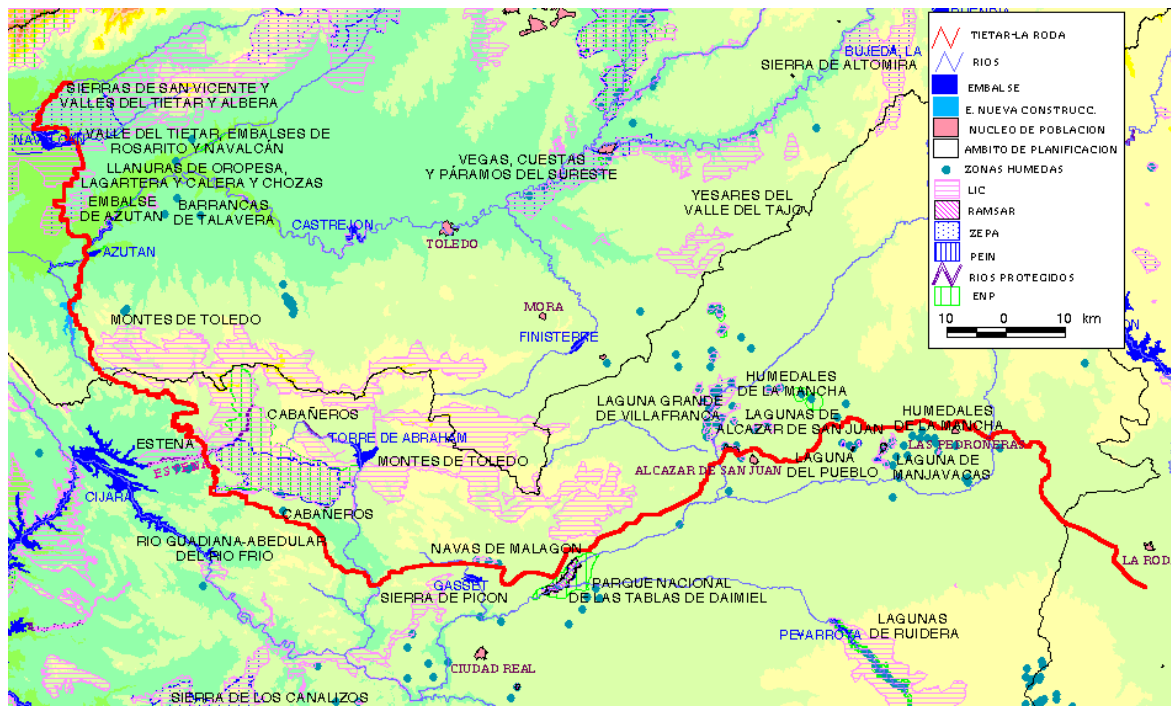


Figura 21. Transferencia Tiétar-La Roda

#### 5.4.2.1.3. Análisis de afecciones y posibles modificaciones de trazado

Al final de este epígrafe se incluye una figura en la que pueden verse las interferencias con espacios naturales a lo largo de toda la traza. Los espacios naturales protegidos actualmente declarados como tales que se ven afectados directamente son la ZEPA del Valle del Tiétar y la de las Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas. La afección a la primera es inevitable, puesto que el río Tiétar, origen de la transferencia, constituye el límite Norte del espacio y el destino se encuentra al Sur del mismo. La longitud de interferencia es superior a los 30 km y es difícilmente reducible. La afección a la segunda ZEPA es más fácil de minimizar, al tratarse de un terreno relativamente poco movido, pero requiere modificaciones muy importantes de la traza. Estas primeras afecciones se evitarían situando el punto de toma en el Alberche en vez de en el Tiétar. En la figura siguiente se refleja la afección a estos espacios.

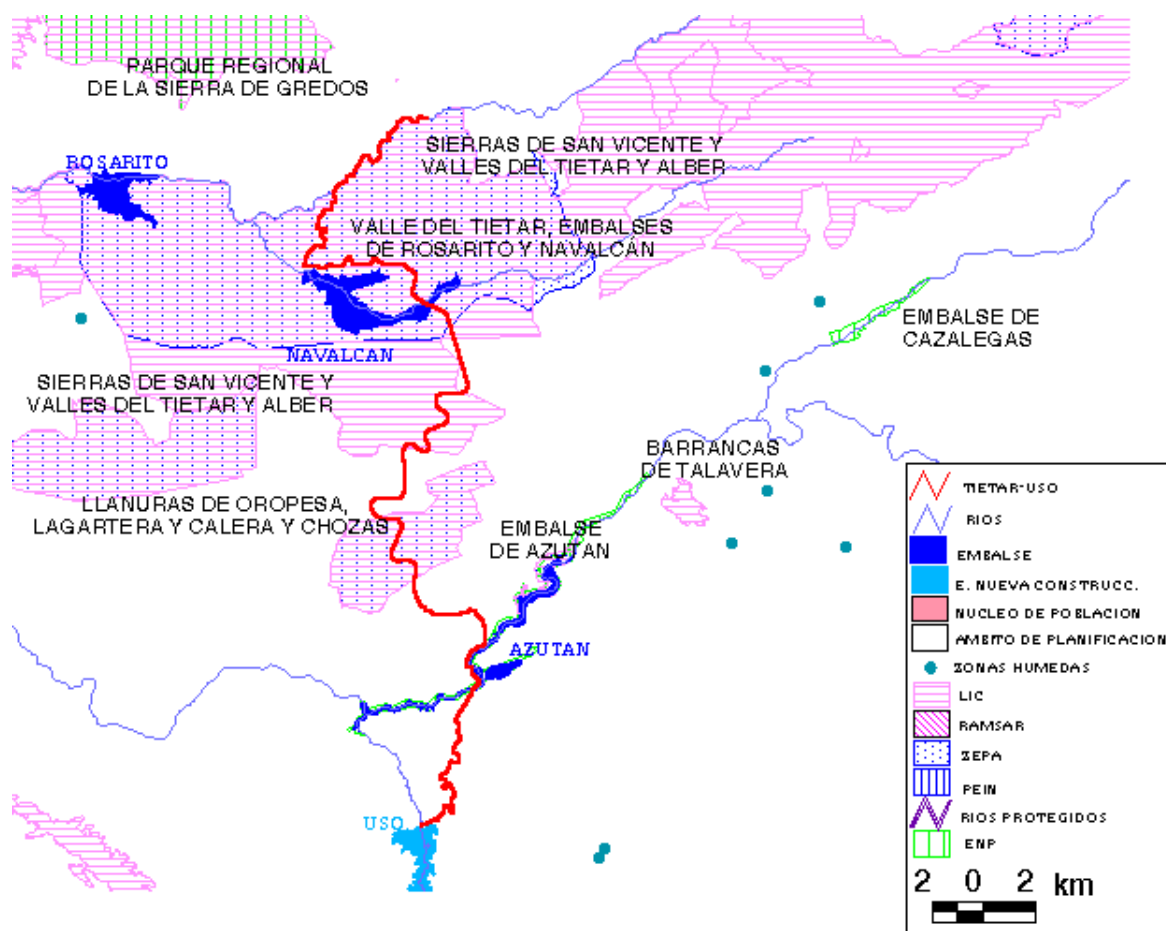


Figura 22. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle entre el Tiétar y el embalse de Uso

A su vez, se atraviesan a lo largo de toda la traza numerosos espacios propuestos dentro de la Lista Nacional de Lugares para ser declarados como LIC. Entre ellos se encuentran, además de los dos ya indicados como espacios naturales protegidos, el de Estena y el de Montes de Toledo, si bien la longitud de interferencia es reducida. La mayor parte de ellos, salvo estos dos últimos, se encuentran en la llanura de La Mancha, por lo que el trazado sería fácilmente adaptable para evitar afectar directamente a las distintas zonas húmedas. Sin embargo, es inevitable atravesar el conjunto de la zona calificada como reserva de la Biosfera, si bien no es factible evaluar la afección, puesto que no está determinado el perímetro físico ni se conocen los condicionantes de esta clasificación. Estas afecciones no podrían evitarse variando el punto de toma del Tiétar al Alberche.

Igualmente, con independencia del punto de toma, la traza discurre muy próxima al Parque Nacional de Cabañeros (distancia mínima de 350 m), aunque sin intersectarlo.

En las figuras siguientes se reflejan los tramos entre el embalse de Uso y La Roda en los que pueden apreciarse con más claridad las interferencias antes señaladas.

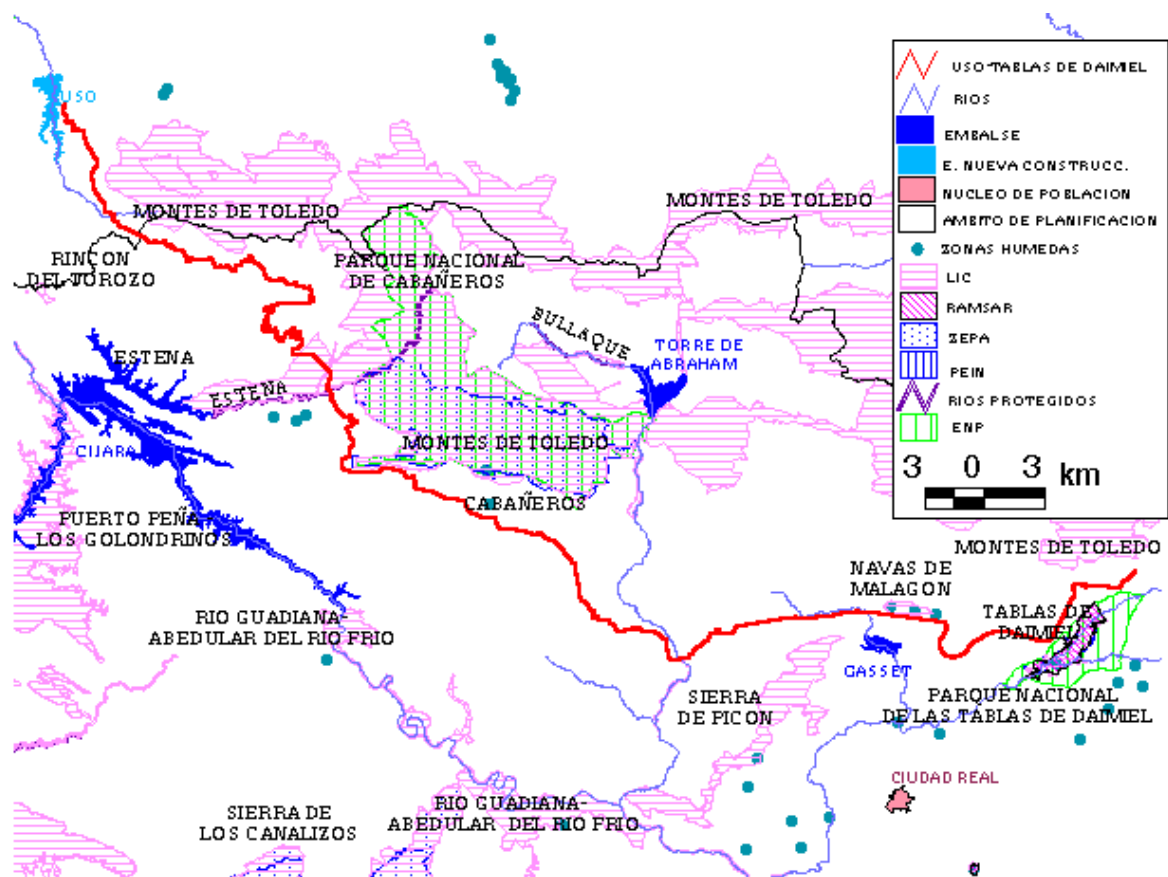


Figura 23. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle entre el embalse de Uso y Las Tablas de Daimiel

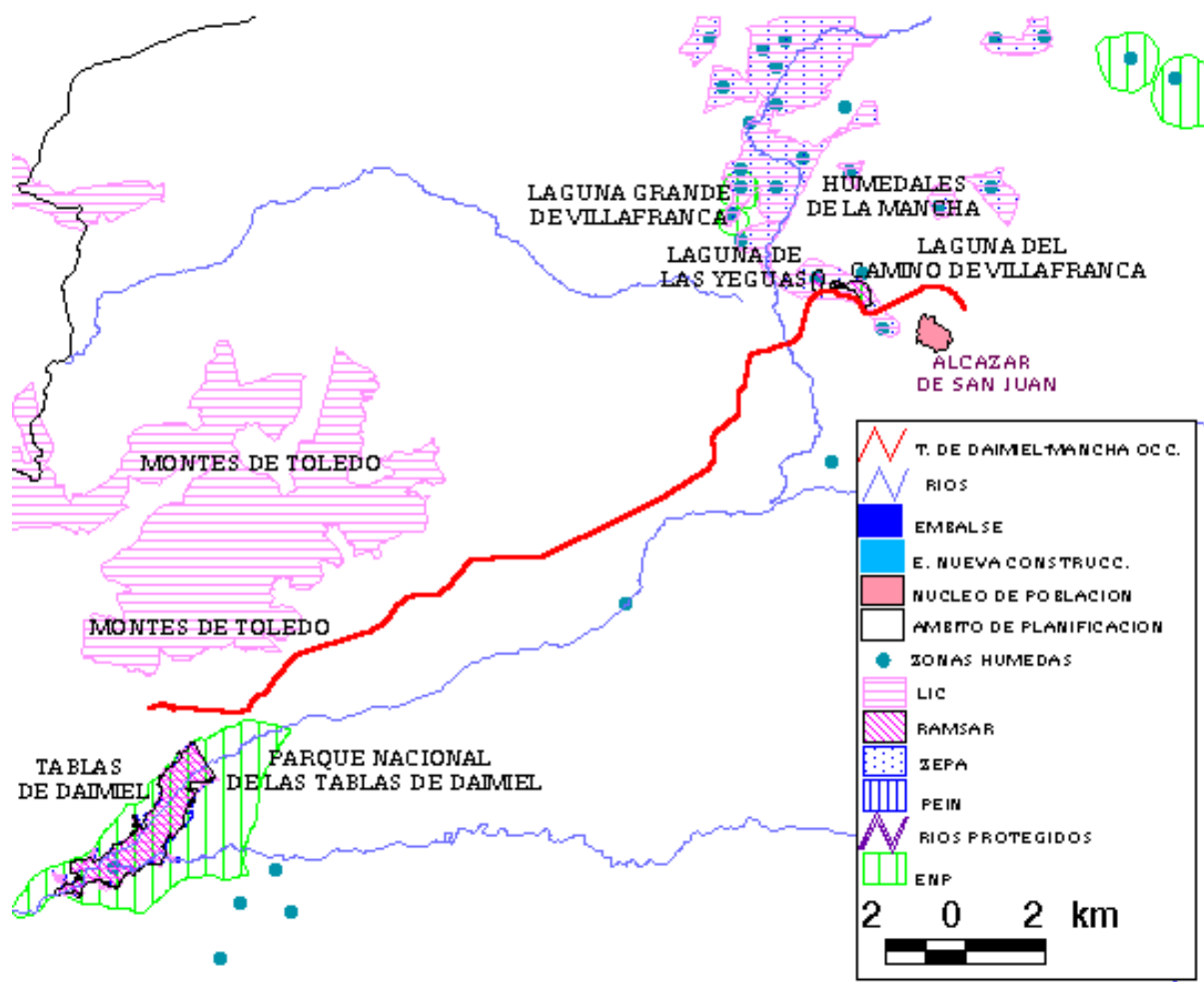


Figura 24. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle Daimiel-Mancha Occidental.

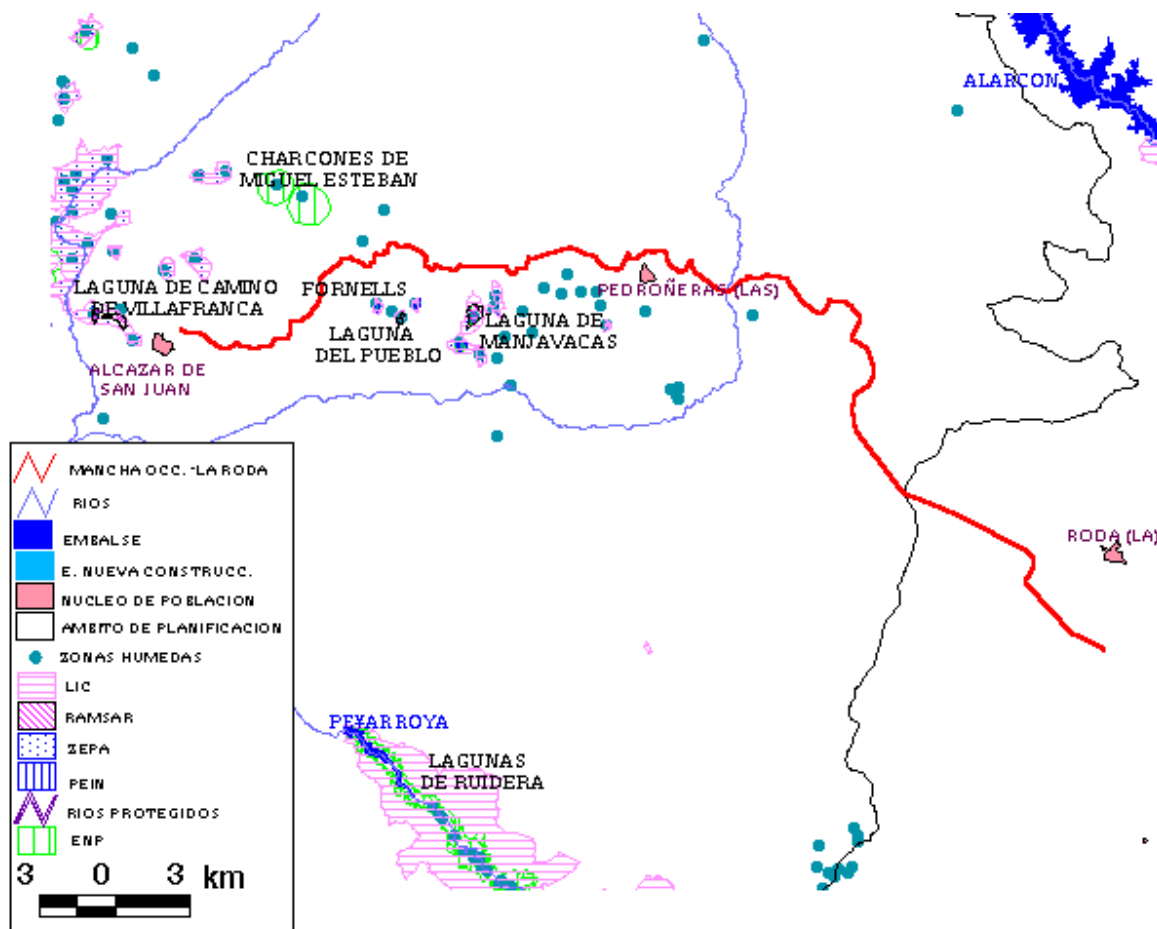


Figura 25. Transferencia Tiétar-La Roda. Detalle Mancha Occidental-La Roda

#### 5.4.2.1.4. Conclusiones

En definitiva, los espacios atravesados de forma directa por la traza son: la zona LIC de Sierras de San Vicente y Valles del Tiétar y Alberche, que incluye la ZEPA denominada Valle del Tiétar, Embalses de Rosarito y Navalcán; la zona LIC y ZEPA Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas; la zona LIC de Estena; la zona LIC de Montes de Toledo al atravesar el río Estena y el arroyo afluente por su margen derecha, ambos incluidos en el LIC mencionado; el LIC Navas de Malagón y el LIC Humedales de la Mancha, donde la traza propuesta afecta de forma directa la zona Ramsar denominada Lagunas de Alcazar de San Juan. Por último, gran parte de la traza propuesta atraviesa el territorio donde se encuentra la Reserva de la Biosfera de la Mancha Húmeda. De forma indirecta, la traza propuesta pasa cercana a espacios de gran valor de conservación, como el Parque Nacional de Cabañeros, El Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y los distintos humedales situados entre los ríos Záncara y Gigüela.

Considerando el número e importancia de espacios con posible afección, cabe esperar que el conjunto de impactos directos e indirectos sobre estos espacios sea significativo y, presumiblemente, crítico. Ello exige que, en su caso, se aborden previamente los necesarios estudios específicos de detalle antes de continuar su desarrollo.



#### **5.4.2.2. TRANSFERENCIAS CON ORIGEN EN EL PROPIO TAJO**

Los posibles puntos de toma son el embalse de Azután y el Tajo a su paso por Toledo.

La conducción desde el embalse de Azután coincide en todo en cuanto a trazado con la de la alternativa Tiétar-la Roda una vez que se ha cruzado el embalse. Por tanto es más favorable desde el punto de vista medioambiental, puesto que elimina las afecciones originadas por el tramo comprendido entre la derivación del Tiétar y el embalse sobre el Tajo. Persisten, sin embargo, todas las interferencias existentes aguas abajo de la elevación que toma de Azután. Prevé, en principio, el embalse de Uso y atraviesa el Estena, río protegido.

Los espacios afectados o susceptibles de serlo incluidos en la Lista Nacional de Lugares, son los mismos que en la alternativa Tiétar-La Roda antes analizada a partir del embalse de Azután. Se enumeran a continuación, remitiendo a los epígrafes anteriores para una información más detallada: Montes de Toledo (\*), Estena (\*), Sierra de Picón, Navas de Malagón, Tablas de Daimiel y Humedales de La Mancha.

En cuanto a los espacios naturales protegidos, los afectados directa o indirectamente, todos ellos recogidos ya en la alternativa Tiétar-La Roda, son los siguientes: embalse de Azután, que puede verse mínimamente afectado por la construcción de la elevación de toma en su margen izquierda, parques nacionales de Cabañeros y Tablas de Daimiel, Lagunas del Camino de Villafranca, Las Yeguas y de Alcázar de San Juan, y la zona de la Mancha Húmeda.

Cabe efectuar las mismas consideraciones en lo que al análisis de las afecciones y a las modificaciones de trazado se refiere que en la alternativa Tiétar-La Roda.

La alternativa que deriva desde el Tajo unos 5 km aguas abajo de Toledo, introduce un tramo nuevo entre Toledo y Alcázar de San Juan respecto a las dos anteriores, coincidiendo con ellas a partir de este núcleo manchego. La figura adjunta muestra su trazado y los espacios próximos.

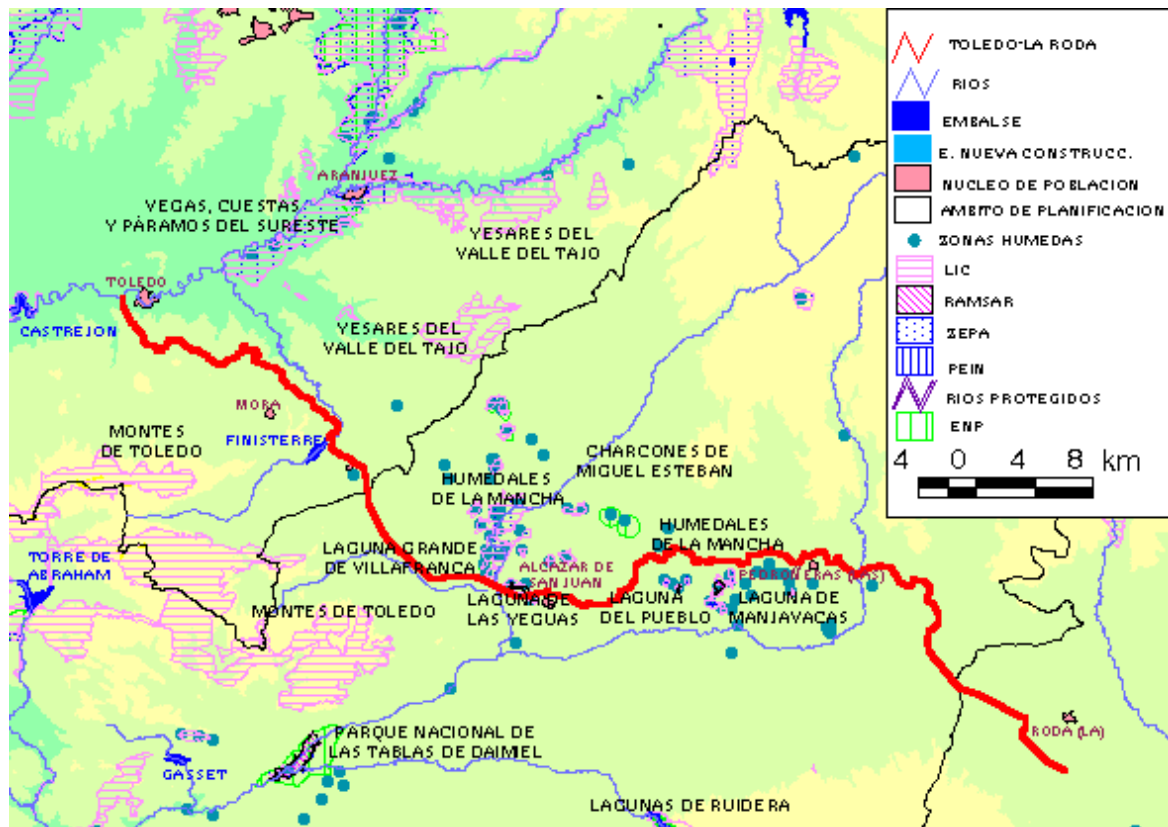


Figura 26. Transferencia Tajo en Toledo- La Roda

Esta alternativa no prevé, a diferencia de las dos anteriores, la construcción de ningún nuevo embalse, puesto que emplea para regulación intermedia el de Finisterre, ya existente, en el río Algodor. Entre Toledo y Finisterre, con la información disponible, no se intersecta espacio natural alguno, ni de los incluidos en la Lista Nacional de Lugares ni de los actualmente protegidos.

Entre el embalse de Finisterre y Alcázar de San Juan, tampoco existen, en principio afecciones a espacio alguno. Cabe señalar, sin embargo, que la traza discurre próxima al humedal de la Laguna de Turleque, si bien la distancia parece suficiente para no afectarla, una vez conocido el perímetro de protección deberá analizarse si existe alguna afección o no. La parte final del tramo, al aproximarse a Alcázar de San Juan para enlazar con la traza que parte del Tiétar o de Azután, afecta a los mismos espacios que está última en el entorno del núcleo urbano. Igualmente, aguas abajo de Alcázar, la afección coincide con la originada por la alternativa Tiétar o Azután-La Roda, puesto que comparten el trazado.

En resumen, el único espacio incluido en la Lista Nacional de Lugares afectados por la alternativa Toledo-La Roda es el de Humedales de La Mancha. Los espacios naturales protegidos actualmente susceptibles de ser afectados son el humedal de la Laguna de Turleque, Lagunas del Camino de Villafranca, Las Yeguas y de Alcázar de San Juan, y la zona de la Mancha Húmeda. Se trata en definitiva de afecciones a las zonas húmedas de La Mancha exclusivamente.

### 5.4.2.3. CONCLUSIONES

A la vista de lo anteriormente expuesto, cabe concluir que cualquiera de las dos alternativas que derivan del Tajo, bien en Azután o bien en Toledo afectan a un menor número de espacios que la que comienza en el río Tiétar.

Derivar en Azután supone evitar la afección a la ZEPA del Valle del Tiétar, embalses de Navalcán y Rosarito, inevitable en el caso de partir del Tiétar, así como a las Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas. Sin embargo, se mantienen dificultades ambientales difícilmente soslayables, debido a la proximidad a la que se discurre de los parques nacionales de Cabañeros y Tablas de Daimiel así como a otros espacios protegidos actualmente como las Lagunas del Camino de Villafranca, Las Yeguas y de Alcázar de San Juan, y la zona de la Mancha Húmeda. Igualmente se atraviesan espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares como los Montes de Toledo, Estena o los Humedales de La Mancha.

Es definitiva, derivar desde Azután es ambientalmente más favorable que hacerlo desde el Tiétar, pero sigue existiendo un número muy significativo de afecciones.

Derivar desde Toledo permite reducir las afecciones anteriores a las relativas a la Mancha Húmeda y no requiere además nuevos embalses para regulación intermedia. Esta alternativa es entonces, en principio, la que menores afecciones a espacios naturales originaría de las que captan recursos en el Tajo medio. Cabe recordar que por tratarse de la llanura manchega, las afecciones puntuales pueden evitarse con pequeñas modificaciones de trazado o minimizarse aprovechando corredores asociados a carreteras existentes. Sin embargo, es inevitable al igual que partiendo de Azután o del Tiétar, atravesar el conjunto de la zona calificada como reserva de la Biosfera, si bien no es factible evaluar la afección, puesto que no está determinado el perímetro físico ni se conocen los condicionantes de esta clasificación.

## 5.5. DISTRIBUCIÓN AL SURESTE

Bajo este epígrafe se engloban una serie de conducciones y trasvases, algunos ya existentes, que permiten la comunicación hidráulica y flujo de caudales entre las cuencas del Júcar, Segura y Sur. Muchas de estas conducciones no constituyen un trasvase propiamente dicho, por discurrir en su totalidad dentro de un mismo ámbito de planificación hidrológica. Sin embargo, permiten la distribución de los volúmenes destinados al Sureste procedentes bien del Ebro o bien del ATS, con posible origen en las cuencas del Duero, Ebro, Tajo o incluso del propio Júcar.

Se analizan en este epígrafe, desde el punto de vista de la afección a espacios naturales, los siguientes trasvases y conducciones de nueva construcción: Júcar-Vinalopó, Villena-Altiplano murciano, Talave-Altiplano murciano, Canal Alto de la Margen Derecha, canal costero Cartagena-Almanzora, y canal costero Almanzora-Almería.

En la conducción Júcar-Vinalopó, ya en desarrollo, se prevé un embalse de nueva construcción, el embalse de Sochantre, cerca de Villena, sin impactos adversos previsibles.

### **5.5.1. ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES**

En cuanto a los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares que serán afectados por cada una de las trazas de nueva construcción, cabe reseñar las siguientes circunstancias.

#### **5.5.1.1. CONDUCCIÓN JÚCAR-VINALOPÓ**

La traza propuesta para la conducción Júcar-Vinalopó, que parte del río Júcar para acabar en el embalse de Sochantre, afecta de forma directa al siguiente espacio incluido dentro de la Lista Nacional de Lugares:

- Sierras Martes, del Ave y del Carballón. Se ve afectado al ser atravesado mediante la construcción de una tubería de impulsión, que enlaza la estación de bombeo de toma del embalse de Cortes con el depósito regulador de cabecera. La longitud de tubería que queda dentro del perímetro de este espacio es de unos 500 m. Esta afección no se produciría si se utilizara la impulsión ya existente de Cortes-La Muela, ubicada dentro del espacio.

#### **5.5.1.2. CONDUCCIÓN TALAVE-ALTIPLANO**

La traza de la conducción Talave-Altiplano, prevista en tubería a presión enterrada, afecta directa o indirectamente a los siguientes espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares:

- Sierra de El Carche. La conducción discurre cercana al límite Norte de este espacio, de forma que, en principio, no se producirán afecciones directas al lugar, puesto que la distancia mínima es del orden de 1 km.
- Saladares de Cordobilla y Agramon. Es atravesado por la traza de la conducción. Se trata de un espacio distribuido longitudinalmente en torno a la Rambla de Minateda, cuyo cauce es atravesado perpendicularmente por la tubería, intersectando este espacio a lo largo de 150 m. Debe estudiarse con detalle esta posible afección.
- Sierra Seca y Sierra de los Donceles. La conducción atraviesa este espacio por su zona Norte. Discurre por el interior del espacio, prácticamente superpuesta a su contorno, a lo largo de unos 6 km y lo atraviesa claramente a lo largo de 1,5 km. Como en el caso anterior, debe estudiarse con detalle esta posible afección.

### 5.5.1.3. CANAL ALTO DE LA MARGEN DERECHA

La traza propuesta para el Canal alto de la margen derecha afecta directamente a los siguientes espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares:

- Sierras y Vega Alta del Segura y Río Benamor. La conducción atraviesa este espacio en dirección Oeste-Este a lo largo de 21 km aproximadamente, de los cuales 600 m discurre en sifón y el resto en canal a cielo abierto, con un trazado paralelo al río Segura. Debe reconsiderarse este trazado y estudiar con detalle sus posibles impactos y alternativas. Dentro de este espacio se sitúa también el ramal de conexión con el embalse de Quípar.
- Sierra de Ricote-La Navela. Este espacio se ve afectado por la conducción en su zona oriental. La traza lo atraviesa en más de una ocasión, al igual que lo hace el canal principal de la margen derecha del Postravase Tajo-Segura, ya existente y en explotación desde la década de los ochenta, así como el Canal del Taibilla, que data de la primera mitad de siglo.

La primera interferencia consiste en el cruce del río Benamor y en parte del recorrido por su margen derecha, a lo largo de 1,5 km aproximadamente, en canal a cielo abierto.

La segunda corresponde a un tramo de canal de 1,5 km aproximadamente y el resto en túnel y tubería forzada. Esta última está destinada a un salto que vierte al azud de Ojós.

La tercera es de unos 4,5 km, fundamentalmente en canal.

Como en el caso anterior, debe estudiarse esta afección con el mayor detalle, reconsiderando, en su caso, el trazado propuesto.

### 5.5.1.4. CONDUCCIÓN ALMANZORA-ALMERÍA

La traza propuesta de la conducción Almanzora-Almería, que parte del embalse de Cuevas de Almanzora, afecta de forma directa a los siguientes espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares:

- Sierra de Cabrera-Bedar. La conducción la atraviesa en dirección Norte-Sur a lo largo de 23 km. De ellos, 9,5 km son en túnel, 6 km en sifón y los restantes 7,5 km en canal a cielo abierto.
- Karst en yesos de Sorbas. Es afectado puntualmente en su extremo más oriental, pudiendo evitarse con un mínimo desplazamiento de la traza. Está declarado actualmente como paraje natural y se analiza posteriormente.
- Cabo de Gata-Níjar. Es también parque natural y ZEPA, por lo que se analiza con detalle más adelante. Es afectado directamente por la conducción, que queda dentro de sus límites a lo largo de 1,5 km de los cuales 0,4 km discurren en túnel, 0,7 km en sifón y el resto en canal a cielo abierto.
- Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra Alhamí. Son atravesadas en dos ocasiones por la traza en dirección Este-Oeste. La conducción se desarrolla dentro de sus límites a lo largo de 6,5 km en la primera intersección y 7 km en la

segunda. Se trata de una combinación de tramos en canal a cielo abierto y sifón a partes iguales aproximadamente.

- Sierra de Gador y Enix. Este espacio es afectado en su parte suroriental, discurriendo la conducción muy próxima a su contorno pero por el interior a lo largo de 20 km, que constituyen una sucesión de tramos en sifón y canal a cielo abierto a lo largo de un terreno muy accidentado.

### **5.5.2. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

Por otra parte, los espacios naturales situados en el entorno de las trazas propuestas son los descritos en los epígrafes siguientes.

#### **5.5.2.1. PITÓN VOLCÁNICO DE CANCARIX**

El Decreto 103/1998, de 3 de noviembre, declara Monumento Natural el Pitón Volcánico de Cancarix, en el término municipal de Hellín, provincia de Albacete.

La conducción que parte del embalse del Talave, en este caso una tubería enterrada a lo largo de todo el trazado, discurre prácticamente por el límite Norte del área protegida. Las afecciones pueden ser importantes debido a esta cercanía, si bien se verán reducidas por la tipología estructural adoptada, puesto que, presumiblemente, el mayor interés del espacio sea el paisajístico, requiriéndose al respecto estudios de mayor detalle.

#### **5.5.2.2. BARRANCOS DE GÉBAR**

El Decreto 13/1995, de 31 de marzo, de la Comunidad Autónoma de Murcia, declara este espacio natural Paisaje Protegido. El P.O.R.N. que le afecta se incluye dentro del correspondiente al Parque Regional de Sierra Espuña, que se encuentra muy cerca del área analizada.

El Canal Alto de la margen derecha penetra en ese espacio en su tramo final a lo largo de 1 km durante el que discurre en tubería forzada para turbinación, a través de la cual se vierte al embalse de Algeciras. Al pie de la tubería se instalaría un aprovechamiento hidroeléctrico.

La afección paisajística podría minimizarse enterrando la tubería y las líneas eléctricas todo el tramo que se considerase necesario. Para dilucidar otras posibles afecciones es necesario desarrollar estudios de detalle.

Los Barrancos de Gébar se localizan en la provincia de Murcia, dentro de los términos municipales de Alhama de Murcia y Librilla. Dentro de su perímetro se encuentra la presa de la Rambla de Algeciras y su límite oriental es casi coincidente con el canal principal de la margen derecha del postravase Tajo-Segura, que atraviesa ligeramente los límites de protección en algunos puntos. Ambas infraestructuras son anteriores a la declaración como espacio protegido.

Se trata de una zona esteparia de interés por la singularidad e integridad de sus ecosistemas y también por sus características geomorfológicas.

Desde este punto de vista destacan las importantes formaciones de “Bad-lands”, procesos típicamente fluviales en sistemas de ladera de suave relieve y sobre materiales margosos. Asociado a estas formaciones se hallan los suelos halomorfos originados por procesos de salinización en los fondos de los cauces.

Dentro de la vegetación destacan las comunidades incluidas en los tipos de hábitats prioritarios de interés comunitario, caso de las estepas yesosas y las formaciones subestépicas de gramíneas y anuales.

El interés faunístico del espacio, aunque limitado, se debe a las especies esteparias que pueblan la zona.

### **5.5.2.3. KARST EN YESOS DE SORBAS**

Este espacio está declarado Paraje Natural según la Ley 2/1989, de 18 de julio de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Está situado en la provincia de Almería y representa una superficie de 2.375 ha de zona karstica.

El trazado de la conducción Almanzora-Almería propuesta afecta al límite oriental de este espacio protegido. Se trata de una interferencia puntual en la que un sifón es prácticamente tangente al perímetro de protección. Puede evitarse desplazando ligeramente hacia el Este la traza.

### **5.5.2.4. CABO DE GATA-NÍJAR**

Es Parque Natural según Decreto 314/1987 de 23 de diciembre de la Junta de Andalucía y Espacio de Especial Protección para las Aves según las Directivas 79/409/CEE y 91/244/CEE, y coincide con la delimitación definida como LIC con el mismo nombre.

La traza propuesta de la conducción afecta al límite nororiental del Parque Natural. Ya se ha indicado que la longitud comprendida dentro del perímetro del espacio es de sólo 1,5 km. Esta interferencia puede evitarse incrementado ligeramente la longitud de un túnel y desplazándolo hacia el Este. Esta modificación no es significativa en lo que a la valoración de la alternativa incluida en el Anejo de Costes se refiere.

Se trata del primer Parque Natural marítimo-terrestre de Andalucía, incluyendo la franja costera del litoral jalonado por acantilados, calas pequeñas, extensas playas y arrecifes. Las condiciones climáticas de sequedad identifican este lugar como el enclave más árido de la Europa Occidental. Su aparente aspecto desértico encierra formas de vida animal y vegetal muy peculiares, adaptadas a extremas condiciones de aridez.

El insólito paisaje del Parque deriva de su origen volcánico, siendo la Sierra del Cabo de Gata una de las formaciones volcánicas más importante de la Península Ibérica.





### 5.5.3. ANÁLISIS DE AFECCIONES Y POSIBLES MODIFICACIONES DE TRAZADO

Las únicas conducciones de nueva construcción que afectan directamente a espacios naturales protegidos actualmente calificados como tales son el Canal Alto de la margen derecha y la conducción Almanzora-Almería.

El primero penetra en los Barrancos de Gébar un kilómetro en tubería forzada, a través de la cual se vierte al embalse de la Rambla de Algeciras. Como se ha indicado, la afección paisajística puede reducirse enterrando, todo el tramo que procediera, la tubería y las líneas eléctricas que requeriría la central. Incluso, si fuese necesario, podría suprimirse el aprovechamiento hidroeléctrico y, por tanto, la tubería forzada y las líneas, terminando la conducción antes de atravesar el límite del espacio y vertiendo directamente a través de un cauce natural al embalse de la Rambla de Algeciras. Estas alteraciones afectarían ligeramente –a la baja– la valoración económica de la conducción incluida en el Anejo, quedando del lado de la seguridad en cuanto a costes manteniéndola.

La conducción Almería-Almanzora aquí contemplada afecta al paraje natural del Karst de los yesos de Sorbas y al Parque natural Cabo de Gata-Níjar. Como ya se ha indicado, ambas afecciones son reducidas y pueden evitarse con ligeras modificaciones de trazado que no tienen gran relevancia presupuestaria.

Igualmente puede verse afectado el Pitón Volcánico de Cancarix, por cuyo límite Norte discurre la tubería enterrada Talave-Altiplano murciano. Caso de ser necesario, según determine el Es.I.A., la traza podría desplazarse hacia el Sur, rodeando el contorno del espacio por una zona de menor cota para enlazar después nuevamente con la traza inicial al pie de la Sierra de la Tienda. Por tanto, esta afección podría evitarse sin mayores dificultades.

En cuanto a espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares, las trazas que les afectan directamente son las siguientes:

- Jucar-Vinalopó: afecta a las Sierras Martes, del Ave y del Carballón, dentro de cuyo perímetro discurre la impulsión de toma.
- Talave-altiplano murciano: Saladares de Cordobilla y Agramón y Sierra Seca y Sierra de los Donceles
- Canal Alto de la margen derecha: Sierras y Vega Alta del Segura y río Benamor y Sierra de Ricote-La Navela.
- Almanzora-Almería: Sierras de Cabrera-Bédar, Karst de yesos de Sorbas, Cabo de Gata-Níjar, Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra de Alhamí y Sierras de Gador y Enix.

Todas ellas son difícilmente evitables salvo la primera, que podría obviarse utilizando la impulsión ya existente del aprovechamiento reversible Cortes-La Muela, que se ubica dentro del mismo espacio protegido. Las dos primeras conducciones discurren en tubería a través de los espacios afectados.

El Canal Alto, en cambio, penetra en longitudes muy importantes dentro de los espacios señalados y no parece viable una modificación relativamente sencilla de la traza para evitarlos, por lo que será la evaluación de impacto ambiental la que determinará o no la viabilidad de la traza propuesta. Seguidamente se analizan las posibles variaciones. En la figura siguiente se refleja exclusivamente la traza de esta conducción.



Figura 28. Canal Alto de la Margen Derecha

En principio, la única forma de evitar interferir con las Sierras y Vega Alta del Segura y río Benamor, tanto a la altura de este río como entre Calasparra y el embalse de Quípar, sería mediante dos túneles. El primero de 3,5 km de longitud y el segundo de 7 km aproximadamente, que comenzaría aguas abajo del sifón del Argos, y concluiría prácticamente en el margen izquierda del embalse de Quípar, que atravesaría después en acueducto.

En ambos casos, pero muy especialmente en el segundo, son previsibles problemas geológicos por la presencia del keuper con margas yesíferas y yesos. Por tanto, no puede garantizarse su viabilidad. El segundo túnel discurriría bajo el espacio, por lo que la afección, caso de existir, se limitaría a la fase de obras.

Una vez salvado el embalse en acueducto, comenzaría un nuevo túnel de unos 8 km que enlazaría con la traza inicialmente prevista, ya fuera de la zona protegida. Nuevamente son previsibles los mismos problemas geológicos. Este segundo túnel

no tendría influencia sobre el espacio, pues se desarrolla en todo momento fuera de su perímetro.

Si los estudios de impacto ambiental indicaran que no es admisible el trazado inicial, las modificaciones a introducir en este tramo, caso de ser viables desde el punto de vista geológico, pueden suponer una variación significativa de la valoración incluida en el Anejo de costes para este tramo (Cenajo-Ricote), puesto que sobre una longitud total de 70 km, se sustituirían 22,5 km de canal a cielo abierto por 18,5 km de túnel fundamentalmente.

Otra posibilidad que permitiría reducir la afección a este espacio al cruce del río Segura perpendicularmente a su cauce, sería discurrir por la margen izquierda del Segura aguas abajo del Túnel de los Coloreros. Una vez atravesado el río, se dispondría un tramo muy corto de canal a cielo abierto para alcanzar la vertiente Sur de la Sierra del Puerto y desde allí comenzaría un sifón cuya traza iría primero paralela a la carretera que enlaza Calasparra con Jumilla, para seguir después la que comunica Calasparra con Cieza hasta la altura del embalse de Almadenes. A partir de este momento, discurriría próxima al Segura por su margen izquierda hasta que una vez superados por el Este los límites del espacio, cruzaría el río en sifón, enlazando con la traza inicial aguas arriba de Cieza.

El principal inconveniente sería que no permite conectar con el embalse de Quípar. Supondría sustituir 48 km de la conducción inicial, mayoritariamente en canal a cielo abierto, por aproximadamente 30 km, la mayor parte de los cuales en sifón, siendo necesario, además, cruzar dos veces el Segura. Esta tipología supondría una mayor pérdida de carga, lo que reduciría o incluso podría anular el salto previsto para verter a la Rambla de Algeciras.

Esta solución no presenta, en principio los problemas geológicos de las anteriores, pero afectaría igualmente de manera sustancial a la valoración del tramo Ricote-Ojós incluida en el Anejo de costes.

En cuanto a la Sierra de Ricote-La Navela, la tubería forzada del salto que vierte al Azud de Ojós, puede desplazarse fuera de su perímetro sin problema alguno. El primer tramo que atraviesa esta Sierra en canal y túnel puede modificarse de manera que todo él transcurra en túnel, empezando y terminando fuera del futuro espacio.

La segunda interferencia con el espacio puede evitarse sustituyendo la traza actual por un túnel de 5 km aproximadamente. Cabe destacar en todo caso que en esta zona la conducción discurre a una distancia máxima de solo 1 km del canal principal de la margen derecha del postravase Tajo-Segura, ya existente y en explotación desde la década de los ochenta. Al igual que en los casos anteriores, pero en menor medida, pueden surgir problemas geológicos por la presencia de margas yesíferas del keuper.

Las modificaciones de trazado necesarias para no afectar a la Sierra de Ricote-La Navela, no invalidarían, en principio, la valoración del tramo Ricote-Algeciras incluida en el Anejo de costes, incluso aunque hubiese que suprimir el salto a través del cual se vierte a la presa de la Rambla de Algeciras, dentro de los Barrancos de

Gébar, puesto que no se ha tenido en cuenta el beneficio producido por esta turbinación.

En el caso de la conducción Almanzora-Almería, no es factible evitar atravesar los espacios de la Sierras de Cabrera-Bédar, Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra Alhamí y Sierras de Gador y Enix. Seguidamente se analizan las posibles modificaciones de la traza para reducir las afecciones. En la figura siguiente se recoge esta conducción.

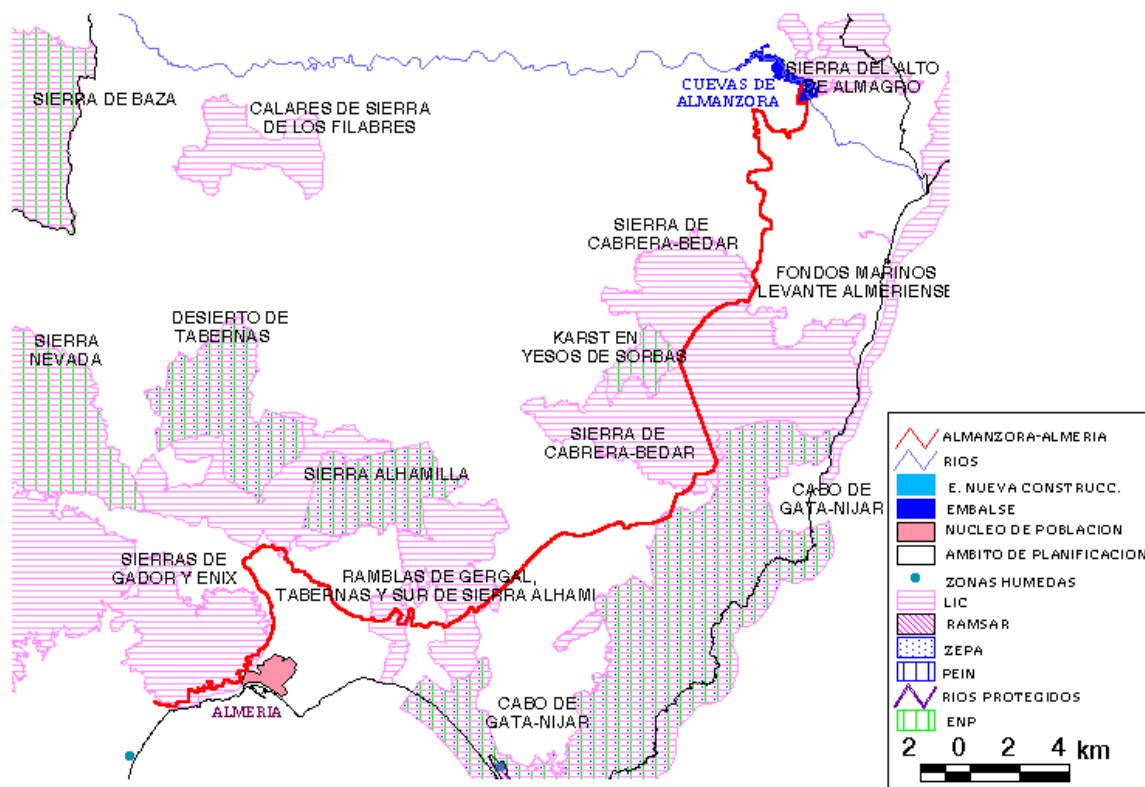


Figura 29. Conducción Almanzora-Almería

La afección a la Sierra de Cabrera- Bédar puede minimizarse y reducirse a la fase de obras. Para ello hay que disponer un túnel que comience a la altura de la población de Los Gallardos, antes de atravesar el contorno del futuro espacio protegido y termine una vez que lo haya superado, al Este del Parque Natural de Sierra de Gata.

Esta modificación puede alterar sustancialmente la valoración inicial del tramo, puesto que requiere ejecutar un túnel de aproximadamente 23 km de longitud en una zona muy compleja geológicamente. Por tanto, son necesarios estudios adicionales que garanticen su viabilidad. Se sustituirían 28 km de la traza inicial, que comprenden 11 km de túnel (distribuidos en dos de 9,5 y 1,5) y 7 km en sifón.

Tampoco es viable evitar atravesar las Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra Alhamí. La única posibilidad puede ser variar la tipología estructural, repartida inicialmente a partes aproximadamente iguales entre sifón y canal a cielo abierto.

Podría limitarse la afección a la fase de construcción o incluso evitarla por completo sustituyendo el trazado inicial por un túnel de 15 km aproximadamente. Empezaría aguas arriba del espacio y terminaría aguas abajo. Se sustituirían así 18,5 km de la

solución inicial. En este caso no son previsible graves problemas geológicos. Otra posibilidad sería que la conducción discurriera en su totalidad en tubería enterrada. Cualquiera de las dos posibilidades puede tener trascendencia presupuestaria.

Por último, la única manera de reducir la afección a la Sierra de Gador-Enix es sustituir el trazado previsto por un túnel de unos 15 km que la atraviese. Es conveniente también estudiar con cierto detalle la geología para decidir sobre la viabilidad, pues si bien las dificultades pueden no ser excesivas, se trata de una zona de contacto entre el triás y el terciario detrítico.

En definitiva, en el tramo Almanzora-Almería, la única alternativa para reducir o evitar la afección a los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares es, básicamente, reemplazar tramos a cielo abierto y en sifón por tramos en túnel. Estas variaciones, debido a la compleja geología de la zona, requieren estudios más detallados para garantizar su viabilidad. En todo caso son alteraciones significativas con respecto a la solución propuesta y exigirían reconsiderar la valoración económica del Anejo de Costes para esta conducción. Además, debido al aumento de longitud de túnel o de tubería se produciría un incremento de pérdidas de carga que podría obligar a disponer bombeos para alcanzar los puntos de destino.

Por último, cabe señalar que por resolución de 27 de diciembre de 1999, la Secretaría General de Medio Ambiente determinó que era innecesario someter al procedimiento reglado de evaluación de impacto ambiental la fase I del proyecto de conducción Almanzora-Poniente Almeriense, promovido por la Sociedad Estatal de Aguas del Sur. Como ya se ha indicado en el Anejo de Antecedentes, en dicho proyecto se define el tramo Venta del Pobre-límite del término municipal de Almería.

Se trata de un tramo de conducción principal de 18 km que no afecta a los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares, salvo quizá, muy ligeramente, en su parte final al de Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra Alhamí, terminando en sus inmediaciones. En dicha resolución también se señala que en el depósito de cabecera de este tramo de conducción “se recoge el agua que aporta la conducción procedente de la planta desaladora de Carboneras, así como la procedente del embalse de Almanzora”.

Del mismo modo, también por resolución de la Secretaría General, de 28 de febrero de 2000, se formuló declaración de impacto ambiental favorable sobre el proyecto de conducción entre la planta desaladora de Carboneras y la conducción Almería-Poniente Almeriense de la sociedad estatal Aguas de la Cuenca del Sur S.A.. En la resolución se estima que las afecciones que se pudieran generar en la fase de obras no son significativas si se aplican las medidas precautorias previstas por el promotor, y desaparecen o quedan atenuadas tras finalizar la construcción con la aplicación de las medidas establecidas en el proyecto y controladas en el Plan de Seguimiento y vigilancia, especialmente en el ámbito del Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar.

Se trata de una conducción de tubería enterrada de 1400 mm de diámetro y 19,5 km de longitud, de los cuales 6,95 km se localizan en los terrenos del Parque Natural, atravesándolo de Este a Oeste. Dentro del Parque se intersectan zonas con diversas calificaciones, correspondiendo solo 80 m a zonas calificadas como

ecosistemas excepcionales naturales, si bien en la resolución se señala que el entorno de las mismas está muy antropizado por actividades agrarias.

#### 5.5.4. CONCLUSIONES

Las únicas conducciones de nueva construcción que afectan directamente a espacios naturales protegidos actualmente calificados como tales son el Canal Alto de la margen derecha y la conducción Almería-Almanzora.

El primero penetra en los Barrancos de Gébar que constituyen un paisaje protegido. La afección paisajística puede reducirse enterrando el kilómetro de tubería forzada que se desarrolla en su interior y las líneas eléctricas que requeriría la central. Incluso, si fuese necesario, podría suprimirse el aprovechamiento hidroeléctrico, evitando penetrar en el espacio. Estas modificaciones no alterarían sustancialmente la valoración económica de la conducción incluida en el Documento de Costes.

La conducción Almería-Almanzora aquí contemplada afecta al paraje natural del Karst de los yesos de Sorbas y al Parque natural Cabo de Gata-Níjar. Ambas afecciones son reducidas y pueden evitarse con ligeras modificaciones de trazado que no tienen gran relevancia presupuestaria.

Igualmente puede verse afectado el Pitón Volcánico de Cancarix por la tubería enterrada Talave-Altiplano murciano. Caso de ser necesario, según determine el Es.I.A., podría desplazarse muy ligeramente hacia el Norte.

En cuanto a espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares, las trazas que les afectan directamente son la siguientes:

- Jucar-Vinalopó: afecta a las Sierras Martes, del Ave y del Carballón, dentro de cuyo perímetro discurre la impulsión de toma.
- Talave-altiplano murciano: Saladares de Cordobilla y Agramón y Sierra Seca y Sierra de los Donceles
- Canal Alto de la margen derecha: Sierras y Vega Alta del Segura y río Benamor y Sierra de Ricote-La Navela.
- Almanzora-Almería: Sierras de Cabrera-Bédar, Karst de yesos de Sorbas, Cabo de Gata-Níjar, Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra de Alhamí y Sierras de Gador y Enix.

Todas ellas son difícilmente evitables salvo la primera, que podría obviarse utilizando la impulsión ya existente del aprovechamiento reversible Cortes-La Muela, ubicada dentro del mismo espacio protegido. Las dos primeras conducciones discurren en tubería a través de los espacios afectados.

Minimizar las afecciones originadas por el Canal Alto y la Conducción Almería-Almanzora a los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares, requiere modificaciones muy significativas de las soluciones iniciales, que variarían sustancialmente la valoración económica incluida en el Anejo de costes y requerirían de estudios geológicos previos que confirmaran su viabilidad, debido, fundamentalmente, a la presencia del keuper yesífero. Por ello, parece conveniente

realizar estudios detallados en esta materia antes de continuar con el desarrollo de estas soluciones. En el caso de Almanzora-Almería, las recientes resoluciones producidas sugieren que las dificultades previsibles pueden ser superadas sin dificultades insalvables.

## **5.6. TRANSFERENCIA EBRO-CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA**

Las alternativas estudiadas para este trasvase son las del Bajo Ebro-Llobregat, y la del Noguera Pallaresa-Llobregat, tal y como se describe seguidamente. La posibilidad de ampliación de la conducción Ebro-Tarragona presentaría en principio muchos menos problemas que estas dos grandes alternativas básicas, por lo que no se ha considerado necesario estudiarla expresamente en este Documento.

### **5.6.1. BAJO EBRO-LLOBREGAT**

En los antecedentes de esta primera alternativa para la transferencia Ebro-Cuencas Internas de Cataluña se previó inicialmente la construcción del embalse de San Jaime, situado sobre el Anoia, afluente del Llobregat en su margen derecha, que constituiría el final del trasvase. Sin embargo, como ya se ha señalado en el Documento de descripción de transferencias, no se estima necesario disponer de regulación en destino, por lo que este punto de entrega puede sustituirse por la propia planta de Abrera, en cabeza del sistema de suministro a la red regional, suprimiendo el embalse o sustituyéndolo por balsas de regulación intermedias o en cola del trasvase. La captación se realiza en el bajo Ebro, en un azud situado aguas arriba de Amposta.

#### **5.6.1.1. ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES**

Esta transferencia afecta al siguiente espacio incluido en la Lista Nacional de Lugares, que posteriormente pasará a ser declarado como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC):

- Tivissa-Vandellos I Llaberia. Esta zona coincide con dos espacios incluidos en el Plan de Espacios de Interés Natural de la Comunidad autónoma de Cataluña (PEIN), que reciben el nombre de Muntanyes de Tivissa-Vandellós y Serra de Llaberia. La transferencia afecta directamente a esta zona, como se comenta a continuación en el epígrafe dedicado al espacio incluido en el PEIN.

#### **5.6.1.2. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

Los espacios naturales protegidos susceptibles de ser afectados son los siguientes.

#### **5.6.1.2.1. Mare de Deu de la Roca**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña.

La conducción discurre cercana a este pequeño enclave, a unos 800 metros aproximadamente, de forma que no se verá afectado directamente por ninguna de las acciones de proyecto de construcción, siempre que se adopten las medidas de prevención adecuadas.

#### **5.6.1.2.2. Muntanyes de Tivissa-Vandellós**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña.

La traza de la conducción contornea el espacio protegido, superponiéndose casi exactamente a su límite oriental a lo largo de 3 km aproximadamente y penetrando en su interior 800 m en canal a cielo abierto. Afecta directamente al espacio protegido, por lo que se requiere un estudio de detalle de los impactos esperados y sus posibles soluciones.

Las Muntanyes de Tivissa-Vandellós abarcan una superficie de algo más de 4.500 ha. De ellas, unas 1.500 ha pertenecen a Tivissa, y el resto al Baix Camp.

Se trata de un espacio representativo de las montañas calcáreas de la serranía Prelitoral. Conserva una importante representación de fauna mediterránea: reptiles, anfibios, mamíferos y especialmente coleópteros endémicos de la península.

#### **5.6.1.2.3. La Rojala-Platja del Torn**

Espacio incluido en el PEIN según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, or el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña.

La Resolución de 31 de julio de 1996, hace público el Acuerdo de 23 de julio de 1996, del Gobierno de la Generalitat, por el que se aprueba definitivamente el Plan especial de protección del medio natural y del paisaje de este enclave.

La traza de la conducción discurre a unos 600 metros de los límites de este enclave costero, por lo que no se prevén afecciones directas al espacio.

#### **5.6.1.2.4. La Plana de Sant Jordi**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña.

La conducción en canal discurre a unos 500 metros del límite de este pequeño espacio de forma que no se producirán afecciones directas sobre este enclave siempre que se establezcan las medidas de protección oportunas durante la fase de obras.



### 5.6.1.3. CONCLUSIONES

El único espacio natural protegido, actualmente declarado como tal, y que se puede ver directamente afectado, es el de las Muntanyes de Tivissa y Vandellós. Este espacio está incluido también en la Lista Nacional de Lugares.

Como ya se ha indicado, la afección es prácticamente tangencial al espacio, penetrando dentro de sus límites a lo largo de pequeños tramos que suman 800 m. Puede evitarse esta penetración disponiendo alguna obra singular. Igualmente puede separarse el trazado del contorno, desplazándolo hacia el Este en la zona en la que discurre muy próximo a él. Estas modificaciones no tienen trascendencia significativa en lo que a la valoración económica de la solución se refiere.

### 5.6.2. NOGUERA PALLARESA-LLOBREGAT

Esta segunda alternativa para el trasvase Ebro-Cuencas Internas de Cataluña realiza la captación en el embalse de Talarn y finaliza, como en el caso anterior, en el nuevo embalse de San Jaime o directamente en la planta de Abrera.

No parece afectarse a ningún espacio bajo figura legal de protección y tampoco a los incluidos en la Lista Nacional de Lugares, por lo que, en principio y a falta de estudios de detalle, es una alternativa ambientalmente favorable.

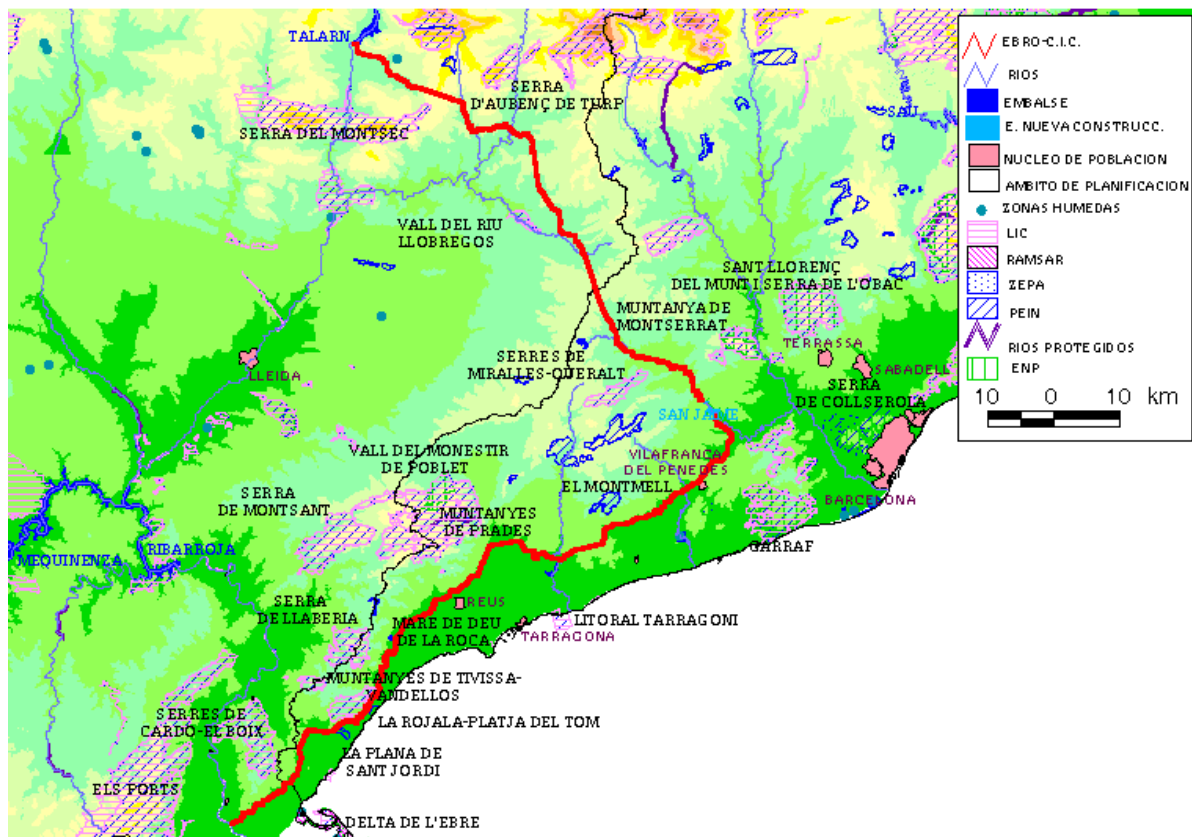


Figura 30. Transferencia Ebro-Cuencas Internas de Cataluña

### 5.6.3. CONCLUSIONES

Entre las dos alternativas propuestas para llevar a cabo la transferencia desde el Ebro a las Cuencas Internas de Cataluña, la que parte del Noguera Pallaresa hasta el Llobregat es la que produce una menor afección sobre el medio natural, ya que no parece afectar directamente a ningún espacio protegido. Por el contrario, la conducción propuesta desde el Bajo Ebro hasta el Llobregat afectaría directamente al espacio incluido en el PEIN Muntanyes de Tivissa-Vandellós, también incluido en la Lista Nacional de Lugares con el nombre Tivissa-Vandellos i Llaberia si bien, como ya se ha indicado, puede evitarse la interferencia directa con este espacio, aunque la traza continuaría discurriendo próxima a su contorno. Si finalmente se adopta tal alternativa Bajo Ebro-Llobregat, deberá estudiarse en detalle esta posible afección.

## 5.7. TRANSFERENCIA RÓDANO-BARCELONA

Esta transferencia pretende conectar el Canal del Bajo Ródano Languedoc (BRL), en territorio francés, próximo a Montpellier, con el sistema de abastecimiento a Barcelona y su área metropolitana mediante entrega de agua en la planta potabilizadora de Cardedeu.

### 5.7.1. ESPACIOS INCLUIDOS EN LA LISTA NACIONAL DE LUGARES

Sin entrar en posibles problemas ambientales en Francia, y ciñéndonos exclusivamente al territorio español, seguidamente se enumeran los espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares que pueden verse afectados por el trasvase. Cada uno de ellos se analizará en su epígrafe correspondiente por formar parte de los espacios incluidos en el PEIN.

- Massís de l'Albera. Coincide con el espacio incluido en el PEIN con el mismo nombre.
- Alta Garrotxa. Se trata de una zona de gran extensión que incluye el Parque Natural denominado Zona Volcánica de la Garrotxa, además de otros espacios del PEIN como el Massís de Les Salines, al que se hace mención más adelante.
- Estany de la Jonquera. Espacio también incluido en el PEIN con el mismo nombre.
- Les Gavarres. Sus límites coinciden con el espacio incluido en el PEIN que recibe el mismo nombre.
- Estany de Sils-Ribera de Santa Coloma. Este espacio engloba dos espacios incluidos en el PEIN que reciben el nombre de Estany de Sils, el primero y Riera de Santa Coloma, el segundo.
- Massís del Montseny. Comprende tanto el Parque Natural Montseny, declarado también Reserva de la Biosfera con el mismo nombre, como el espacio definido en el PEIN con el nombre Riera d'Arbucies, que se corresponde con la Reserva Natural Parcial Riera d'Arbucies-Hostalric.

- Serres del Litoral Septentrional. Con este nombre se denominan cuatro áreas separadas. Tres de ellas se incluyen en el PEIN con el nombre Serres de Montnegre-El Corredor y coinciden con las zonas del Plan de Especial Protección según la Ley del Suelo, recibiendo el mismo nombre. La cuarta zona se denomina en el PEIN La Conrería-Sant Mateu-Céllecs.

## **5.7.2. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

A continuación se detallan los espacios naturales protegidos que pueden ser afectados por la traza.

### **5.7.2.1. MASSÍS DE L'ALBERA**

Este espacio está incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Su extensión se corresponde con el futuro LIC que recibe el mismo nombre.

La tubería a presión propuesta se sitúa cercana a los límites del espacio protegido, aproximadamente a un kilómetro, de forma que no se producirá ninguna afección directa a la zona siempre que se establezcan las medidas de protección de carácter general.

El espacio Massís de l'Albera fue declarado Paraje Natural de Interés Nacional por el Parlamento catalán (Ley 3/1986, de 10 de marzo, creada por Decreto 101/1987, de 20 de febrero). Incluye 3 Reservas Naturales: Capçalera de l'Orlina, Vall de Sant Quirze y Sant Quirze de Colera.

La primera, a la cabecera del río Orlina, tiene por finalidad la protección de los hayedos y robledales que hay entre la collada "dels Emigrants" y el pico "Sallafort", los más orientales de la vertiente Sur de los Pirineos. La segunda y la tercera, entre el Valle de San Quirze y la cabecera de la ribera Valleta, tiene la finalidad de la protección de la fauna herpetológica. En concreto el Decreto 123/87, de 12 de marzo, de declaración de Reservas Naturales Parciales para protección de especies animales en peligro de desaparición de la Generalidad de Cataluña, declaró la Reserva Natural Parcial de Sant Quirze de Colera con la finalidad de garantizar la conservación de la última población de tortuga mediterránea. Esta Reserva Natural Parcial se encuentra en la Comarca del Alt Empordà, dentro del término municipal de Rabós d'Empordà.

En las partes bajas de la Sierra de la Albera resulta muy representativa la agricultura, con la viña y el olivar, sobre todo esta primera, ya que se trata de una zona vinícola con denominación de origen.

### 5.7.2.2. MASSÍS DE LES SALINES

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba el dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Se encuentra incluido en el futuro LIC denominado Alta Garrotxa.

En principio no se prevé afección directa sobre el espacio ya que la traza propuesta para la futura conducción se sitúa a unos dos kilómetros de los límites del área protegida.

### 5.7.2.3. ESTANYS DE LA JONQUERA

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Esta área coincide con el futuro LIC que recibe el mismo nombre.

El trazado de la conducción no afecta de forma directa a este enclave por situarse a unos dos kilómetros y medio de distancia.

### 5.7.2.4. LES GAVARRES

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Su extensión se corresponde con el LIC del mismo nombre.

El trazado de la conducción discurre cercano al límite del espacio protegido. En principio, no cabe esperar afecciones directas, puesto que la distancia mínima de la traza al contorno es de 1,5 km aproximadamente, siempre que se adopten las medidas oportunas de prevención durante la fase de obras.

El Massís de les Gavarres presenta unas características típicamente mediterráneas, situado entre las comarcas del Gironès y el Baix Empordà. El área sobre el cual se establece la protección abarca una superficie de aproximadamente 29.000 ha, repartidas entre un total de 20 municipios.

Geográficamente, les Gavarres constituyen el extremo septentrional de la sierra litoral catalana, el cual se ve limitado por la Selva, al Sur, y l'Empordà al Norte. Los materiales que conforman el macizo son pizarras, esquistos y granitos, todos ellos profundamente metamorfoseados.

El conjunto de la zona está formado por ríos y torrentes que se quedan secos durante gran parte del año, y adquieren carácter torrencial en los periodos de grandes lluvias.

El paisaje es de naturaleza básicamente forestal. El carácter de gran espacio de bosque mediterráneo es el que otorga trascendencia al conjunto del massís, más que por la presencia de alguna especie significativa de la flora o de la fauna.

Las comunidades de vegetación están formadas principalmente por *Quercus suber*, *Erica arbórea*, *E. Scoparia*, *Calluna vulgaris*, *Cistus monspeliensis*, *C. salvifolius*, etc. Los pinares (*Pinus halepensis*, *P. Pinea* y *P. Pinaster*) han ocupado una buena extensión atacada por los incendios, la explotación excesiva y el abandono de las actividades

agrícolas. Cercanos a los ríos y arroyos se pueden encontrar *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Corylus avellana*, *Ilex aquifolium*, *Cornus sanguinea*, *Osmunda regalis*, etc.

La fauna es la típica de los ambientes mediterráneos y forestales, ambas características derivadas de la fuerte antropización que tradicionalmente ha existido en la zona y de la presión de las áreas circundantes.

#### **5.7.2.5. ESTANY DE SILS**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Forma parte del LIC denominado Estans de Sils-Ribera de Santa Coloma.

La Resolución de 26 de enero de 1999 hace público el Acuerdo de gobierno de 24 de diciembre de 1998, por el cual se aprueba definitivamente la protección de los espacios l'Estany de Sils, la Riera de Santa Coloma y els Turons de Maçanet.

El trazado de la conducción afecta de forma directa a este espacio, ya que atraviesa perpendicularmente un cauce protegido. La longitud a lo largo de la cual se atraviesa el cauce y el espacio es de unos 200 m, con tubería a presión enterrada. En principio, resulta conveniente la modificación del trazado de forma que no se vean alteradas las condiciones del medio natural, debiendo, en todo caso, estudiarse con detalle la posible afección, y preverse las pertinentes medidas correctoras.

#### **5.7.2.6. TURON DE MAÇANET**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña.

La Resolución de 26 de enero de 1999 hace público el Acuerdo de gobierno de 24 de diciembre de 1998, por el cual se aprueba definitivamente la protección de los espacios L'estany de Sils, la Riera de Santa Coloma y Els Turons de Maçanet.

Este espacio protegido puede verse afectado directamente por la conducción en tubería enterrada del trasvase, de forma análoga al caso anterior. La traza bordea una de las zonas que integran este espacio por el Oeste, sin atravesar sus límites pero discurriendo a menos de 100 m de ellos. No obstante puede desviarse hacia el Este por la margen derecha de la Riera de Santa Coloma para separarse del espacio.

#### **5.7.2.7. RIERA DE SANTA COLOMA**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Forma parte del futuro LIC denominado Estans de Sils-Ribera de Santa Coloma.

La Resolución de 26 de enero de 1999 hace público el Acuerdo de gobierno de 24 de diciembre de 1998, por el cual se aprueba definitivamente la protección de los espacios l'Estany de Sils, la Riera de Santa Coloma y els Turons de Maçanet.

La traza de la conducción prevista afecta directamente al espacio, al atavesar la tubería enterrada perpendicularmente el cauce en dos ocasiones, pudiendo producirse alteraciones al área protegida. Cabe similar comentario al de los casos anteriores.

#### **5.7.2.8. RIERA D'ARBUCIES**

Espacio incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba dicho plan de la Generalidad de Cataluña. Anteriormente, el Decreto 123/1987, de 12 de marzo de la Generalitat de Catalunya declaró este espacio Reserva Natural Parcial para la protección de especies animales en peligro de desaparición, con la denominación Riera D'Arbúcies-Hostalric, que en su Artículo 2, con la finalidad de garantizar la supervivencia de las últimas poblaciones de nutria en Cataluña, prohíbe cualquier actividad que suponga una alteración negativa irreversible del hábitat de la especie protegida.

Este espacio forma parte del área definida como futuro LIC con el nombre Massís del Montseny.

El trazado de la conducción afecta de forma directa a este espacio al atravesar perpendicularmente el cauce de un río protegido con tubería enterrada en una longitud no superior a los 200 m. Cabe análogo comentario al de los casos anteriores.

Esta Reserva Natural Parcial se localiza en la Comarca de La Selva, en los términos municipales de Hostalric y Sant Feliu de Buixalleu. La zona protegida abarca la Riera d'Arbúcies, desde su confluencia con el río Tordera hasta la confluencia con la riera de Can Horta.

#### **5.7.2.9. SERRES DE MONTNEGRE-EL CORREDOR**

En la actualidad este espacio está incluido en el PEIN, según el Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, de la Comunidad Autónoma de Cataluña. En la Lista Nacional de Lugares se incluye con el nombre Serres del Litoral Septentrional.

El Programa MAB de la Unesco declara este espacio natural como Reserva de la Biosfera, desde 1978.

Está constituido por tres áreas contiguas que, con el mismo nombre, forman parte del Plan de Especial Protección según la Ley del Suelo, aprobada el 20 de julio de 1989. Dos de ellas se verán afectadas directamente por la conducción. En todo este tramo la conducción discurre en túnel, por lo que la afección se limitaría a la fase de construcción. En la primera zona afectada, la interferencia se localiza exclusivamente en dos tramos, ninguno de los cuales supera los 2,5 km de longitud aproximadamente. En la segunda zona, la afección es tangencial al espacio, manteniéndose prácticamente siempre fuera de su perímetro y discurriendo en túnel, lo que permitiría ejecutar la obra sin penetrar en el espacio protegido.

El Espacio de Interés Natural del Montnegre-Corredor está constituido por las sierras que le dan nombre, situado entre las comarcas del Maresme, la Selva y el Vallès Oriental.

Presenta una vegetación exuberante, con abundantes bosques mixtos de robles y encinas, y otros de pino rojo.

#### 5.7.2.10. LA CONRERÍA-SANT MATEU-CÉLLECS

Espacio incluido en el Anejo I del Decreto 328/1992, de 14 de diciembre, por el que se aprueba el PEIN de la Comunidad Autónoma de Cataluña. Este espacio forma parte del área definida como LIC, Serres del Litoral Septentrional.

La conducción del trasvase finaliza a más de 1 km del perímetro del espacio, por lo que en un principio no debería producirse ninguna afección, siempre que se adopten las precauciones durante la fase de obras.

Céllecs es la montaña más alta del sector meridional del Maresme, y en la parte alta del Turó del Castell se han encontrado excavaciones arqueológicas.

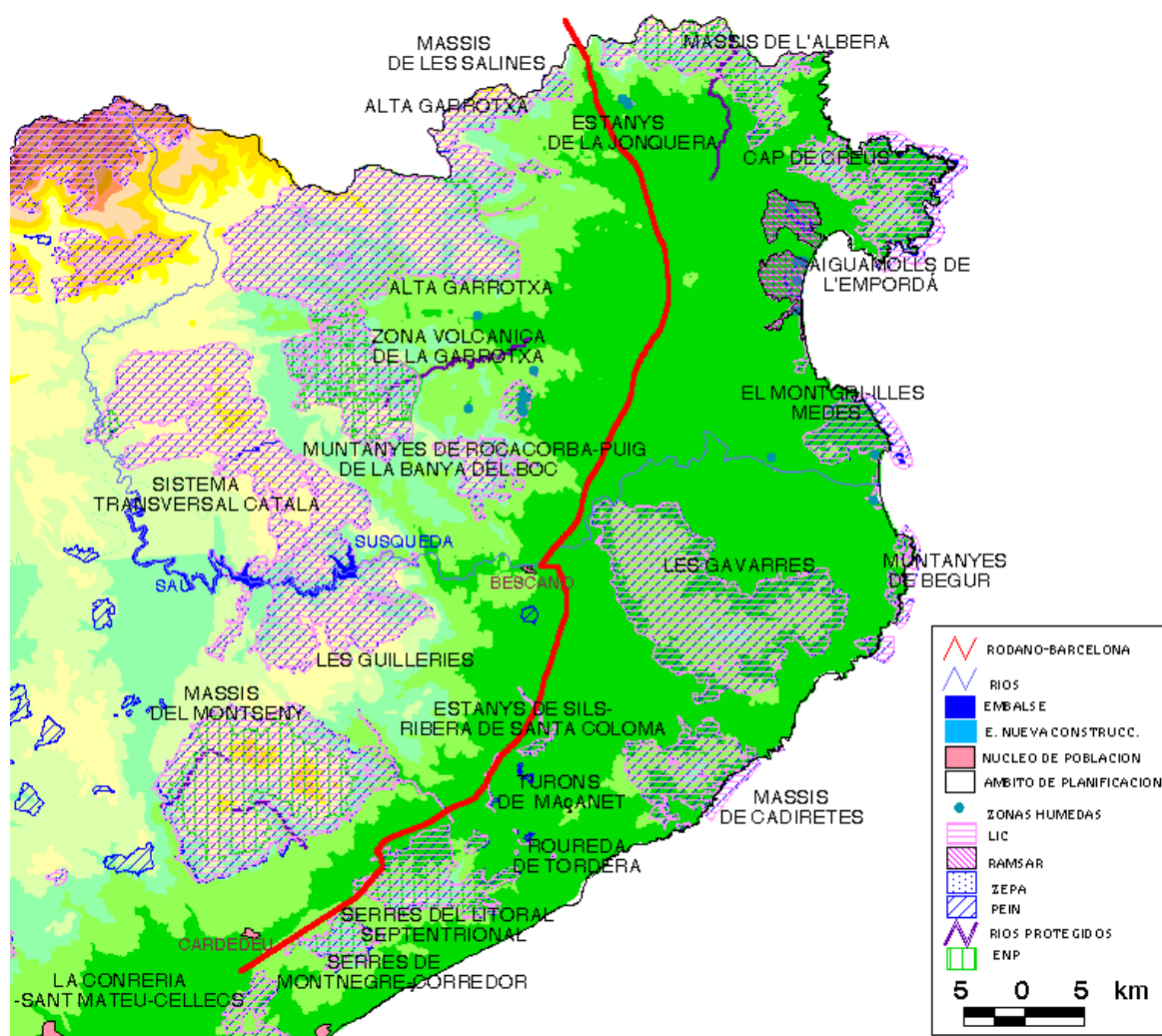


Figura 31. Transferencia Ródano-Barcelona

### 5.7.3. CONCLUSIONES

Los espacios naturales protegidos actualmente declarados como tales que se pueden ver directamente afectados por la conducción son: Estany de Sils, Riera de Santa Coloma, Riera D'Arbucies y Serres de Montnegre-El Corredor.

Las afecciones más significativas son las tres primeras, que se refieren a la interferencia con cauces protegidos atravesados perpendicularmente mediante sifones (tubería enterrada a presión), con longitudes no superiores a 200 m. Son difícilmente evitables y la única medida paliativa sería variar la tipología estructural por un acueducto caso de que fuese más conveniente, como se ha señalado en otros casos.

En cuanto a las Serres de Montnegre-El Corredor, son atravesadas en túnel y los tramos que quedan dentro del perímetro de protección son de longitud inferior a 2,5 km, lo que podría permitir ejecutar las obras sin necesidad de actuar sobre el espacio en superficie.

Cabe recordar que el espacio de Turons de Macanet es bordeado por la traza, que puede separarse más, desviándola ligeramente hacia el Este.

Los espacios afectados directamente incluidos en la Lista Nacional de Lugares coinciden con los anteriores.

Las afecciones indirectas al resto de los espacios resultan en principio asumibles siempre que se mantengan las medidas preventivas y correctoras de carácter general.

### 5.8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con la información manejada en los apartados anteriores y a nivel preliminar, pendiente de un estudio de impacto ambiental de los proyectos de cada alternativa y de la evaluación de impacto ambiental a la que deberán ser sometidos, puede concluirse lo siguiente respecto a la viabilidad ambiental de las trazas inicialmente previstas y la validez de su valoración económica incluida en el Documento de costes:

- Parece razonable realizar estudios detallados en materia ambiental de la transferencia Tiétar-La Roda antes de continuar su desarrollo. Ello es debido a los impactos que puede generar tanto sobre espacios naturales actualmente declarados como tales, como sobre aquellos incluidos en la Lista Nacional de Lugares.
- Pueden presentar dificultades ambientales en un futuro por su afección a espacios incluidos en la Lista Nacional de Lugares, el Canal Alto de la margen derecha y la conducción Almanzora-Almería, ambas englobadas en la distribución al Sureste.



En el primer caso el mayor escollo es la interferencia con las Sierras y Vega alta del Segura y río Benamor y en el segundo, con la Sierra de Cabrera-Bédar, las Ramblas de Gergal, Tabernas y Sur de Sierra Alhamí y las Sierras de Gador-Enix.

Las modificaciones necesarias para minimizar estas afecciones son importantes y requieren estudios geológicos detallados que avalen su viabilidad. Estas variaciones invalidarían la valoración económica efectuada, siendo previsible un encarecimiento sustancial en el tramo Cenajo- Ricote y en el Almanzora-Almería.

El resto de las trazas no parece presentar dificultades insalvables desde el punto de vista medioambiental, si bien atraviesan en ocasiones varios espacios protegidos (que básicamente se desarrollan longitudinalmente a lo largo de cauces) y/o ríos protegidos. Las modificaciones necesarias para minimizar o evitar estas afecciones no alteran sustancialmente la valoración económica efectuada de cada solución.

Con las matizaciones indicadas, la conclusión general es, pues, la aparente viabilidad ambiental global de las transferencias propuestas en este Plan Hidrológico, desde el punto de vista de las afecciones de las conducciones de transporte. No obstante, conviene reiterar que debe ser el estudio de impacto ambiental del futuro proyecto de cada traza finalmente elegida, y el proceso de evaluación de impacto ambiental, los que determinen finalmente la viabilidad ambiental de las soluciones planteadas.

## **6. AFECCIONES EN DESTINO**

Tras el estudio de las afecciones en origen y tránsito, procede considerar en este capítulo las afecciones en las áreas de destino. Para ello, tras una introducción conceptual, se enumeran las posibles afecciones esperables, y se desarrollan con algún detalle aquellas que se consideran de mayor relevancia.

Así, entre las principales afecciones en destino cabe señalar las inducidas sobre el medio físico de la cuenca receptora como consecuencia de la mezcla de aguas con distintas calidades, las inducidas sobre la biota como consecuencia de posibles transferencias de especies, y las inducidas sobre el medio socioeconómico como consecuencia del aporte de caudales. En epígrafes específicos se examinarán estos efectos para el caso concreto de las transferencias planteadas en este Plan Hidrológico. El capítulo concluye con una breve reflexión sobre la sostenibilidad agraria en este contexto de la planificación nacional.

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

En el contexto de los posibles impactos ambientales de los trasvases, es necesario considerar las consecuencias territoriales, ambientales y socioeconómicas que tendrían tales transferencias para las áreas receptoras o, equivalentemente, el supuesto de establecer transferencias externas nulas a los ámbitos deficitarios estudiados en este Plan Hidrológico Nacional.

Bajo este supuesto, los horizontes futuros de la planificación hidrológica de las cuencas afectadas no contemplarían ningún nuevo aporte externo, debiendo reordenar su tejido productivo y estructura socioeconómica para una situación de congelación de las disponibilidades actuales, y de reducción de las actividades ya existentes y a expensas de la explotación de reservas subterráneas.

Además de los posibles incrementos de disponibilidades como consecuencia de mejoras en las redes y mayor ahorro, tal y como se indicó en los análisis de los sistemas hidráulicos de este Plan Hidrológico, la única nueva fuente posible de recursos sería la desalación de agua marina, con los costes y efectos ambientales asociados expuestos en el Libro Blanco del Agua. Contra ello, y agravando la situación, operaría una posible disminución de aportaciones como consecuencia del cambio climático, también considerada en los análisis de los distintos sistemas.

Sea cual sea el modelo de reordenación territorial que se decida, y sea cual sea el efecto conjunto de mayores ahorros y cambios climáticos, los análisis realizados muestran inequívocamente que resultaría imposible a medio y largo plazo mantener los actuales niveles de aprovechamiento en las zonas deficitarias, salvo que se habiliten enormes subvenciones económicas para facilitar la desalación del mar a gran escala. Siendo este un supuesto claramente descartable por razones económicas y ambientales, es obligado prever los necesarios desplazamientos de recursos

hídricos desde los regadíos hacia los abastecimientos urbanos, la modificación de alternativas de cultivo en distintas áreas, y la desafección o abandono de importantes superficies actuales de riego.

Esta opción resulta sin duda desaconsejable tanto por razones económicas –mientras los mercados puedan mantener la viabilidad de la hortofruticultura dentro de su potencia actual no resulta lógico renunciar a esta importante parte de los sectores productivos del país-; como por razones sociales –se producirían muy graves conflictos en numerosas comarcas agrarias-; y por razones ambientales –mayor desertificación y degradación en los territorios abandonados-. Además, no debe olvidarse que la principal –y acaso única- alternativa en las áreas concernidas es casi siempre el turismo, lo que supondría a su vez un creciente consumo de agua, y una tendencia a la terciarización económica dudosamente deseable.

No obstante, y pese a que parece una opción descartable sin más, se ha considerado conveniente estudiarla con algún mayor detalle en este contexto de las afecciones ambientales del Plan Hidrológico Nacional. El contraste de estas afecciones con el supuesto de satisfacción de la demanda permite también acotar, a la inversa, los efectos inducidos por las transferencias en las zonas de destino.

## **6.2. PRINCIPALES IMPACTOS ESPERABLES**

Una relación de algunos de los principales efectos negativos de la alternativa de trasvase nulo sería la siguiente:

### **1) Efectos negativos de carácter agronómico:**

Gradual abandono de grandes extensiones de superficie de regadío ya existentes y en producción.

Disminuciones cuantitativas y cualitativas de cosecha, por déficit hídrico de los cultivos. Pérdidas de producción y rentabilidad por menores calibres, y pérdidas de rendimiento imputables a los incrementos de salinidad en suelo, por ausencia de dosis de lavado, y de las aguas subterráneas aplicadas.

Incremento de los costes de explotación (bombeos) al bajar los niveles freáticos, y de los costes de instalación de infraestructuras (necesidad de reprofundizaciones, reubicaciones, conducciones asociadas, etc.).

Sustitución de cultivos herbáceos de alta rentabilidad por cultivos de menor margen económico y menos intensivos en mano de obra, pero con menor exigencia de agua.

No reposición de plantaciones leñosas envejecidas. Abandono de tierras cultivadas.

## 2) Efectos negativos de carácter económico:

Grave pérdida económica de producción agraria, de renta, y de ingresos por exportaciones de productos agrícolas, en extensas zonas del territorio nacional.

Pérdida de empleo directo en la agricultura e indirecto en sectores asociados.

Disminución del consumo de inputs y servicios agrarios.

Repercusión indirecta en los sectores del comercio y servicios relacionados (transporte, construcción, etc.).

Dependencia del sector agroindustrial de materias primas ajenas, bien nacionales o importadas. Probable incremento de costes para la producción agroindustrial con la consecuente pérdida de competitividad.

Pérdida de cuotas de mercado. Dificultad para competir en mercados internacionales ante las inseguridades de la producción.

Descapitalización del mundo rural y endeudamiento agrario. Dificultad para rentabilizar el capital actualmente inmovilizado en las explotaciones (invernaderos, transformaciones, sistemas de riego localizado, etc.). Imposibilidad o retraso en la recuperación de inversiones, usualmente financiadas mediante créditos.

## 3) Efectos negativos de carácter social:

Grave incremento de la conflictividad social.

Competencia por el recurso escaso, con el desarrollo de movimientos opacos y especulativos

Previsible desplazamiento de los escasos recursos hídricos hacia los sectores agrícolas más capitalizados, en perjuicio de las áreas económicamente más débiles.

Desincentivación, despoblación y falta de perspectivas de futuro en amplios territorios, sin actividades económicas ni especializaciones alternativas.

Importantes pérdidas de empleo.

#### 4) Efectos negativos de carácter ambiental:

Agravamiento de la ya crítica sobreexplotación de acuíferos. Empeoramiento de la calidad de las aguas, y mayor degradación de suelos y ecosistemas, particularmente humedales, manantiales, parajes fluviales, y espacios litorales.

Disminución de la recarga de acuíferos, con la consiguiente merma de disponibilidades hídricas.

Empeoramiento del estado ecológico de los cauces y reducción de los caudales circulantes. Problemas de salubridad en los tramos críticos.

Aceleración de los procesos de salinización de suelos, presumiblemente hasta niveles irreversibles.

Incremento de las pérdidas de suelo. Problemas erosivos y de desertización en las tierras agrícolas abandonadas.

Por contra, ante la alternativa contraria, de satisfacción de las demandas, estos impactos adversos se obvian, pero pueden surgir otros efectos que pueden ser negativos y que es necesario tomar en consideración. Así, debe estudiarse el efecto de las posibles transferencias sobre la calidad del agua en las cuencas receptoras y prever los posibles efectos de mezcla, debe estudiarse el posible efecto sobre la biota de las aguas trasvasadas, y debe estudiarse el impacto socioeconómico de las transferencias sobre los territorios a que se destinan.

Como es obvio, este impacto socioeconómico está estrechamente vinculado con los análisis económicos de las transferencias. Tales análisis se han desarrollado en otro documento específico, al que nos remitimos para los detalles y cuantificaciones.

## **6.3. CALIDAD DEL AGUA**

### **6.3.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se procede al estudio de la calidad de las aguas en las zonas identificadas como posible origen de recursos para las transferencias, y del impacto que puede esperarse en las zonas de destino como consecuencia del aporte de las nuevas aguas, con distinta calidad en origen. Aún cuando tal tipo de análisis no ha sido comúnmente objeto de atención singular en los estudios hidrológicos de trasvases, usualmente limitados a los aspectos puramente cuantitativos, se trata de una cuestión de gran importancia, que puede contribuir de forma sensible a perfeccionar la valoración global de una posible alternativa, cuando no, directamente, a descartarla.

En efecto, es indudable que entre las distintas alteraciones producidas sobre el medio por las transferencias, se encuentra el efecto sobre la calidad de las aguas que se puede provocar al tomar aguas de un punto, con unas características determinadas, y verterlas en otro, con otras características distintas. Estos efectos cualitativos deben ser considerados desde el comienzo en el estudio de las posibles alternativas, y constituyen una parte muy importante de la evaluación ambiental de estos proyectos.

Como criterio de estudio para valorar la calidad del agua en cada zona se han revisado sus analíticas prestando especial atención al cumplimiento de las normativas de calidad de las aguas para abastecimiento urbano y para vida piscícola, así como de las recomendaciones en calidad de aguas de riego propuestas por la FAO.

Puesto que algunas de las posibles transferencias pueden tener diversos destinos y que algunos destinos pueden ser abastecidos por diferentes transferencias, el estudio detallado de las afecciones en calidad se ha estructurado por ámbitos hidrográficos. En cada uno de ellos se incluyen las zonas afectadas, ya sea por tratarse de un origen como de un destino, o de un punto intermedio donde se produzca mezcla de aguas.

Por intentar seguir el sentido de las posibles transferencias, los ámbitos se han ordenado de norte a sur, describiendo en primer lugar los de la vertiente atlántica y posteriormente los de la vertiente mediterránea.

La situación más compleja dentro de todas las opciones de trasvase es, sin duda, la correspondiente al bajo Ebro y su posibilidad de transferencia hacia el levante y sureste, por lo que se le ha dedicado desde el análisis preliminar una atención especial.

Para valorar cuantitativamente el efecto de la calidad del agua sobre las posibles transferencias, tal efecto puede considerarse como un coste complementario en la captación de origen o en destino, equivalente al coste del tratamiento requerido para alcanzar los objetivos de calidad en las zonas de tránsito o de destino. La técnica de costes monetarios permite introducir con naturalidad este aspecto en los análisis de optimización económica, excluir las opciones indeseables por muy costosas, y tener una idea comparativa de las distintas opciones examinando sus estructuras de costes relativos.

El análisis se desarrolla en tres bloques diferenciados. En el primero se expone la metodología básica empleada para el estudio, las fuentes principales de información, los datos manejados y distintas consideraciones en relación con el problema. Tras ello, se analizan las distintas zonas afectadas, exponiendo los resultados obtenidos en cada caso. Por último, se incluye un estudio sobre los posibles tratamientos a aplicar en cada una de las zonas, así como una estimación de sus costes asociados.

### **6.3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. CUESTIONES METODOLÓGICAS**

En el estudio de calidad de cada zona se ha contado con información de muy diversas fuentes. Donde se cuenta con datos suficientes, se ha realizado un análisis del estado actual de la calidad del agua, así como de sus evoluciones en el tiempo. Finalmente se ha intentado valorar en qué medida podría afectar la transferencia de aguas a cada zona de destino.

#### **6.3.2.1. INFORMACIÓN BÁSICA**

Se ha dedicado un importante esfuerzo a obtener información sobre el estado de calidad en cada una de las zonas afectadas por las posibles transferencias, así como a que los datos de calidad de aguas fueran lo más homogéneos posible, con el objeto de poder comparar con fiabilidad las zonas de origen de los trasvases con las zonas afectadas por ellos.

Por otra parte, en la zona de destino no sólo es necesario evitar degradar la calidad del agua, sino que se deben atender los objetivos de calidad fijados para estas zonas por cada Plan Hidrológico de cuenca. En consecuencia, se han considerado estos objetivos de cada Plan de cuenca afectado.

### **6.3.2.1.1. Datos de Calidad de las Aguas**

Donde ha sido posible, se han tomado como referencia principal los datos de calidad de las aguas recogidos por las estaciones de la Red de Control de Calidad de las Aguas (COCA). Esta red, que comenzó su funcionamiento en 1962, es mantenida y gestionada por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA) del Ministerio de Medio Ambiente, a través de las Confederaciones Hidrográficas.

En cada zona afectada por una posible transferencia se han localizado las estaciones más representativas del estado de calidad.

A pesar de que, como ya se ha dicho, el registro histórico en algunas de las estaciones tiene más de 30 años, no se considera necesario un período de tiempo tan prolongado. Por el contrario, de contar con todos los datos posibles, los valores medios podrían no ser representativos de la situación más reciente, que es la pertinente a nuestros efectos. De esta forma, se ha estimado que un período adecuado de tiempo sería un intervalo reciente en torno a los cinco años.

Por otra parte, puesto que en muchas estaciones existe deficiencia en muestreos o una frecuencia muy baja en el análisis de algunos parámetros y que en la mayoría se contaba tan solo con datos hasta 1996 ó 1997, se ha decidido, como norma general, realizar el estudio a partir de 1990, hasta el último muestreo del que se tuviera información, y este ha sido el criterio general finalmente adoptado.

Conviene indicar que este criterio conduce a un periodo bien representativo, ya que incluye situaciones hidrológicamente diferentes, con años muy secos y muy húmedos.

En determinadas zonas, donde no existía una estación COCA, ha sido necesario recurrir a la red ICA (red Integrada de Calidad de Aguas), que incluye también las estaciones de control de zonas de abastecimiento y vida piscícola que no estaban previamente incluidas en la red COCA.

La información de estos datos ha sido suministrada por las Confederaciones Hidrográficas correspondientes. Estas estaciones de control son de más reciente creación y la antigüedad depende de cada confederación, estando en la mayoría de los casos en funcionamiento a partir de 1994.

También se ha hecho un análisis de la información recopilada por la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental de las Aguas Continentales Españolas, muestreada y analizada por el CEDEX para la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Por no encontrarse ningún problema significativo que pudiera afectar a los usos del agua, no se refleja ningún resultado al respecto en el presente estudio.

En alguna ocasión, donde no se contaba con información o ésta era muy escasa, cuando se ha dado la circunstancia de que en la zona en cuestión se encontraba alguna zona de baño, se ha contado con los datos de la Red de Control de la Calidad de Aguas de Baño. Esta red es gestionada por la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo, que anualmente publica las correspondientes estadísticas.



En algunas ocasiones se ha podido contar con la información sobre calidad de las aguas de estudios específicos y publicaciones sobre zonas concertadas, siendo el caso más común los informes sobre el estado trófico de numerosos embalses realizados por el CEDEX para la DGOHCA.

#### **6.3.2.1.2. Objetivos de Calidad**

Los Planes Hidrológicos de cuenca han fijado unos objetivos de calidad para los distintos tramos de los ríos del país. Cada Plan establece estos objetivos en función de criterios distintos, limitando vertidos, estableciendo usos a los que deben dar servicio, fijando límites a los parámetros de calidad o indicando cómo deben protegerse las distintas zonas. En la mayor parte de los Planes estos objetivos se establecen fundamentalmente sobre la base de los requerimientos necesarios para los usos del agua en abastecimiento y vida piscícola.

Como ya se ha mencionado, este estudio no se limita a una comparación de los datos analíticos encontrados en origen y destino, sino que considera, además, tales objetivos de calidad de aguas.

Esta consideración es mucho más delicada en aquellas cuencas o zonas que sin ser beneficiadas -o al menos no en gran medida- por una transferencia, son utilizadas por la misma, con la mezcla de sus aguas, como paso intermedio para trasladar aguas de un punto a otro. En estos casos no sólo hay que respetar los objetivos de calidad de la zona, sino también, tratar de alterar al mínimo su calidad, de tal forma que no se hipotequen sus futuros usos. No resultaría lógico trasladar el exceso de coste de depuración a las posibles actividades que se desarrollen en el futuro en una cuenca, por el uso de la misma como medio de transporte para un trasvase.

Por otra parte, se deben tener en cuenta los usos del agua a los que van destinados los recursos transferidos y comprobar que la mezcla final de aguas pueda dar servicio satisfactorio a los mismos, sin introducir efectos adversos sobre el medio.

Es esperable que en la zona de destino final de las transferencias, debido al déficit de recursos, el estado de calidad del agua sea deficiente. Aunque en principio podría pensarse que cualquier aporte que se le haga resultará beneficioso, esto no siempre es así, ya que en algunas zonas muy degradadas la calidad aportada debería ser mejor que la existente en la zona para poder cumplir con los usos para los que se destina la transferencia.

#### **6.3.2.2. METODOLOGÍA**

En cada zona se ha analizado la calidad de las aguas con la información disponible. Se ha intentado que el estudio sea lo más homogéneo posible para poder comparar fácilmente unas zonas con otras. Así, se han empleado fundamentalmente las normativas de calidad de aguas para abastecimiento y vida piscícola. Estos dos usos del agua, además de su valor intrínseco, pueden considerarse como indicadores de muchos de los aspectos de la calidad del agua, y son, como ya se ha dicho, los más empleados en los Planes de cuenca para definir los objetivos de calidad.

Asimismo se han empleado como valores comparativos las recomendaciones en calidad de aguas para riego de la FAO. Este uso, por otra parte, cubre otros aspectos de la calidad diferentes a los anteriores, con lo que complementa el estudio de calidad.

También se ha intentado en cada caso agrupar el estudio de parámetros de forma que quede reflejado, por una parte, su grado de contaminación y, por otra, cuáles son las características químicas del medio.

En cuanto a las sustancias tóxicas y peligrosas es de destacar que la normativa de aguas para abastecimiento contempla muchas de estas sustancias, tanto de las incluidas en la lista I como en la lista II. En concreto, 26 de los 44 parámetros controlados por la normativa de sustancias tóxicas y peligrosas son o tienen que ver con las sustancias referidas en las otras normativas.

Con el análisis de la situación en origen y destino no es suficiente, puesto que debido a la gran longitud de algunos de los trasvases, hay una serie de parámetros que pueden ver modificada su valor a lo largo de los mismos. Además, se debe tener en cuenta cómo es el medio receptor de las aguas transferidas (canales, ríos, embalses) y qué condicionantes puede tener. Finalmente, se deben analizar las posibles evoluciones de la calidad futuras teniendo en cuenta el estado actual de las instalaciones de depuración y su posible desarrollo.

Con todas estas consideraciones se intenta acotar las posibles afecciones en la calidad del agua generadas por las transferencias y establecer, en cada caso, si es necesario un tratamiento previo de las aguas, y a qué parámetros debe afectar.

#### **6.3.2.2.1. tipos de parámetros de calidad de las aguas**

Los parámetros de calidad de agua que habitualmente se miden son de muy distinto tipo e indican aspectos muy diferentes de las aguas. Se podrían agrupar, a efectos sistemáticos, en las siguientes categorías:

**Características fisicoquímicas.** Aquí se podrían reunir una serie de variables que analizan y ofrecen información de cuáles son las características del agua como disolución. Entre ellas estarían la temperatura, los iones mayoritarios disueltos (Sulfatos, Cloruros, Carbonatos, Bicarbonatos, Sodio, Calcio, Magnesio, etc.) y una serie de parámetros indicativos de características químicas (pH, conductividad, alcalinidad y dureza).

**Parámetros típicos de contaminación.** Aquí se agrupan aquellos parámetros que, de encontrarse en elevado valor, generalmente indican algún tipo de contaminación de origen antrópico. Estas variables reflejan aspectos muy distintos: la materia orgánica oxidable (DBO, DQO), con efectos negativos sobre los niveles de oxígeno; compuestos de Nitrógeno y Fósforo que en exceso pueden producir problemas de eutrofización en zonas con poca renovación o, incluso, determinados compuestos del Nitrógeno que pueden tener también efectos tóxicos tanto en abastecimiento como para la vida piscícola; agentes tensioactivos; parámetros microbiológicos (Coliformes, Estreptococos; Salmonelas); Hidrocarburos; etc.

Muy relacionado con estos parámetros está el Oxígeno Disuelto. Necesario para la vida acuática, el oxígeno se ve muy alterado por los posibles procesos oxidativos que se den en el medio pero, también, a través de estos procesos tiene un efecto depurador de las aguas.

Existen otros compuestos que podrían denominarse como **no deseables** en elevadas concentraciones y que pueden tener un origen natural o antrópico: materia en suspensión; Hierro; Manganeso; Cobre; Zinc; Flúor, etc.

Además, hay una serie de metales pesados y sustancias que se consideran **tóxicos** por sus graves efectos sobre la salud: Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio, Cianuro, Pesticidas, etc.

Finalmente están los **parámetros organolépticos** que valoran el aspecto del agua como pueden ser el olor y el color. Se pueden incluir otros, como turbiedad o transparencia que, además del aspecto, resultan indicativos de otros aspectos de la calidad.

#### **6.3.2.2. Usos de referencia**

Las diferentes alteraciones que se puedan encontrar en los aspectos relacionados anteriormente pueden generar una limitación sobre los usos potenciales de un agua.

Una forma muy práctica de valorar la calidad es precisamente a través de la capacidad para dar satisfacción a unos usos. De esta forma se ofrece una visión más condensada y comprensible de cuál es el efecto de unos valores analíticos determinados. Además, permite comparar de una manera sencilla unas aguas con otras.

Los tres usos considerados en este análisis contemplan todos los aspectos básicos de la calidad del agua: así, mientras que para el riego va a ser fundamental la química del agua, el abastecimiento centra sus limitaciones en aspectos sanitarios, y la vida piscícola en el efecto sobre los seres vivos y el buen funcionamiento ecológico.

Otros posibles aspectos, como los impactos sobre la vegetación de ribera, quedan en buena medida englobados por estos criterios básicos, sin perjuicio de que la realización de los oportunos Es.I.A. pueda precisar tales cuestiones con mayor detalle.

##### **6.3.2.2.1. Normativa de aguas para abastecimiento**

La normativa de calidad de aguas para corrientes superficiales destinadas a la producción de agua potable (normativa de prepotables) establece un diagnóstico para las aguas superficiales según cuatro categorías de calidad, A1, A2, A3 y No Apto, en función del tratamiento necesario para su potabilización, para lo cual se considera necesario el cumplimiento de unos valores límite establecidos para determinados parámetros de control.

El número de parámetros a controlar es 46, dividiéndose en tres grupos según la frecuencia necesaria de análisis. La frecuencia depende también del tamaño de la población abastecida.

Se establecen límites de dos tipos a los parámetros, Guía (G) e Imperativo (I). El primero implica la necesidad de cumplimiento en el 90% de los análisis, mientras que el segundo aumenta este límite hasta el 95%.

Para diagnosticar las aguas en este estudio se ha tenido en cuenta el límite Imperativo de los parámetros, considerándose el valor Guía donde no se establece un Imperativo.

En la selección de los parámetros más críticos se ha seguido, con carácter general, el criterio establecido por la normativa para los límites imperativos, esto es, un porcentaje de incumplimientos superior al 5%.

#### **6.3.2.2.2. Normativa de aguas para vida piscícola**

La normativa de calidad de aguas para aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida piscícola establece dos categorías de aguas donde viven o podrían vivir los peces: salmonícolas y ciprinícolas.

La clasificación se realiza en función de 14 parámetros de control, de los cuales 11 son cuantificables y han de ser medidos con cierta regularidad en todos los casos. Como ocurría en la normativa de prepotables anterior, se fijan para ellos límites Guía e Imperativo.

El método empleado para diagnosticar las muestras ha sido análogo al utilizado en la normativa de prepotables.

#### **6.3.2.2.3. Recomendaciones de la FAO para aguas de riego**

El estudio de la FAO sobre Riego y Drenaje establece una serie de recomendaciones sobre la calidad del agua en la agricultura, cuya información más importante se sintetiza en una tabla en la que, en función de una serie de parámetros, establece un grado de restricción al uso del agua para el riego. Se evalúan posibles problemas de salinidad, infiltración, así como toxicidad de iones específicos, y se establecen tres categorías según el grado de restricción: Severo, Ligero a Moderado y Ninguno.

#### **6.3.2.2.4. Otros aspectos**

Además de estos usos potenciales del agua, en el caso de embalses o zonas de poca renovación, se ha tenido muy en cuenta el estado trófico de los mismos. En estos ambientes, el contenido en nutrientes en relación con la renovación del medio va a determinar que se pueda llegar a la eutrofización. Como tal se entiende una degeneración de la calidad del agua provocada por una excesiva productividad primaria, que a su vez se genera por un aporte excesivo de nutrientes.

Donde se ha contado con información, también se ha evaluado la calidad en función de indicadores biológicos, pues a través de estos se tiene un dato de calidad más representativo que a partir de simples muestras puntuales.

Un aspecto que en general ha sido tratado con cierto detalle ha sido la mineralización del medio. Estos parámetros, salvo en las circunstancias excepcionales en que las características de algún vertido predominen sobre las del

agua del río natural, vendrán determinados fundamentalmente por la litología del terreno por donde discurran las aguas.

Los ecosistemas están caracterizados en cada zona por una determinada salinidad así como por sales específicas disueltas, de modo que una mezcla de aguas con características muy distintas puede alterar en cierto grado los ecosistemas. Se debe tener en cuenta, además, que muchas de las transferencias no serán constantes a lo largo del año, existiendo periodos con diferentes características. En general se producirá una menor alteración cuanto más parecidas sean las características de las aguas a mezclar.

Desde el punto de vista de la incidencia sobre la calidad es peor aportar agua más salina a un medio más dulce que viceversa. En el caso de que las aguas aportadas estén menos mineralizadas, la mezcla de ambas aguas tiende a recargarse nuevamente disolviendo las sales del terreno donde se encuentran o por donde discurren. En el caso contrario, de ser muy importante la diferencia, las afecciones ambientales pueden ser mayores, alterando los ecosistemas y afectando a posibles usos.

En la figura siguiente se muestra la litología de la península Ibérica y Baleares, pudiendo apreciarse claramente el contraste de las litologías ácidas en el oeste peninsular y las litologías básicas en el este. Las diferencias existentes entre los terrenos donde se ubican las zonas afectadas por las transferencias generan una serie de características distintas que se describirán a lo largo del presente estudio.

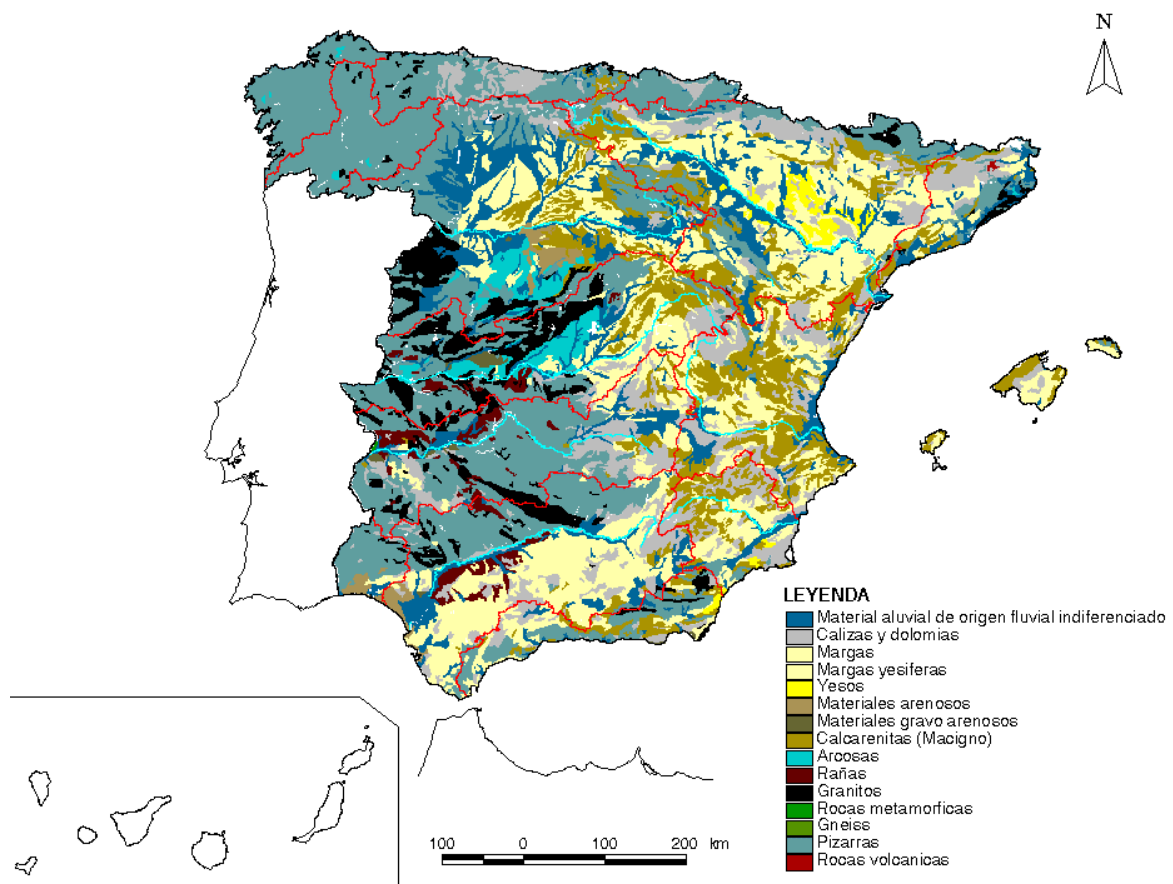


Figura 32. Mapa litológico de la península Ibérica y Baleares

### 6.3.2.2.3. Análisis de la calidad

Como se ha indicado, los datos disponibles en cada zona han sido evaluados en función de los tres usos descritos. En la tabla siguiente se detallan todos los parámetros incluidos. Con estos análisis, en cada zona se han detectado los parámetros que alcanzan valores que exceden los límites establecidos y, por tanto, generan alguna dificultad para el uso del agua. Estos parámetros, que se han denominado críticos, se seleccionan por un número de incumplimientos superior al 5% de los casos y han sido objeto de un estudio más profundo.

En las zonas de destino se han analizado tanto los parámetros que resultaban críticos en las mismas como los que lo eran en los orígenes de las posibles transferencias.

Caudal	Carbonatos	Cadmio	Selenio
Temperatura del agua	Bicarbonatos	Cobre soluble	D.Q.O. al Dicromato
Temperatura ambiente	Fosfatos	Hierro disuelto	Cloro residual total
Aspecto	Alcalinidad	Manganeso	Transparencia (disco de Secchi)
Oxígeno disuelto	Calcio	Mercurio	Estreptococos fecales
Oxígeno disuelto (% saturación)	Magnesio	Plomo	Enterovirus
Materias en suspensión	Sodio	Zinc total	Plaguicidas totales
Total sólidos disueltos	Potasio	Cromo total	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
pH a 25 °C	Amonio total	Nitrógeno Kjeldahl	Olor (factor dil.)
Dureza total	Nitritos	Coliformes fecales	Amoniaco no ionizado
Conductividad a 25 °C	Nitratos	Salmonelas	Fósforo total
D.Q.O. al permanganato	Sustancias tensioactivas (detergentes)	Color	Fosfatos totales
D.B.O.5	Aceites minerales, persistentes y grasas	Hidrocarburos disueltos o emulsionados	Sustancias extraíbles con cloroformo
Coliformes totales	Cianuro	Bario	Cloro orgánico total extraíble
Cloruros	Compuestos fenólicos	Boro	Hierro total
Sulfatos	Fluoruros	Antimonio	Berilio
Silíce	Arsénico	Níquel	Cobre total

Tabla 6. Lista de los 64 parámetros contenidos en los tres usos considerados para examinar la calidad del agua

Para todos los parámetros se han analizado los valores medios, máximos, mínimos, número total de valores, valores nulos, porcentaje de valores válidos, valores no aptos y porcentaje de valores no aptos para cada uno de los usos contemplados.

Donde ha sido necesario por alguna circunstancia se ha realizado previamente un estudio de la evolución espacial de los parámetros críticos, ya sea para valorar su evolución a lo largo de un río o para apreciar diferencias entre varios ríos implicados.

Generalmente, cuando el número de datos lo permitía, se ha realizado un estudio de evolución temporal para detectar posibles tendencias a lo largo de los años, y un estudio de evolución mensual, con objeto de analizar si se produce alguna variación estacional.

Independientemente de que fueran o no críticos, se han analizado en detalle aquellos parámetros que describen el estado químico del agua y las principales sales disueltas.

En algunos casos se han realizado estudios de correlaciones entre los diferentes parámetros con objeto de identificar si la procedencia y comportamiento están relacionados significativamente.

En el presente documento no se incluye todo este material de detalle, reflejándose tan solo los datos y figuras que se consideran más significativos.

#### **6.3.2.2.4. Valoración de la situación y afecciones provocadas por las posibles transferencias**

Una vez se conoce el estado de la calidad del agua en la zona de origen de una posible transferencia, así como el de las zonas afectadas por la misma o destinos, se puede pasar a evaluar las afecciones que se puedan generar, pero en esta valoración es necesario previamente tener en cuenta una serie de consideraciones, tal y como se comenta seguidamente.

##### **6.3.2.2.4.1. evolución Temporal de la calidad en las zonas de estudio**

Con el análisis de los datos existentes se puede determinar si ha existido una evolución de la calidad en el pasado, pero se desconoce cuál puede ser su evolución en el futuro.

La única información que realmente puede aportar una idea de la posible evolución futura es el análisis del estado de la cuenca aguas arriba de la zona de estudio en cuanto a infraestructuras de saneamiento y depuración. En el caso de que el saneamiento esté poco desarrollado y sea previsible la construcción de nuevas estaciones depuradoras que traten vertidos que puedan afectar a las zonas en estudio, se puede estimar una mejora en la calidad de las aguas. Si, por el contrario, ya se encuentran tratados los vertidos más importantes que le puedan afectar, no es de esperar una mejora importante en las características.

##### **6.3.2.2.4.2. Evolución espacial de la calidad a lo largo del trasvase**

Para realizar el análisis detallado de los parámetros de calidad de aguas es necesario tener en cuenta el comportamiento o la evolución que siguen los mismos en el medio acuático. Desde este punto de vista es clásica la división en:

- Parámetros conservativos. Son aquellos que a lo largo de un curso de agua se van a mantener prácticamente constantes en cantidad, de tal forma que una mejoría en su valor analítico se obtendría solamente por dilución.
- Parámetros no conservativos. Son aquellos que en un curso de agua sufren una evolución debido, principalmente, a procesos biológicos y químicos. Este proceso se conoce como autodepuración del río.

Los parámetros que se ven afectados por el proceso de autodepuración son, fundamentalmente, aquéllos que de alguna manera se ven relacionados con los procesos metabólicos de organismos y microorganismos en el río o embalse. Entre ellos destacan por una parte la materia orgánica (generalmente medida a través de la DBO) y demás materia susceptible de ser oxidada por procesos bioquímicos, como las especies reducidas del nitrógeno. Por otra parte se encuentran los

denominados nutrientes, fundamentalmente compuestos de nitrógeno y fósforo, que son empleados por los productores primarios. Y por último, como aglutinante de todos los procesos que ocurren en el medio, se encuentra el oxígeno disuelto, que es producido por un tipo de organismos y consumido por otros, para su actividad metabólica. Además, existe una transferencia de oxígeno entre el agua y la atmósfera que tiende a equilibrar el posible déficit o superávit de este compuesto.

Existen otros procesos ajenos a la actividad biológica que van a tener influencia sobre una serie de parámetros no conservativos, como son la radiación solar, la agitación y velocidad del agua, la interacción química con los sedimentos, etc.

La autodepuración es un proceso espontáneo natural que mejora el agua contaminada a lo largo del curso de agua, en un rango que depende de las propias características del agua así como de las del medio por donde discurre. En consecuencia, las especiales características de un trasvase condicionan en gran medida el proceso de autodepuración. Entre ellas se pueden destacar:

- Se le libera de nuevos aportes contaminantes, puesto que no se producirán vertidos al mismo.
- La insolación será usualmente superior a la de un curso natural, debido a la inexistencia de vegetación de ribera. A este respecto es importante tener en cuenta los porcentajes de recorrido que discurre entubado y en canal abierto.
- A diferencia de un río, las interacciones con sedimentos o vegetación en el mismo serán mínimas.
- La profundidad es escasa, lo que favorece la insolación y la transferencia de oxígeno.

Con todo lo visto, queda claro que es necesario identificar, dentro de los parámetros críticos en origen del trasvase, cuáles son conservativos y, por tanto, llegarán al punto de destino con la misma concentración, y cuáles no lo son y se puede esperar que mejoren a lo largo del trasvase.

Esta posible evolución será directamente proporcional a la longitud del trasvase y a la proporción del recorrido que se efectúa en canal abierto. Entre las transferencias estudiadas las hay de muy diferentes longitudes, por lo que la posible autodepuración se producirá en mayor o menor grado según las opciones adoptadas.

#### **6.3.2.2.4.3. Consideraciones sobre la zona de destino**

Es imprescindible para valorar las afecciones en calidad tener en cuenta los condicionantes de la zona de destino. No es lo mismo, por ejemplo, que las aguas se lleven a su utilización directa en agricultura, que se depositen en un embalse existente, que se construya un nuevo embalse para recibir las aguas, o que se aporten en un río. Cada uno de estos medios será más sensible a un tipo de contaminación, independientemente de los objetivos de calidad establecidos para la zona.

El caso más característico es la posible contribución a la eutrofización de un embalse que se podría generar por un aporte de nutrientes con la transferencia de aguas.



Otro caso peculiar se da cuando en el posible destino se va producir a la vez detracción de caudales de algún río.

#### **6.3.2.2.4.4. Necesidades de tratamiento**

Una vez conocidos los datos, y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se han valorado las posibles afecciones a la calidad de las aguas. Éstas pueden ser aceptables e, incluso, beneficiosas, pero si, por el contrario, se consideran inadmisibles por generar graves perjuicios o incumplimientos en los objetivos de calidad, se ha determinado la necesidad de tratar las aguas antes de su vertido.

Puesto que se han identificado los parámetros críticos, ha sido sencillo establecer cuáles de ellos deben ser reducidos por un tratamiento. Posteriormente se ha analizado qué procesos de tratamiento de aguas se pueden emplear, en función de las características de las aguas, y se ha valorado el coste de los mismos, incluyendo gastos de amortización y de explotación de las instalaciones.

### **6.3.3. CUENCA DEL DUERO**

En la cuenca del Duero se han identificado dos zonas que podrían aportar recursos para su transferencia a otras cuencas. Ambas se encuentran en el propio río Duero, una en su tramo alto y la otra en el curso bajo, tras la confluencia con el Esla.

Para conocer el estado de calidad de esta cuenca se dispone, como fuente de información básica, de los datos recogidos por la red COCA entre los años 1990 y 1997. Se cuenta, como información complementaria, con el estudio de la red biológica realizado por el CEDEX, aunque ya de cierta antigüedad, y los últimos datos de dicha red, actualmente en elaboración.

#### **6.3.3.1. ALTO DUERO**

La zona de origen del posible trasvase se ubicaría a la altura de Gormaz donde se construiría un embalse con el mismo nombre destinado exclusivamente al trasvase, y desde el cual se derivaría. Aguas arriba de Almazán, en Cubo de la Solana, está prevista en el Plan de cuenca la ejecución de otro embalse de mayor capacidad, Velacha, para las necesidades de regulación de la propia cuenca del Duero.

La zona de destino del trasvase sería el embalse de Bolarque, en el Tajo, donde se mezclaría con las aguas del mismo y, posteriormente, la mezcla podría ser derivada en parte por el trasvase Tajo-Segura o seguir aguas abajo por el Tajo. Los usos finales de este agua son mixtos para abastecimiento y regadío.

##### **6.3.3.1.1. Análisis de la Calidad del Agua**

Para conocer el estado de calidad de esta zona se cuenta con los datos recogidos por la estación de la red COCA ubicada en San Esteban de Gormaz (02007), aguas abajo de Gormaz. Esta estación puede considerarse como representativa, puesto que entre el punto donde se ubica y la posible captación del trasvase sólo se encuentran como vertidos de cierta entidad los de Osma y Burgo de Osma, que llegan por el río Ucero.



Figura 33. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Alto Duero

Los resultados del análisis de la calidad son los siguientes:

- Desde el punto de vista de la normativa de prepotables, el estado de calidad en esta zona es bueno, debiéndose los escasos incumplimientos de los valores límite a parámetros típicos de contaminación urbana. Así, los Coliformes Totales rebasan el límite establecido en la normativa para A3 en un 7% de los casos y los Coliformes Fecales en un 3%. La evolución mensual, mostrada en el figura, revela puntas en abril y, sobre todo, en verano, lo que parece indicar la existencia de una población estacional, que sería la generadora del problema.

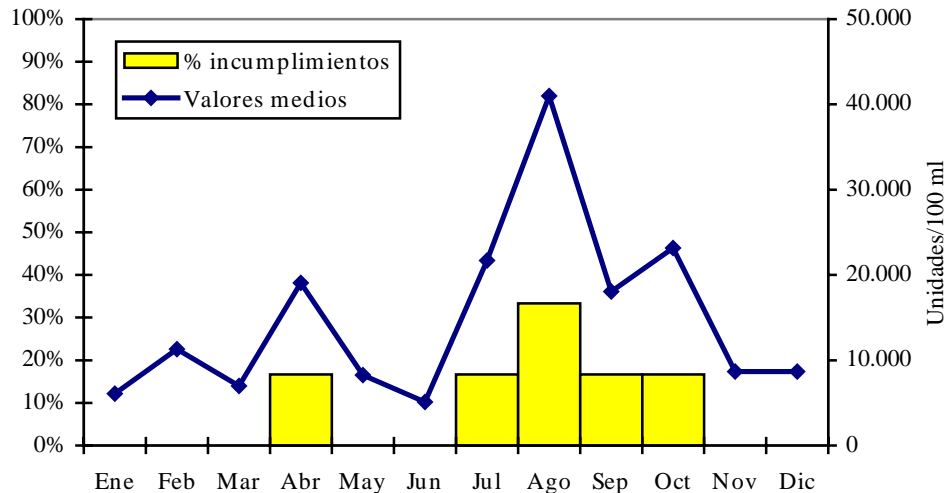


Figura 34. Evolución mensual de la concentración media de Coliformes Totales y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Alto Duero

- Se detectan también algunos incumplimientos en la DBO y DQO, pero por debajo del 5%.
- La concentración de Cloruros (14,3 mg/l) y Sulfatos (27,8 mg/l) y, en general, de todo tipo de iones es baja; consecuentemente, la Conductividad también lo es (370  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Respecto a la normativa de vida piscícola, destaca por su alto porcentaje de incumplimientos la materia en suspensión, encontrándose en el 69% de los casos por encima de 25 mg/l, límite fijado por la normativa tanto para aguas salmonícolas como para ciprínícolas. El valor medio en el período de estudio ha sido de 47 mg/l, sin ninguna tendencia clara a lo largo de los años. Dentro del año se produce una tendencia al aumento hacia agosto, para luego disminuir progresivamente hasta diciembre, tal y como muestra la figura.

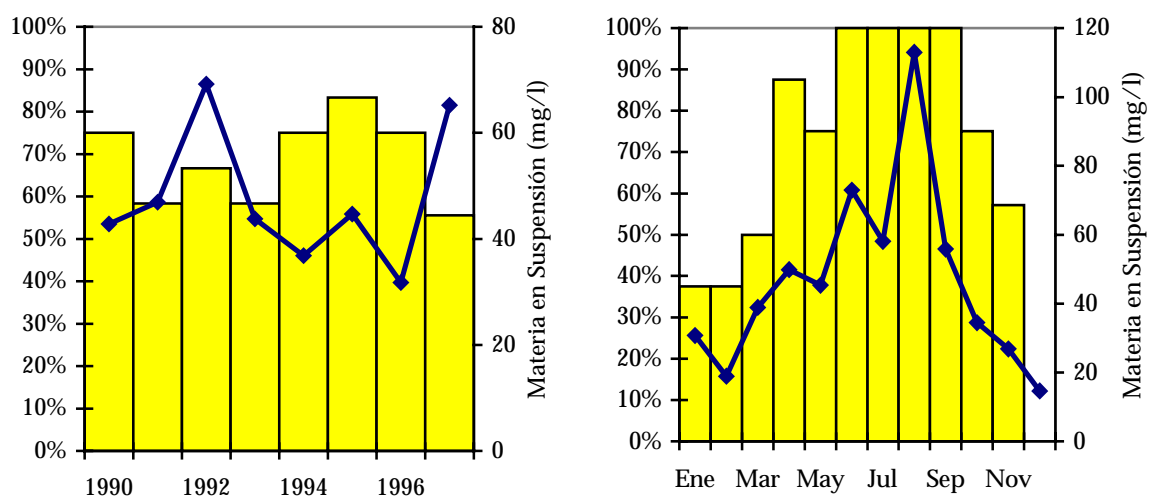


Figura 35. Evolución anual y mensual de la concentración media de materia en suspensión y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el alto Duero

- Los Nitritos sólo se han analizado en dos ocasiones y, aunque en una de las muestras se supera el límite, no se puede extraer ninguna conclusión firme. En todo caso, compuestos relacionados, como Nitrato, Amonio o el N-Kjeldahl, no apuntan la existencia de un problema al respecto.
- El otro parámetro que supera en más de un 5% el nivel de incumplimiento es la DBO<sub>5</sub> (v. figura adjunta), que en el caso de vida piscícola tiene un nivel algo inferior que en prepotables por lo que se llega al 7% de incumplimientos, aunque su valor medio es inferior a 3 mg/l.

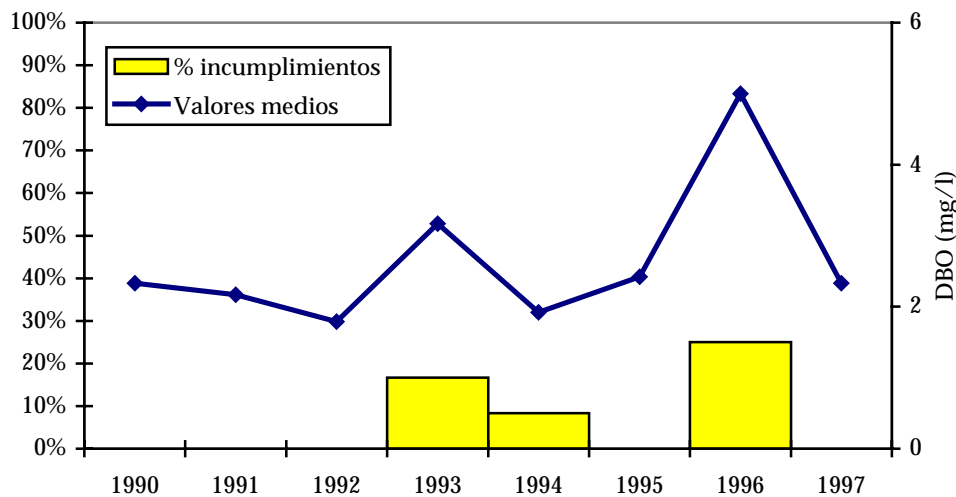


Figura 36. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el alto Duero

- Respecto a la calidad del agua para riego, sólo el pH ha superado en algún momento los límites recomendados por la FAO, aunque sólo en un 3% de las ocasiones. Ello implica excelente aptitud.
- Del estudio de calidad realizado con la red biótica en el alto Duero, se puede apreciar cómo antes de Soria la calidad es buena, aunque se ve ligeramente afectada por algo de contaminación sobre todo en los momentos de menores caudales. A su paso por Soria, la calidad disminuye para recuperarse posteriormente en Almazán y San Esteban de Gormaz.

En conclusión, se puede decir que la calidad en esta zona es buena y apta para todos los usos, salvo por el problema debido a la materia en suspensión y su incidencia sobre la vida piscícola.

### 6.3.3.1.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia

Como conclusión de lo expuesto cabe reiterar que la calidad del agua es buena y, desde el punto de vista de un posible trasvase, con los nuevos embalses incluso puede mejorar, dado que en los mismos muy probablemente se producirá una decantación de la materia en suspensión, que es el único problema identificado en

esta zona. En consecuencia, no sería necesario ningún tratamiento previo de este agua para su trasvase.

Solo es destacable, como una diferencia en calidad frente al destino de la transferencia, la escasa mineralización de las aguas. El Tajo, a la altura del embalse de Bolarque, tiene un contenido en iones y, consecuentemente, una salinidad más elevada que el Duero, por lo que la mezcla de aguas tendrá una salinidad inferior al agua original. Este aspecto se verá con más detalle en el apartado que analiza la calidad del agua en este embalse.

### 6.3.3.2. BAJO DUERO

El posible origen de trasvase se encontraría en el embalse de Villalcampo, en el río Duero, y el destino sería, como antes, el embalse de Bolarque, en el Tajo.

El embalse de Villalcampo se sitúa aguas abajo de la ciudad de Zamora, y en él confluye el río Esla.

#### 6.3.3.2.1. Análisis de la Calidad del Agua

Se cuenta con los datos recogidos en la estación COCA de Puente Pino (02093), que se ubica justo aguas abajo del embalse de Villalcampo, tal y como se observa en la figura.

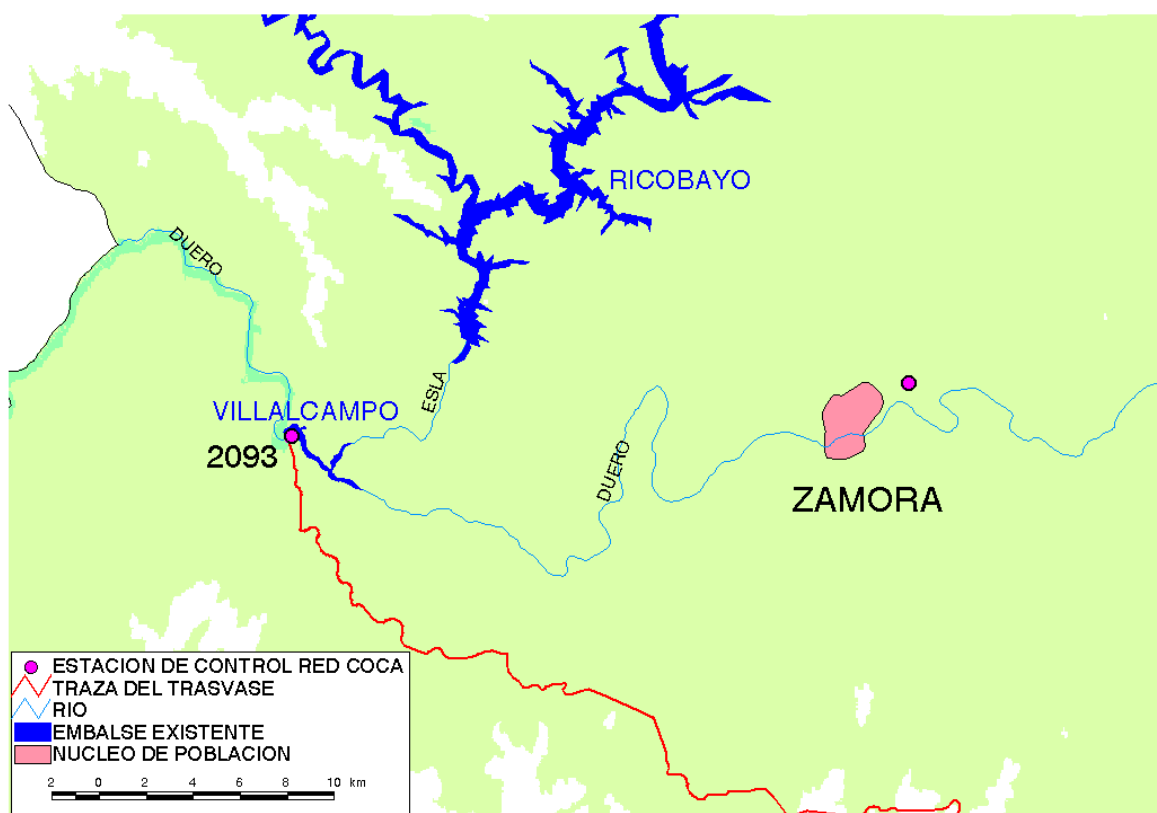


Figura 37. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el bajo Duero

Los resultados del análisis de la calidad son los siguientes:

- Respecto de la normativa de prepotables sólo existe un parámetro, de los que se han medido, que incumple en elevado rango el límite establecido, los Fosfatos con un 24% (v. figura).

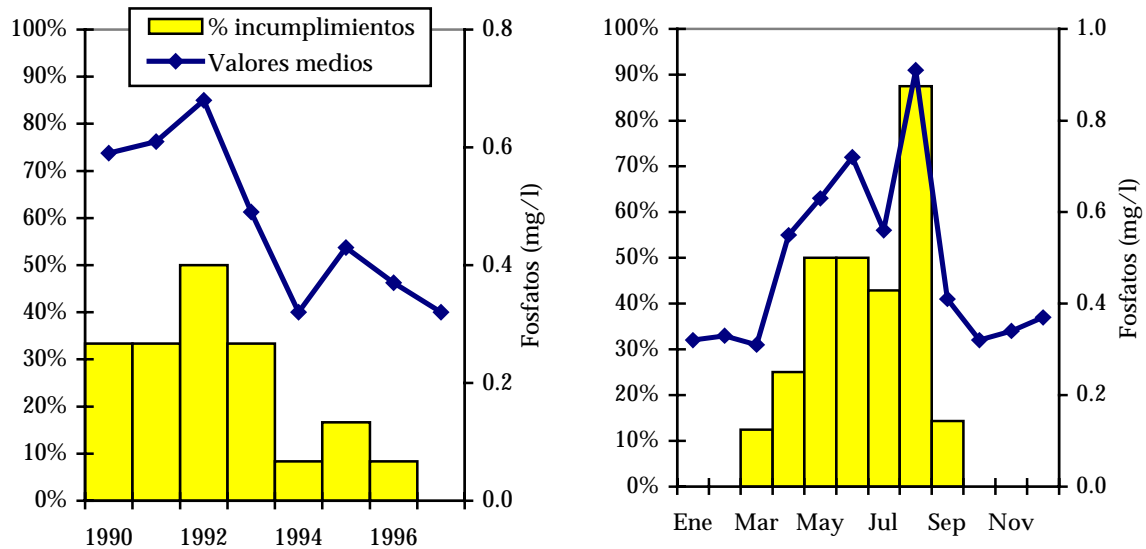


Figura 38. Evolución anual y mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el bajo Duero

- Tanto para los Fosfatos como para el Fósforo Total parece que se detecta una tendencia a la mejoría en los últimos años, llegándose a concentraciones de 0,32 y 0,19 mg/l, respectivamente, en 1997.
- Aunque se detectan valores algo elevados de parámetros típicos de contaminación urbana, como DBO, DQO y Coliformes, no superan, en general, los límites de A3.
- En esta zona se dan valores más elevados de Cloruros (24,6 mg/l), Sulfatos (51,4 mg/l) y Conductividad (417  $\mu$ S/cm) que en el alto Duero, pero siguen estando muy alejados de los límites impuestos en la normativa.
- La normativa de peces se incumple en mayor porcentaje por los Nitritos (44%) aunque sólo se han realizado 9 análisis y todos ellos en 1990 (v. figura). Este compuesto se suele encontrar en valores altos en embalses eutróficos.

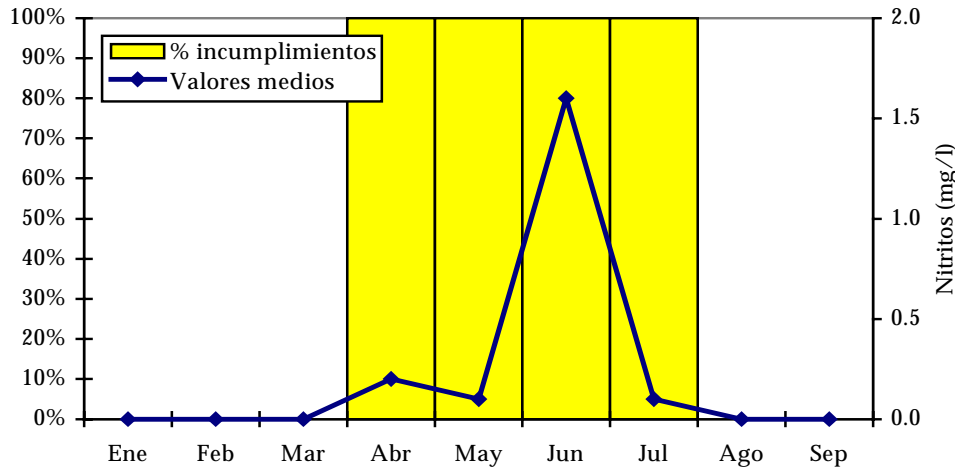


Figura 39. Evolución mensual de la concentración media de Nitritos y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el bajo Duero

- En menor grado de incumplimiento, aunque superando el 5%, se encuentran Fósforo Total (8,8%), materia en suspensión (8,7%) y DBO (6,52%) (v. figura). También se encuentran valores algo elevados de Amonio, aunque de forma general no incumplen la normativa.

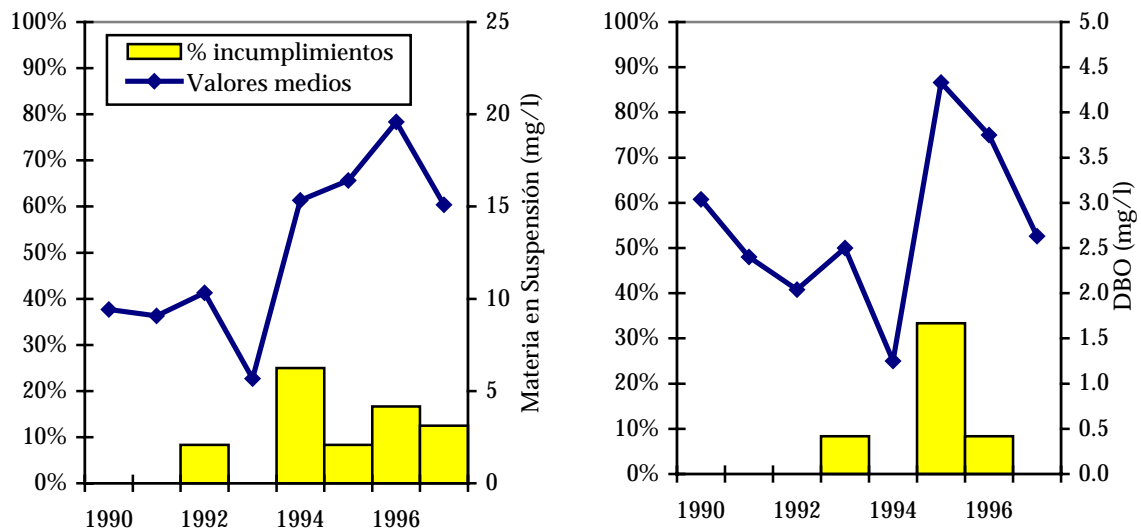


Figura 40. Evolución anual de la concentración media de Materia en Suspensión y de la DBO y de incumplimientos de la normativa de peces por estos parámetros en el bajo Duero

- Los valores de oxígeno, tanto de concentración (v. figura adjunta) como de saturación, incumplen por encima del 5% los límites de las normativas. Esto resulta lógico, pues se trata de un embalse en estado eutrófico, por lo que los niveles de oxígeno en determinados momentos pueden ser muy bajos.

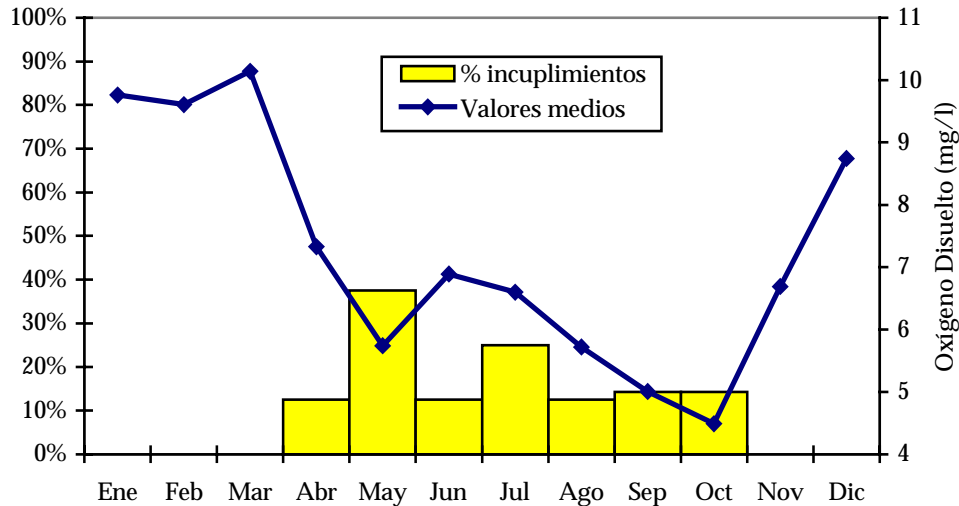


Figura 41. Evolución mensual de la concentración media de Oxígeno Disuelto y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el bajo Duero

- Respecto a las recomendaciones para riego, solo hay un parámetro que supera en porcentaje apreciable los límites de la FAO, que es el pH con un 12% de incumplimientos (v. evolución en la figura).

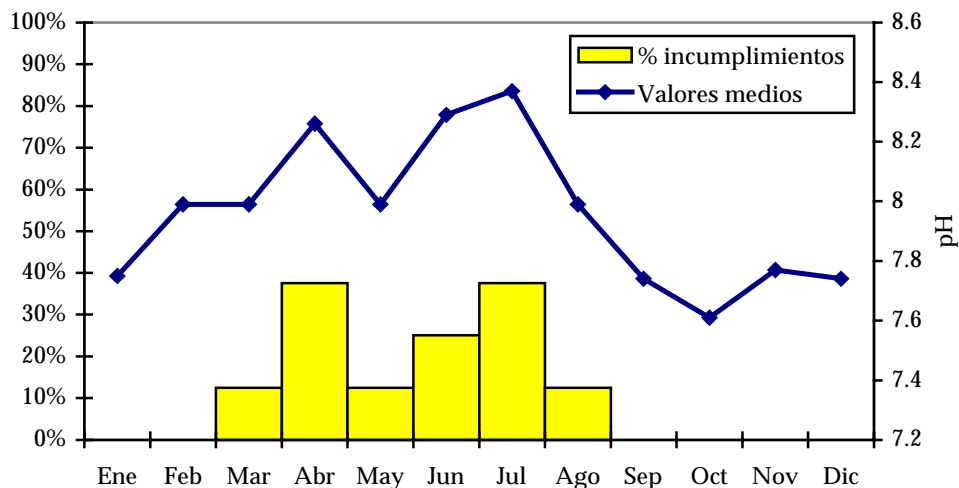


Figura 42. Evolución mensual del pH medio y de incumplimientos de las recomendaciones para aguas de riego por este parámetro en el bajo Duero

- En los estudios de la red biológica se puede ver que el Duero, antes de Zamora, se encuentra ligeramente afectado por la contaminación, aunque la calidad es buena. Después, al paso por Zamora, experimenta un empeoramiento y, a pesar de la entrada del río Esla, que influye positivamente en la calidad, presenta un estado eutrófico en el embalse de Villalcampo.

En conclusión, podría afirmarse que las aguas del embalse de Villalcampo no se encuentran en muy mal estado para posibles transferencias, salvo por unos valores elevados de compuestos de fósforo y nitrógeno, lo que provoca la eutrofización del mismo.



### **6.3.3.2.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia**

El embalse de destino del posible trasvase (Bolarque, en el Tajo) se encuentra, como se verá más adelante, en un buen estado trófico, con bajas concentraciones de nutrientes. Además, en el tramo del río Tajo donde se ubica los objetivos de calidad impuestos por el Plan Hidrológico de la cuenca son bastante estrictos (A2 y Salmonícola) por lo que existe una restricción importante respecto a parámetros como Fosfatos y Nitritos.

El comportamiento de los nutrientes a lo largo del trasvase es pseudoconservativo, puesto que se puede producir cierta reducción en los mismos por precipitación o por consumo de las algas desarrolladas en el fondo y el perifiton. Aunque la tasa de consumo sea baja, debe tenerse en cuenta que el trasvase previsto tiene una importante longitud (superior a 500 km), por lo que el agua tardaría más de cinco días en llegar al destino.

Por otra parte, el trasvase llega al embalse de Bolarque, donde se mezcla con un volumen de agua muy importante con concentraciones muy bajas de nutrientes, por lo que se diluye, y donde se pueden seguir dando procesos de sedimentación y consumo.

En consecuencia, incluso en el caso de mantenerse en el futuro las concentraciones actuales de nutrientes, como éstas no son excesivamente elevadas, es difícil valorar cuál sería el efecto en las aguas de Bolarque y aguas abajo del mismo (río Tajo y ATS).

Por otra parte, la depuradora de Zamora, actualmente en desarrollo, afectará muy positivamente a la calidad del agua a lo largo del río y en el propio embalse de Villalcampo. Esta depuradora constará de un tratamiento biológico de eliminación de Nitrógeno y Fósforo, denominado A2O, por lo que las cantidades de estos compuestos, que eran los más preocupantes en el embalse, se verán disminuidas. Además, se debe tener en cuenta que en muchas de las poblaciones importantes de la cuenca que desemboca en este embalse se acaban de finalizar las obras de depuración o se encuentran todavía en construcción, y se prevé su próxima puesta en marcha. Este es el caso de Valladolid, León, Medina del Campo, Palencia o Aranda de Duero. La mayoría de ellas incluye en sus tratamientos la eliminación de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo), por lo que la carga aportada a la cuenca y, consecuentemente, la concentración de estos elementos en el embalse de Villalcampo, se verá muy reducida en el futuro.

Esta mejora prevista para el futuro, unida a lo dicho anteriormente sobre el contenido de nutrientes, llevan a pensar que lo más probable es que se podría realizar el trasvase con un mínimo impacto en la calidad de Bolarque en cuanto a parámetros típicos de contaminación, sin necesidad de realizar ningún tipo de tratamiento previo.

Existe otra diferencia entre el bajo Duero y el Tajo que se debe destacar, y es la mineralización de sus aguas. Aunque en el embalse de Villalcampo ha aumentado ligeramente la salinidad respecto al alto Duero, sigue siendo mucho más elevada en destino que en origen, como se verá al analizar la calidad en el embalse de Bolarque. En este caso es aplicable lo dicho para el alto Duero.

### 6.3.4. CUENCA DEL TAJO

En la cuenca del Tajo se localizan dos posibles orígenes de trasvase, que son el río Jarama en su desembocadura en el Tajo y el río Tiétar. Además, se encuentra en esta cuenca el embalse de Bolarque que, además de ser el origen del trasvase Tajo-Segura, puede ser un punto intermedio en varias de las soluciones nuevas de trasvase estudiadas.

#### 6.3.4.1. JARAMA

El posible origen de esta transferencia se ubica en el río Jarama, unos dos kilómetros aguas arriba de su desembocadura en el Tajo.

El destino del trasvase sería el embalse de Bolarque, aguas arriba en el río Tajo, donde se mezclaría con las aguas del mismo y, posteriormente, la mezcla podría ser derivada en parte por el trasvase Tajo-Segura.

En la cuenca del Jarama se da una circunstancia absolutamente excepcional, y es la existencia de una carga contaminante global superior a los ocho millones de habitantes equivalentes, entre vertidos urbanos, industriales y ganaderos. Aunque la mayor parte de los vertidos se depuran, y el esfuerzo realizado en este sentido es muy importante, las características y el tratamiento de los vertidos provenientes del área metropolitana de Madrid condicionan esencialmente las características de calidad de todos los tramos situados aguas abajo. Los caudales circulantes en verano y otoño son muy regulares

y proceden de vertidos tratados, no existiendo apenas efecto de dilución, dada la moderada cuantía relativa de los caudales propios frente a los residuales.

Puede afirmarse, pues, que se trata de un origen de recursos completamente desnaturalizado, donde el río original ha pasado a ser un cauce con caudal casi constante y efluente de depuradoras de aguas residuales urbanas e industriales.

Una consecuencia directa de tal régimen es que no hay un estado actual de la calidad que pueda considerarse estable y representativo, sino que las características de calidad del agua circulante son antrópicas y muy sensibles respecto al buen o mal funcionamiento de los sistemas de depuración.

El Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo establece que, en la hipótesis de someter todos los vertidos de la cuenca a un tratamiento avanzado, con estrictos parámetros de salida tanto en DBO y sólidos como en nutrientes, no se podrá llegar nunca a alcanzar una categoría A3 en prepotables, ni ciprinícola en vida piscícola, ni aptitud para el baño. Esto se considera tanto en el Manzanares como en el Henares y el Jarama en su curso bajo.

En su defecto establece unos objetivos a alcanzar con este supuesto, fijando una serie de valores a determinados parámetros:

DBO <sub>5</sub>	15 mg O <sub>2</sub> /l
S.S.	25 mg/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	10 mg/l
P tot.	3 mg/l

Estos valores están más cercanos a valores de efluente de depuradora que a lo que debe ser la calidad en un río, lo que resulta lógico considerando las especiales circunstancias que se dan en esta cuenca.

#### 6.3.4.1.1. Análisis de la Calidad del Agua

Para el análisis de la calidad del agua se cuenta con los datos de la estación COCA de Puente Largo (03175), ubicada en el Jarama cerca de su desembocadura en el Tajo tal y como muestra la figura.



Figura 43. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Jarama

Se han analizado los datos recogidos entre 1990 y 1998, siendo los resultados los siguientes:

- En el 100% de las muestras recogidas en este periodo se incumple tanto la normativa de prepotables como la de vida piscícola. La normativa de prepotables es incumplida de forma constante por, al menos, 9 parámetros y la de vida piscícola por 6.
- La  $DBO_5$  supera en más de un 70% de las ocasiones los límites de ambas normativas (v. figura). Los valores son muy variables, oscilando entre 2 y 30 mg/l. La concentración media ha sido 13 mg/l, produciéndose una disminución de los valores hacia el año 1995 para, posteriormente, volver a aumentar. No se detecta ninguna tendencia estacional.

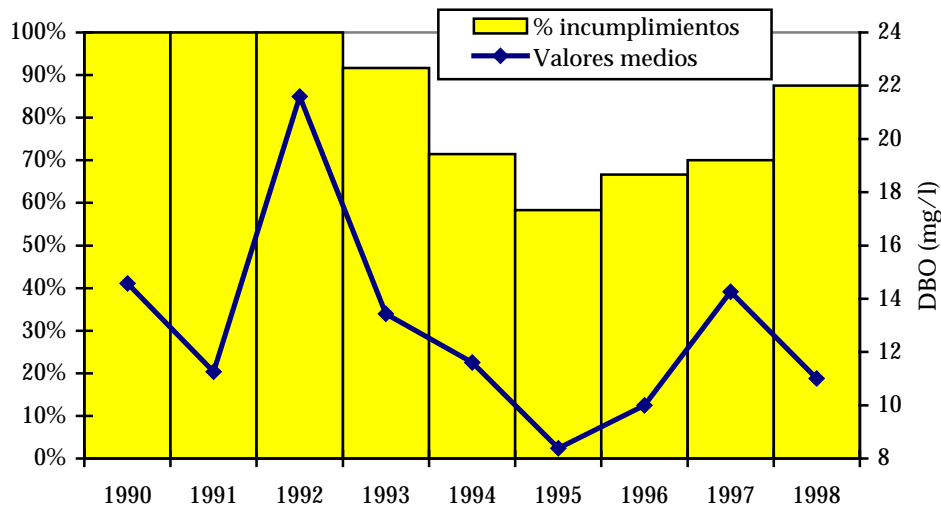


Figura 44. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama

- La DQO supera el límite de la normativa de prepotables el 59% de los casos, llegándose a valores de 120 mg/l. El valor medio de la DQO ha sido 40,6 mg/l, siendo superior al límite de la normativa (30 mg/l). La DQO entre los años 1990 y 1993 se analizaba con permanganato, siendo a partir de 1994 cuando pasa a analizarse con Dicromato, que es el tipo de análisis que exige la normativa. En consecuencia, los resultados reflejados aquí se refieren sólo al período 1994-1998.
- Los Coliformes Totales superan el límite de la normativa de prepotables (50.000 ud/100 ml) en el 40% de los muestreos, encontrándose siempre en valores importantes. Otros parámetros microbiológicos no han sido medidos pero, teniendo en cuenta la procedencia de las aguas, todo parece indicar que incumplirían la normativa de la misma forma.
- El Oxígeno Disuelto se encuentra por debajo del límite impuesto por la normativa de vida piscícola como aquél que no debe superarse nunca (4mg/l), el 37% de las ocasiones (v. figura). A su vez, el porcentaje de saturación de oxígeno se encuentra por debajo del límite impuesto por la normativa de prepotables (30% de saturación) el 17% de las ocasiones. Se ha llegado a valores de 0,5 mg/l, lo que suponía un 5% de saturación. El porcentaje medio de saturación de oxígeno ha sido del 52% y la concentración de 5 mg/l. En los últimos tres años no se ha incumplido la normativa por saturación de Oxígeno, aunque sí en concentración.

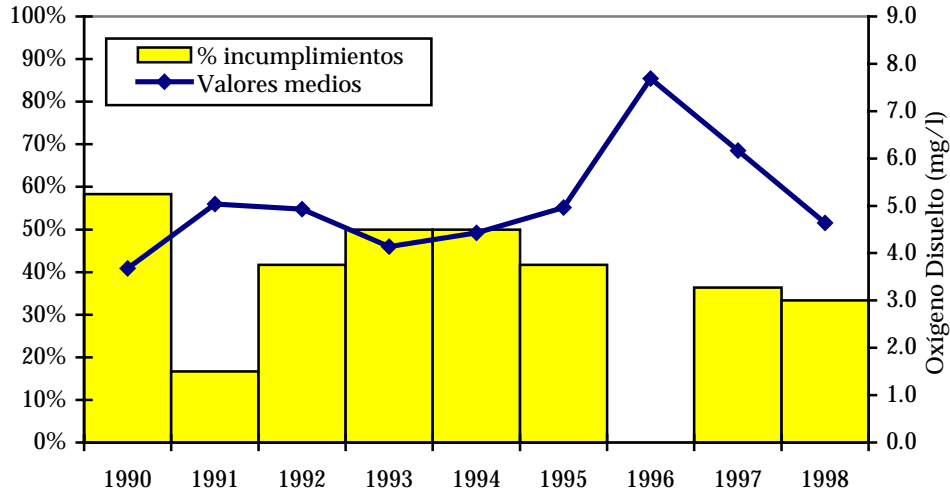


Figura 45. Evolución anual de la concentración media de Oxígeno Disuelto y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama

- La materia en suspensión supera el límite de la normativa de vida piscícola el 35% de las ocasiones, siendo su valor medio 38,6 mg/l (v. figura). Este parámetro ha empeorado en los últimos cinco años, llegando a un 58% de incumplimientos en este período.

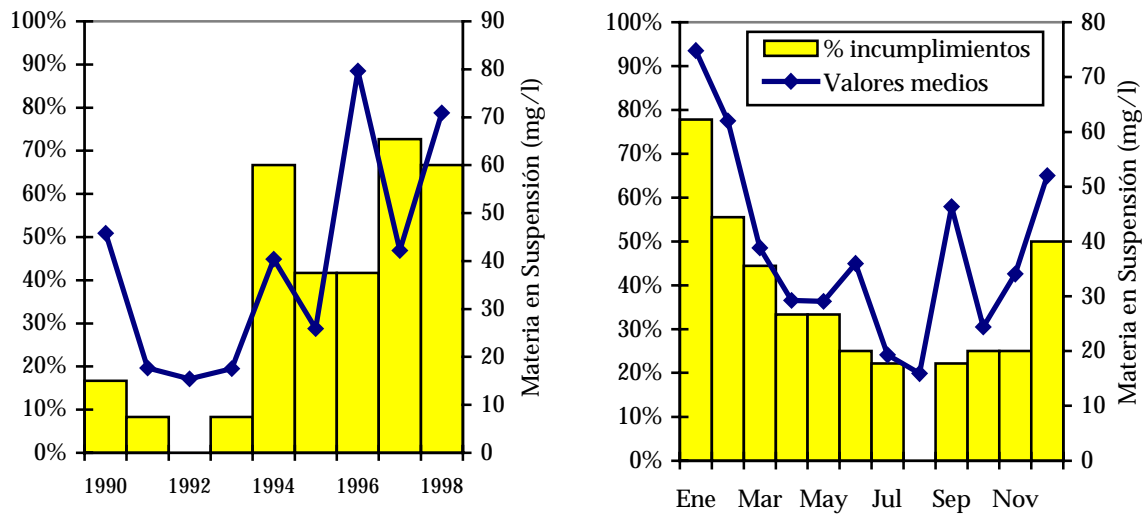


Figura 46. Evolución anual y mensual de la concentración media de Materia en Suspensión y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama

- El Amonio supera la normativa de prepotables en el 88% de los muestreos y la de vida piscícola en el 99% (v. figura). Se ha llegado a valores superiores a los 30 mg/l. En los últimos cinco años estos porcentajes de han reducido al 78 y 96%, respectivamente. Aunque la concentración media de todo el período ha sido de 15,6 mg/l, existe una clara mejoría desde 1994, estando en los tres últimos años en torno a 9 mg/l.

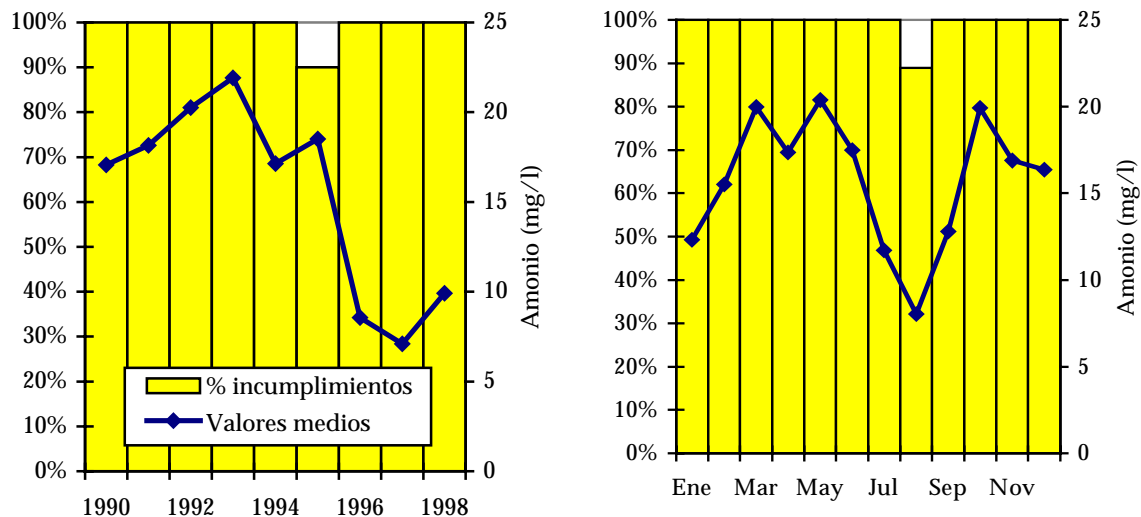


Figura 47. Evolución anual y mensual de la concentración media de Amonio y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama

- El Nitrógeno Kjeldahl se ha medido sólo en los dos últimos años, existiendo 15 datos. Supera el límite de la normativa de prepotables en 14 de ellos (93%). Se ha llegado a valores de 19 mg/l.
- Aunque no se han detectado incumplimientos por parte de los Nitratos, esto es debido a las características del agua, más cercanas a agua residual que a agua fluvial. Los elevados valores de Amonio y Nitrógeno Kjeldahl, hacen pensar que si el agua pasa a otras condiciones más oxigenadas y se produce la nitrificación, el valor de Nitratos se elevaría incumpliendo la normativa en alto porcentaje.
- El Nitrito supera el límite de la normativa de vida piscícola el 73% de las ocasiones, oscilando entre valores menores de 0,02 mg/l y 1,4 mg/l. El valor medio ha sido 0,29 mg/l. Se debe recordar que el valor guía determinado por la normativa es 0,03 mg/l para aguas ciprinícolas. No se conocen datos para el período 1991-1993 pero, por el comportamiento de otros parámetros relacionados, cabe suponer que los valores en este intervalo de tiempo serían iguales o peores que los analizados.
- Mientras que el Amonio parece que mejora en la época estival, con el Nitrito sucede todo lo contrario (v. figura adjunta).

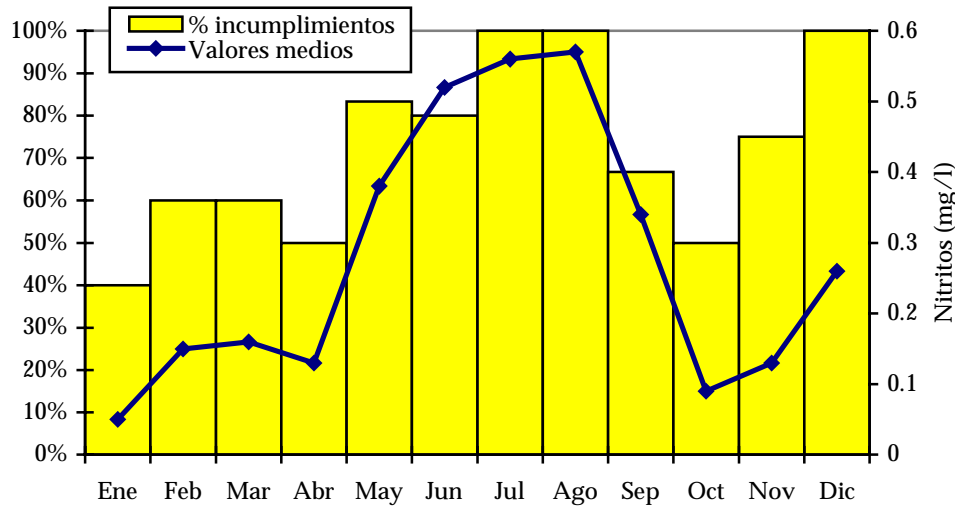


Figura 48. Evolución mensual de la concentración media de Nitritos y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Jarama

- Los Fosfatos superan el límite establecido en la normativa de prepotables el 100% de las ocasiones (v. figura). El valor mínimo detectado ha sido 0,8 mg/l (ligeramente superior al límite de la normativa) y el máximo 13,2 mg/l, siendo el valor medio 6,4 mg/l. Existe un empeoramiento hasta el año 1994 y a partir de entonces se invierte la tendencia, mejorando año tras año, hasta 1997 donde se estabiliza.

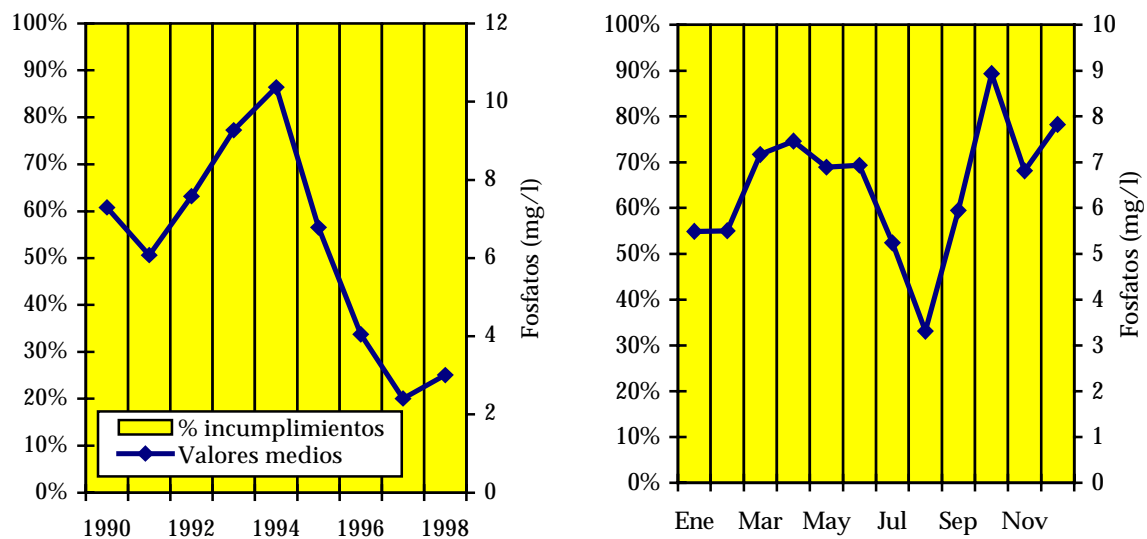


Figura 49. Evolución anual y mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama

- El límite establecido en la normativa de vida piscícola para el Fósforo Total se supera el 98% de las ocasiones, oscilando su valor de concentración entre 0,35 y 4,11 mg/l. Sólo se conocen datos a partir de 1994 y la tendencia es la misma que en Fosfatos. Su valor medio ha sido 2,6 mg/l.

- La concentración de compuestos de Fósforo disminuye en los dos primeros meses del año y en la época estival.
- La conductividad supera el límite de la normativa de prepotables el 71% de las ocasiones (v. figura). El valor medio de la conductividad ha sido de  $1.280 \mu\text{S}/\text{cm}$ , pero ha sufrido unas oscilaciones muy importantes, variando entre  $416$  y  $2.660 \mu\text{S}/\text{cm}$ . A lo largo del tiempo se ha detectado un aumento progresivo de la conductividad hasta 1995, mejorando de manera significativa en los últimos tres años.

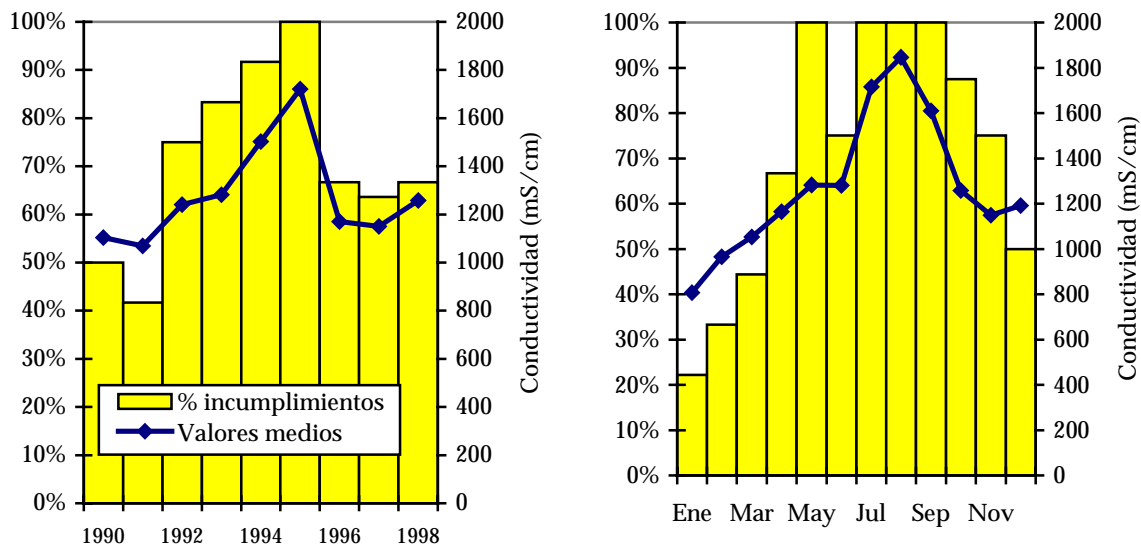


Figura 50. Evolución anual y mensual de la conductividad media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama

- Los Sulfatos superan el 78% de las ocasiones el límite de la normativa de prepotables. Más importante que su valor medio ( $370 \text{ mg}/\text{l}$ ) son las fuertes oscilaciones detectadas (entre  $80$  y  $1.100 \text{ mg}/\text{l}$ ).
- Tanto en las sales disueltas como en la conductividad se detecta un fuerte aumento en la época estival (v. figura), con incumplimientos permanentes en este periodo.



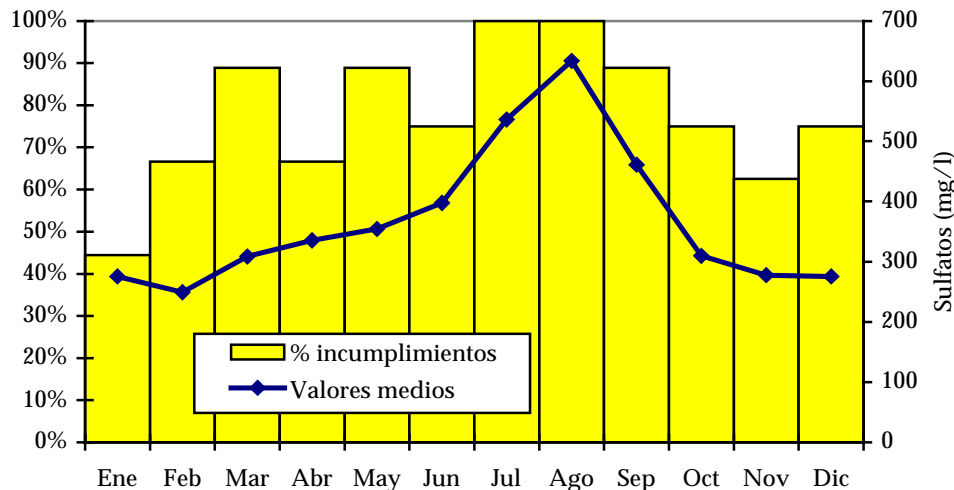


Figura 51. Evolución mensual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama

- El 20% de los análisis de sustancias tensioactivas supera el límite de la normativa de prepotables. Hasta el año 1993 el nivel de estas sustancias era muy elevado, pero posteriormente se produce una importante mejoría, no habiéndose detectado incumplimientos en los últimos cuatro años. Estacionalmente se detecta una clara evolución, con los menores valores en la época estival (v. figura adjunta).

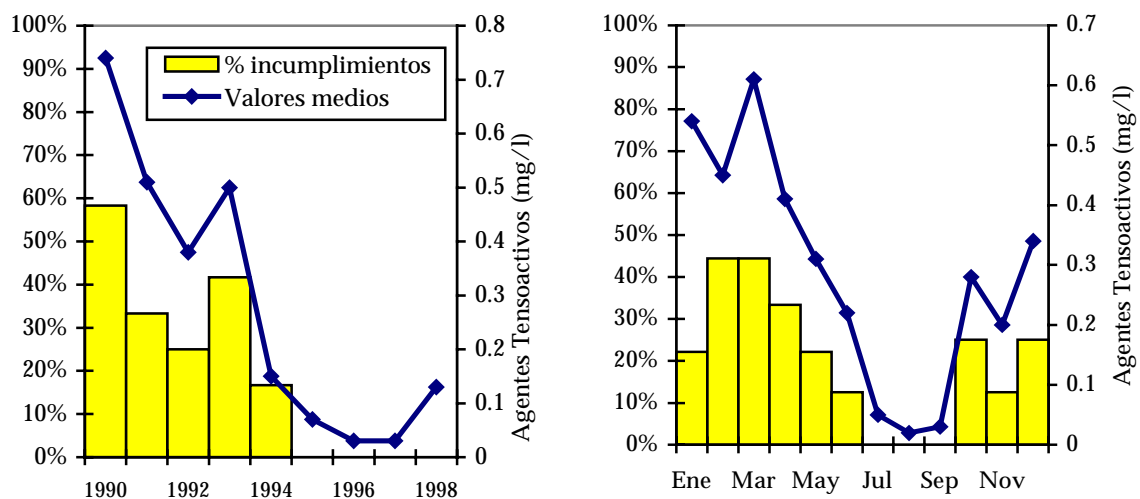


Figura 52. Evolución anual y mensual de la concentración media de agentes tensioactivos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Jarama

- La concentración de Manganeseo supera el 36% de las ocasiones el límite recomendado para riego por la FAO. El valor medio de este parámetro ha sido 0,19 mg/l, siendo 0,20 mg/l el valor límite recomendado por la FAO. Se ha detectado una mejoría en los dos últimos años, no habiéndose detectado en ellos valores superiores al límite recomendado (v. figura).

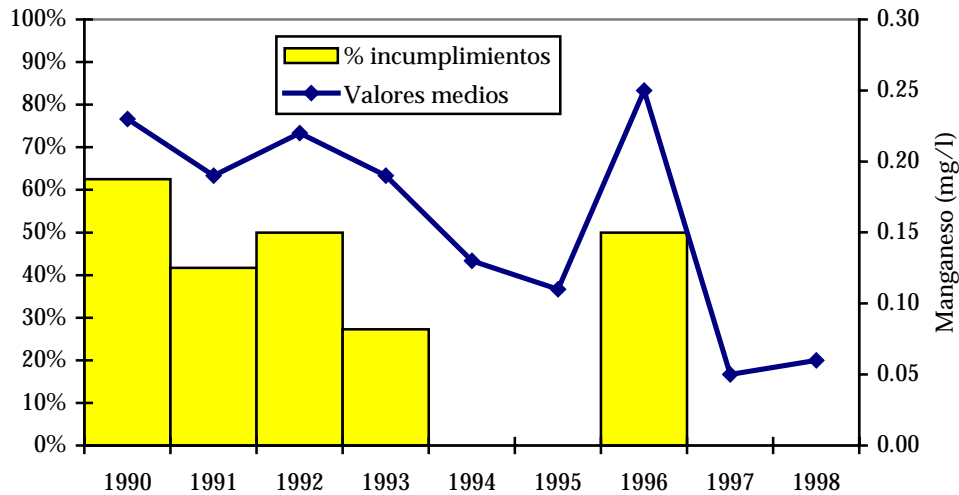


Figura 53. Evolución anual de la concentración media de Manganeso y de incumplimientos de las recomendaciones para aguas de riego por este parámetro en el Jarama

Se debe tener en cuenta que, además de los ya mencionados parámetros microbiológicos, no se han analizado una serie de parámetros recogidos en las normativas de prepotables y vida piscícola, por lo que pudieran existir más parámetros críticos.

En síntesis, a pesar de que en los últimos años se detecta una mejoría en bastantes parámetros, los valores siguen denotando una mala calidad del agua. Tan destacable es el deficiente valor encontrado en muchos de los mismos, como su variabilidad. En la figura siguiente se representan, como ejemplo, los valores analizados durante el periodo de estudio para la DBO<sub>5</sub>, Fosfatos y Amonio.

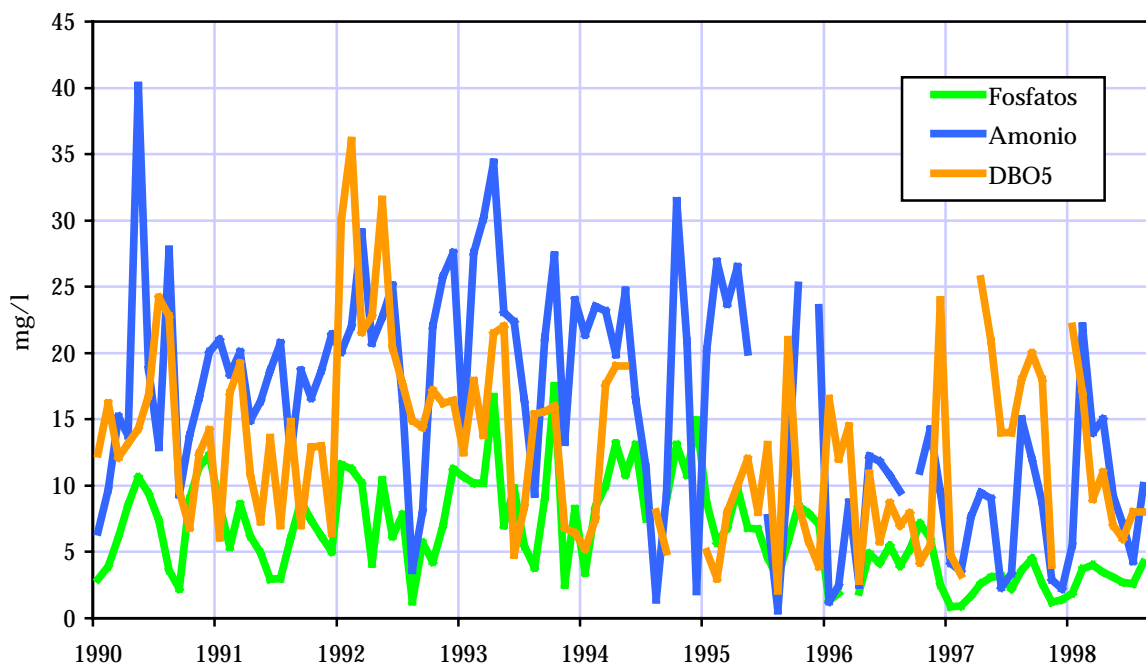


Figura 54. Evolución de la DBO<sub>5</sub>, Fosfatos y Amonio en el río Jarama

Se han analizado también las estaciones COCA ubicadas en el río Tajo aguas arriba y aguas abajo de la desembocadura del Jarama (011, Aranjuez, y 339, Puente de la Barca), para valorar el efecto que provocan los aportes de este agua.

En la estación de Aranjuez, ubicada antes de la población y, por tanto, de sus vertidos, la calidad del agua del Tajo se puede calificar como buena, siendo su único problema un contenido elevado de sales, lo que genera incumplimientos por cloruros y, sobre todo, por sulfatos y conductividad.

Sin embargo, a pesar de la distancia existente hasta la estación de Puente de la Barca (antes de la desembocadura del río Algodor) los parámetros de calidad están en el mismo orden de los registrados en el Jarama. El efecto diluyente del Tajo es moderado debido a la relación de caudales y, además, queda amortiguado por los vertidos de Aranjuez.

#### **6.3.4.1.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia**

El análisis de la calidad del agua del Jarama confirma lo dicho anteriormente: que debido a la gran conurbación de Madrid, este cauce, en su curso bajo, más que un río es un colector de efluentes residuales con un grado de oscilación variable, llegando en determinados momentos a condiciones pésimas. El muy importante esfuerzo realizado en materia de depuración en Madrid ha mejorado sensiblemente las condiciones de calidad de los vertidos del área, generando un efecto de mejora perceptible en los últimos años, pero los efluentes, aún tratados, no pueden llegar a establecer las condiciones de un agua fluvial.

Se puede asegurar, en definitiva, que las aguas en la desembocadura del Jarama no resultan aptas para ningún uso, salvo para el riego y, aún así, con ciertas precauciones.

Su trasvase en el estado actual supondría un enorme impacto sobre el embalse de Bolarque, dado su estado de calidad -que se trata seguidamente-, sobre los caudales del acueducto Tajo-Segura y sobre el curso del río Tajo aguas abajo de Bolarque hasta la confluencia con el Jarama, dado su buen estado de calidad actual. Por otra parte, la calidad en el Tajo a partir de la desembocadura del Jarama mejoraría, puesto que se extraería una parte de este aporte tan cargado para destinarlo al trasvase y otra parte se sometería a una dilución y a un recorrido mayor, por lo que se podrían dar procesos de autodepuración.

En cualquier caso, no parece lógico, en principio, trasvasar un agua de tan mala calidad dado lo limitado de sus posibles usos y el impacto que produciría en las zonas de destino del trasvase, por lo que debería mejorarse su calidad de forma previa a un posible trasvase. Además, deben respetarse los objetivos de calidad establecidos en el Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo. Este Plan, para el tramo entre el embalse de Bolarque y Aranjuez, impone unos niveles de calidad A2, Salmonícola y Apto, en función de las normativas de prepotables, vida piscícola y baño, respectivamente.

En circunstancias ordinarias, lo lógico sería depurar los vertidos que estén en origen afectando a la calidad del medio, pero en este caso especial el medio es el propio

vertido de las depuradoras, por lo que resulta difícil, en esta dirección, concebir una mejora. La única opción sería ir a tratamientos más avanzados pero, ni aún así, se podría llegar a niveles aceptables para los diferentes usos, puesto que sobre todo en nutrientes (compuestos del nitrógeno y del fósforo) y en parámetros microbiológicos sería muy difícil cumplir los límites. Por otra parte, se debe tener en cuenta que Madrid cuenta con siete grandes depuradoras de las que actualmente, después del último Plan de Saneamiento, sólo una de ellas (Viveros) se está ampliando con el objetivo de realizar eliminación de nutrientes. Además de esto, se están emprendiendo importantes actuaciones para mejorar en esta dirección, como el planteamiento de las nuevas depuradoras de La Gabia, Culebro I o Culebro II, que incluyen eliminación de nutrientes.

No obstante, la gran concentración urbano-industrial existe y su carga contaminante generada, pese a las siete depuradoras de Madrid más las de Alcalá de Henares (urbana e industrial) y Guadalajara suponen un condicionante inevitable y decisivo para la calidad del río. Pese al máximo rigor y celo que pueda ponerse en la vigilancia de vertidos, el control de la calidad y la explotación del sistema de tratamiento, cualquier incidencia en el funcionamiento (fallo, parada, vertido accidental, rotura, lluvias intensas, etc.) de alguna instalación y el consiguiente vertido directo al río o un efluente menos depurado, aunque sólo sea de una parte del caudal, supone una carga importantísima. De hecho, esto explicaría la variabilidad en los datos de calidad registrados.

La única opción, por tanto, en este caso pasaría –como se indicó– por hacer un tratamiento en origen, previo y específico, de las aguas a trasvasar. Una planta de este tipo sería de difícil diseño y explotación. Por una parte se deben tener en cuenta los condicionantes de la variabilidad de los influentes. Por otra, se deberían reducir los compuestos de nitrógeno y fósforo, no existiendo posibilidad de realizarlo por vía biológica, dado que se trata ya de efluentes depurados que no cuentan con el aporte necesario de materia orgánica fácilmente biodegradable, necesaria para los procesos de desnitrificación y de eliminación biológica del fósforo. En consecuencia, se debería optar por procesos fisicoquímicos con mayor coste de explotación. Además, para cumplir con los objetivos de baño, muy probablemente debería incluirse una desinfección.

#### **6.3.4.2. EMBALSE DE BOLARQUE**

El embalse de Bolarque, en cabecera del Tajo, es origen del existente trasvase Tajo-Segura y se emplearía como paso intermedio en los trasvases que tienen su origen en el río Duero y en el Jarama. No es, por tanto, una nueva fuente de recursos origen de transferencias, pero es un importante punto de tránsito y distribución, en el contexto de tales posibles nuevas transferencias.

Los objetivos de calidad establecidos en este embalse y en el tramo del Tajo aguas abajo por el Plan Hidrológico de cuenca, como ya se ha mencionado, son muy estrictos (A2, Salmonícolas y Aptas para el Baño). Ello supone unas limitaciones muy importantes a las posibles transferencias.

### 6.3.4.2.1. Análisis de la Calidad del Agua

Para conocer su estado de calidad se cuenta con los datos recogidos en la estación COCA ubicada en el propio embalse (03007), durante el período 1990-1998, así como de estudios concretos de la eutrofización del embalse realizados por el CEDEX (v. figura adjunta).

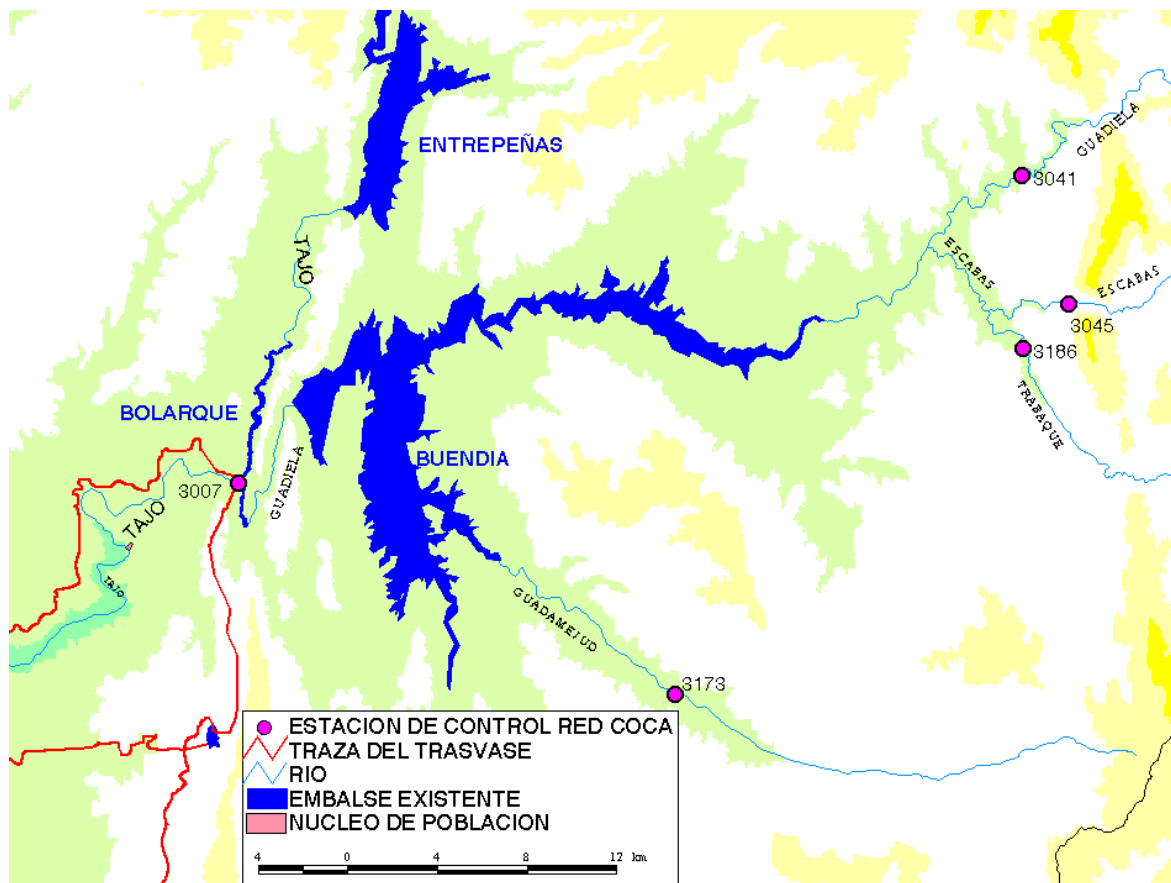


Figura 55. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Bolarque

El embalse de Bolarque se sitúa aguas abajo de dos embalses importantes, el de Entrepeñas en el Tajo y el de Buendía en el Guadiela, los cuales se encuentran en un estado de calidad muy bueno. Los tres embalses se han calificado como oligotróficos.

Del análisis de los datos de la red COCA en función del cumplimiento de las normativas de vida piscícola y prepotables se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Aunque se echan en falta bastantes parámetros por analizar, la calidad del embalse en general se puede catalogar como buena.
- Sólo es destacable el incumplimiento de la normativa de prepotables producido por los Sulfatos (47% de las ocasiones, bajando al 28% en los últimos 5 años). El valor medio durante el período de estudio ha sido de 246 mg/l, siendo el límite de la normativa 250 mg/l (v. figura). Estas sales tienen un origen natural, no antrópico.

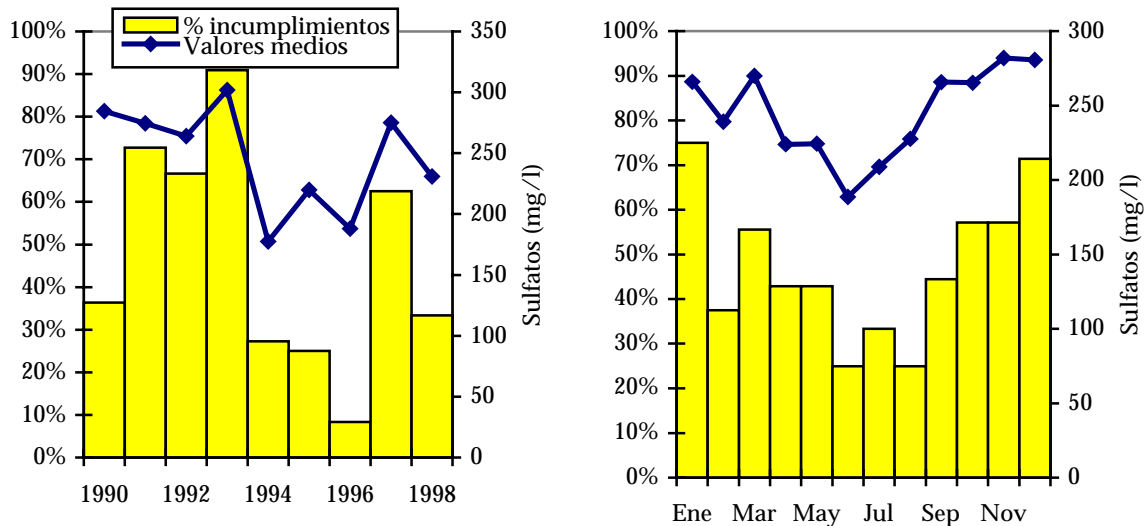


Figura 56. Evolución anual y mensual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Tajo en el embalse de Bolarque

- Los Cloruros, sin embargo, son bajos, muy alejados de los límites de cumplimiento de la normativa (siempre por debajo de 40 mg/l, con un valor medio de 26 mg/l), llegando el mayor aporte desde Entrepeñas en el Tajo. La Conductividad prácticamente siempre se mantiene por debajo de 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y presenta un valor medio de 695  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Del análisis de los datos de calidad de las estaciones de la red COCA ubicadas aguas arriba del embalse de Bolarque (005, en el Embalse de Entrepeñas, y 041, 045, 173 y 186, en la cuenca del Guadiela) se deduce que los Cloruros son aportados principalmente por el propio Tajo, mientras que los Sulfatos se encuentran en concentraciones más elevadas en la cuenca del Guadiela, sobre todo en los tributarios de la zona sur del embalse de Buendía.
- En tres ocasiones se han encontrado valores de Nitritos que incumplían la normativa de vida piscícola, pero dos de ellos corresponden a 1990, y otros compuestos del Nitrógeno se encuentran siempre en niveles bajos, sin acercarse a los límites de incumplimiento, por lo que no parece que exista un problema en este sentido.

En conclusión, el estado de calidad del embalse de Bolarque se puede catalogar como muy bueno, salvo por la existencia de concentraciones ligeramente elevadas de sulfatos de origen natural.

#### 6.3.4.2.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias

Si se produce el aporte de las aguas del alto Duero, de buena calidad, en principio cabe suponer que no afectaría a los posibles usos del recurso. Aunque la química del agua se vería afectada por la menor presencia de sales y, sobre todo, de sulfatos en el Duero, la mezcla de aguas resultante sería en todo caso de muy buena calidad.

En cuanto al bajo Duero, las aguas del embalse de Villalcampo, de llegar en su estado actual, podrían afectar al embalse de Bolarque fundamentalmente en su estado trófico, por el aporte de nutrientes que supone, aunque este efecto es de difícil cuantificación. Como ya se comentó, muy probablemente, el contenido en nutrientes disminuirá a corto plazo, debido a las importantes instalaciones de depuración recientemente terminadas o actualmente en construcción en la cuenca del Duero.

La carga de sales en este punto del Duero es sólo ligeramente más elevada que aguas arriba, por lo que la diferencia con Bolarque sigue existiendo. La concentración de Cloruros de Bolarque es muy similar a la del Bajo Duero, pero duplica la del Alto Duero. La concentración de Sulfatos de Bolarque triplica las concentraciones del Duero.

Finalmente, en cuanto al Jarama, la aportación de sus aguas al embalse de Bolarque perjudicaría gravemente su calidad y provocaría el incumplimiento de los objetivos de calidad impuestos por el Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo. Con gran probabilidad, esto sería así incluso si se abordase una depuración complementaria en las depuradoras de Madrid, por lo que sería necesario un tratamiento específico de las aguas transferidas.

Por otra parte, el contenido en sales en el Jarama es considerablemente más elevado que en Bolarque. Así, la concentración media de Sulfatos es un 50% más elevada, los Cloruros son cuatro veces superiores y la conductividad es un 85% más elevada. En la tabla adjunta se reflejan los valores de los iones disueltos más importantes así como aquellas variables que definen las características químicas del agua.

	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	PH	Dureza $\text{mg}/\text{l}$	Sulfatos $\text{mg}/\text{l}$	Cloruros $\text{mg}/\text{l}$	Bicarbonatos $\text{mg}/\text{l}$	Calcio $\text{mg}/\text{l}$	Magnesio $\text{mg}/\text{l}$	Sodio $\text{mg}/\text{l}$
Bolarque	695	7,75	411	246	26	161	124	35	14
Alto Duero	369	8,02	170	28	14	131	59	6	6
Bajo Duero	417	7,97	171	51	25	121	51	11	17
Jarama	1.279	7,41	521	370	112	233	133	44	103
Tiétar	105	7,06	36	13	9	32	9	4	8

Tabla 7. Características químicas del agua en el embalse de Bolarque y en los posibles orígenes de transferencias que le afectarían

En esta tabla se han incluido también las características de las aguas del Tiétar, puesto que uno de los destinos de sus aguas sería conectar con el ATS.

Como ya se ha comentado, en general, un aporte superior de sales limita más los posibles usos y es de más difícil solución que el caso contrario, puesto que éste se puede solucionar simplemente con la mezcla de aguas en la zona receptora.

El caso de las aguas del Tiétar es singular por su escasa mineralización. La mezcla con las aguas del ATS disminuiría el ya bajo contenido en sales de sus aguas. Actualmente existe mucha diferencia en mineralización con las aguas del río Segura, por lo que una disminución de las mismas acentuaría esta diferencia.

Respecto al contenido de nutrientes es importante destacar la elevada renovación de Bolarque, puesto que para analizar la eutrofización no debe tenerse en cuenta sólo la concentración de nutrientes sino también el tiempo de permanencia del agua en el

embalse. El volumen de agua que pasa por el mismo está en torno a 1.000 hm<sup>3</sup>/año, siendo su capacidad de unos 30 hm<sup>3</sup>. Esto supone una media de aproximadamente 3 renovaciones/mes, de modo que una renovación tan rápida disminuiría el riesgo de eutrofización.

Además, suponiendo una cierta relación de dilución (caudal circulante por el Tajo en Bolarque respecto al caudal de la posible transferencia) podría estimarse la concentración final de determinados parámetros en el agua de Bolarque en función de su concentración inicial en el embalse y lo que le añadiría la transferencia.

En la posible transferencia desde el Bajo Duero, suponiendo una relación de dilución 10:1, y puesto que la concentración media de Fosfatos en todo el periodo de estudio (1990-1997) es de 0,48 mg/l, en el embalse de Bolarque pasaría a ser, una vez realizada la transferencia, de 0,051 mg/l (la concentración de este parámetro es 0,003 mg/l en el Tajo en Bolarque + 0,048 mg/l en el agua del Bajo Duero aplicado el factor de dilución), por tanto cabría esperar que no afectase negativamente a la calidad del agua dada su baja concentración. Además, dista mucho del límite impuesto por la normativa de prepotables (0,7 mg/l para A2). Igualmente ocurriría con el Fósforo Total, que en el Bajo Duero en todo el periodo de estudio presenta una concentración media de 0,22 mg/l y pasaría a 0,037 mg/l tras la transferencia al embalse de Bolarque (0,022 mg/l en el bajo Duero aplicado el factor de dilución + 0,015 mg/l del agua del Tajo en Bolarque). Esta concentración es también muy baja, y está igualmente lejos del límite impuesto por la normativa de peces para aguas salmonícolas (0,2 mg/l).

Sin embargo, de realizar la transferencia desde el Jarama en desembocadura la situación sería muy diferente, puesto que las concentraciones en este río son mucho más elevadas. Así, en el caso de los Fosfatos la concentración media en todo el periodo de estudio (1990-1998) es de 6,43 mg/l, pasando a ser en Bolarque de 0,65 mg/l (0,643 mg/l aportados por el Jarama aplicado el factor de dilución + 0,003 mg/l del agua del Tajo en Bolarque), excesivamente próxima al límite de 0,7 mg/l impuesto por la normativa de prepotables para el nivel de calidad A2. Del mismo modo el Fósforo Total, que en el Jarama alcanza concentraciones de 2,06 mg/l, pasaría a ser en las aguas de Bolarque tras la posible transferencia de 0,23 mg/l (0,21 mg/l aplicado el factor de dilución + 0,015 mg/l del agua del Tajo en Bolarque), sobrepasando el límite de 0,2 mg/l impuesto para las aguas salmonícolas.

Además, de cara a los efectos concretos sobre la calidad del agua en el embalse de Bolarque como consecuencia de la posible transferencia desde el bajo Duero, sus aguas podrían alcanzar el grado de eutrofia (la concentración de Fósforo para aguas eutróficas está entre 0,035 y 0,1 mg/l, según la OCDE, 1982, siendo 0,037 mg/l la estimación obtenida en este caso), aunque dado el bajo tiempo de retención del agua en el embalse tal vez no se alterarían notablemente otros parámetros fisicoquímicos y biológicos importantes de cara a la calidad de las aguas embalsadas. Sin embargo, en la posible transferencia desde el Jarama, las aguas presentarían graves problemas de eutrofización, puesto que, también según la OCDE (1982), concentraciones de Fósforo en el agua de los embalses por encima de 0,1 mg/l (y en este supuesto alcanzaría más del doble de dicho límite) se corresponden con embalses hipereutróficos. No es preciso mencionar aquí las graves consecuencias que tendría



sobre los parámetros fisicoquímicos y biológicos un grado de eutrofia tan elevado, aún considerando un bajo tiempo de retención.

Si consideramos el modelo propuesto en OCDE (1982) para analizar la relación entre la concentración media de Fósforo y el tiempo de residencia del agua, en el supuesto de la transferencia desde el bajo Duero, el agua del embalse de Bolarque se esperaría que fuera eutrófica. Si se realizara la transferencia desde el Jarama, aplicando este mismo modelo, el grado trófico estimado sería hipertrófico.

Finalmente, habría que considerar el efecto que estas aguas tendrían al alcanzar, mediante el trasvase Tajo-Segura, el embalse de Alarcón. Se repetirían los efectos comentados anteriormente para las soluciones del bajo Duero y el Jarama, aunque en menor medida a causa de la dilución de las aguas del ATS con las del embalse de Alarcón. Así, sería lo más probable que, tras la dilución en Bolarque y la propia dilución de Alarcón, los efectos de los nutrientes en la posible transferencia desde el bajo Duero fueran imperceptibles. Por el contrario, la concentración de Fósforo en el Jarama es tal que, tras dejar Bolarque en un estado de hipertrofia, todavía podría generar la eutrofización de las aguas de Alarcón.

Por tanto, al comparar los efectos causados por la concentración del Fósforo, principal causante de la eutrofización del agua de los embalses, se observan los leves efectos que traería como consecuencia la transferencia de aguas procedentes del bajo Duero frente a los riesgos evidentes de una transferencia de aguas desde el Jarama en su desembocadura.

### **6.3.4.3. TAJO EN TOLEDO**

La toma del posible trasvase se ubicaría a unos 5 km aguas abajo de la ciudad de Toledo y los posibles destinos inmediatos de la transferencia serían las Tablas de Daimiel y el acuífero de la Mancha Occidental, sin perjuicio de otras posibles conexiones hacia Albacete o hacia aguas abajo, alcanzando al ATS.

Como paso intermedio y sirviendo, además, de regulación de los posibles usos se emplearía el embalse de Finisterre en la cuenca del Tajo. Este embalse permanece en la actualidad vacío la mayor parte del año.

El Tajo, a la altura de Toledo denota todavía la influencia de los vertidos de Madrid a través del Jarama, así como los de Aranjuez. A ello hay que sumar los propios vertidos de la ciudad y polígono industrial de Toledo que, aunque depurados, se encuentran muy cercanos a la posible captación para el trasvase. Con estos condicionantes, el estado de calidad no puede ser muy bueno, por bien que se depuren los vertidos de la zona.

#### **6.3.4.3.1. Análisis de la Calidad del Agua**

Para conocer el estado de calidad de esta zona se cuenta con los datos recogidos por la red COCA en las estaciones de Toledo (03014) y el Embalse de Castrejón (03151), ubicadas respectivamente aguas arriba y abajo de la posible toma.

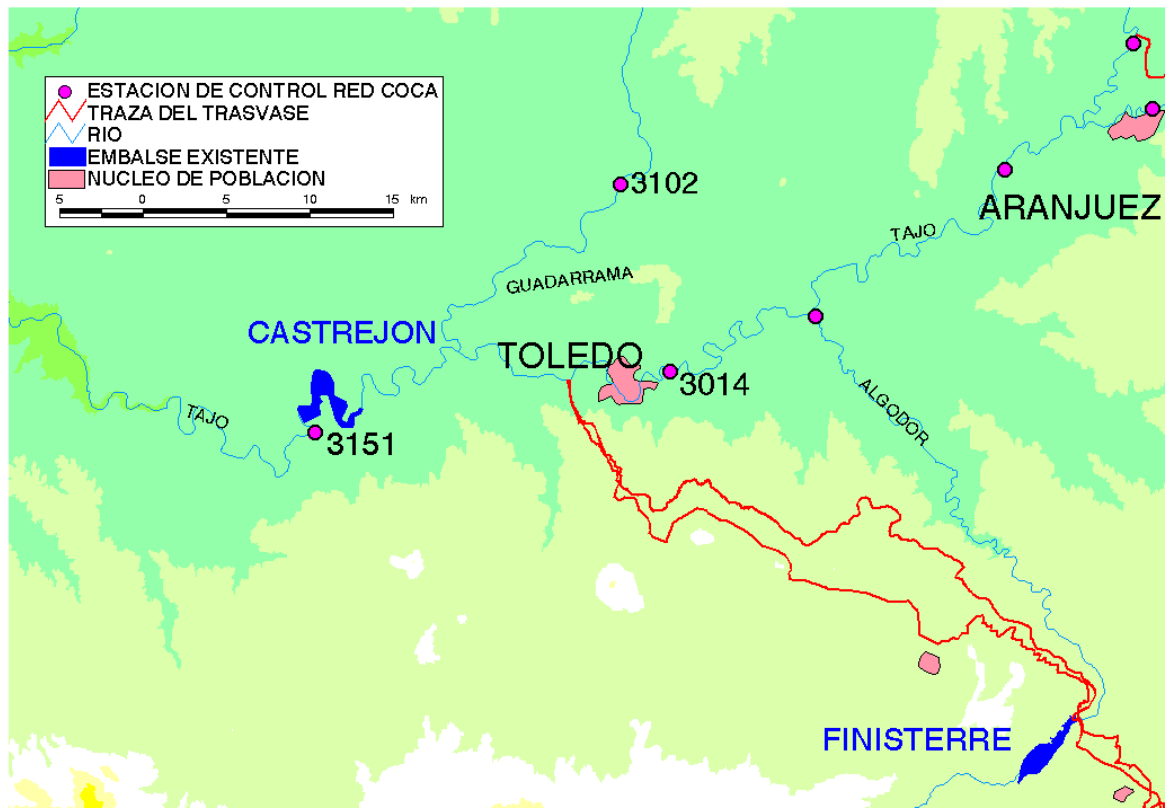


Figura 57. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Tajo en Toledo

Entre el punto de toma del trasvase y el embalse de Castrejón desemboca el río Guadarrama, por lo que quizás esta estación sea menos representativa, aunque la aportación del Guadarrama es reducida, debido al consumo de gran parte de sus recursos por Madrid.

En la estación de Toledo se ha analizado el período 1990-1998, pero en el embalse de Castrejón sólo se cuenta con datos anteriores a 1994, por lo que en el mismo se ha analizado el período 1990-1994.

Del análisis de los datos en la estación de Toledo se puede deducir lo siguiente:

- El estado de calidad del Tajo en Toledo es deficiente, con un incumplimiento generalizado de las normativas de prepotables y vida piscícola por multitud de parámetros. Se ve alterado tanto por salinidad natural como por vertidos orgánicos.
- De entre los parámetros críticos se pueden destacar, por alcanzar un porcentaje de incumplimientos superior al 60%, respecto a alguna de las normativas, los siguientes: DBO<sub>5</sub>, Nitrógeno Kjeldahl, Amonio, Nitrito, Fosfatos, Fósforo Total, Sulfatos y Conductividad.
- Con porcentajes superiores al 5% se detectan otros cinco parámetros: Materia en Suspensión, DQO, Cloruros, Temperatura y Coliformes Totales.
- La DBO tiene un valor medio de 9 mg/l sin una tendencia clara a lo largo del tiempo. Estacionalmente parece que los peores momentos se presentan entre mayo y agosto. Su variabilidad es grande, presentando valores menores de 1

mg/l y mayores de 25 mg/l. El oxígeno disuelto, sin embargo, no presenta incumplimientos por concentración ni por porcentaje de saturación, lo que denota que la capacidad de reoxigenación del río supera la demanda de oxígeno por los vertidos en el mismo.

- El Amonio alcanza un valor medio de 7,6 mg/l (muy superior a los límites de las normativas). Del mismo orden es el N-Kjeldahl. También presenta valores muy elevados el Nitrito (0,29 mg/l), mientras el Nitrato resulta muy bajo (8,6 mg/l). Aunque la relación entre compuestos reducidos y oxidados es muy extrema, no lo es tanto como sucedía en el Jarama. La evolución temporal es muy similar a la del Jarama.
- Los Fosfatos y Fósforo Total incumplen en la práctica totalidad de los análisis realizados, con valores medios de 4 y 1,5 mg/l, respectivamente.

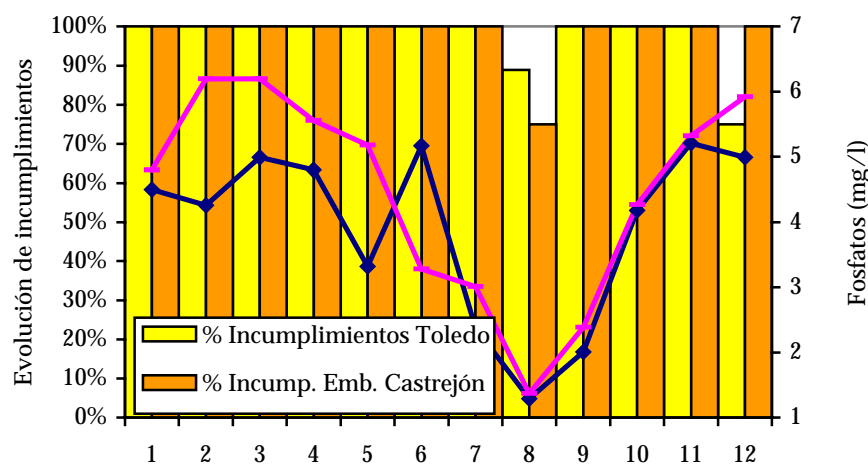


Figura 58. Evolución mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Tajo en Toledo y en el embalse de Castrejón

- Los valores de Sulfatos en el Tajo, que eran muy elevados antes del Jarama (660 mg/l de media), se diluyen tras la desembocadura de este río, menos salino (370 mg/l de Sulfato) y con más caudal, situándose antes del río Algodor en valores de 490 mg/l. La entrada del Algodor y su recarga posterior vuelve a elevar su contenido a 530 mg/l en Toledo. La Conductividad sigue la misma evolución espacial, con un valor medio de 1.540  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en Toledo. Respecto a sus evoluciones temporales, están muy relacionadas con las del Jarama.
- El contenido en Manganeso supera el 10,7% de las ocasiones el valor límite recomendado por la FAO para el riego. De la misma forma, los valores de pH exceden el límite superior recomendado en las restricciones de uso en un 6% de las ocasiones.

En el río Guadarrama la situación en cuanto a su contaminación es, incluso, peor que la del Tajo en esta estación, pero el contenido en sales (tanto cloruros como sulfatos) es mucho menor. En el embalse de Castrejón la situación es la siguiente:

- Los valores de Fosfatos superan los límites de las normativas el 100% de los casos, siendo su valor medio 4,6 mg/l. Presentan una evolución estacional clara, con disminución de sus valores en primavera y verano.
- El Nitrito, aunque sólo ha sido analizado en siete ocasiones, supera en el 100% el límite de la normativa de vida piscícola, siendo su valor medio 0,7 mg/l. Con un porcentaje superior al 75% de incumplimientos de ambas normativas se encuentra el Amonio. Su valor medio ha sido 8,3 mg/l con una tendencia a empeorar en los cuatro años de estudio. En primavera y verano disminuyen los valores.
- Sulfatos y Conductividad incumplen en un 96% la normativa de prepotables.
- En el Embalse de Castrejón, la concentración de Cloruros disminuye, no produciéndose en el mismo incumplimientos de la normativa de prepotables. Aunque también se produce una disminución de Sulfatos (media de 490 mg/l), gracias al Guadarrama (80 mg/l), esta no es suficiente, por lo que los incumplimientos en este parámetro son muy similares a los de Toledo y prácticamente constantes.
- La Conductividad, con un valor medio de 1.360  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se incumple incluso en mayor porcentaje en el embalse de Castrejón, debido a que las características en Toledo son más variables, aunque en ambas estaciones el incumplimiento es prácticamente constante. Las evoluciones temporales de Sulfatos y Conductividad son muy semejantes, siendo los valores más elevados en los meses de verano.
- La  $\text{DBO}_5$ , con un valor medio de 7,6 mg/l, incumple ambas normativas en un porcentaje superior al 40%. Es muy variable, no existiendo tendencias temporales ni estacionales.
- El contenido en Manganeseo supera el límite de la recomendación FAO el 12% de las ocasiones, siendo su valor medio 0,11 mg/l.
- En el embalse de Castrejón existe un número menor de parámetros críticos que en Toledo, pero debe tenerse en cuenta que no se han analizado 14 parámetros, entre ellos ningún microbiológico. En cualquier caso se detectan también efectos de contaminación orgánica y de sales de origen natural.
- En general se puede decir que todos los parámetros de calidad presentan aquí peores valores que en Toledo, salvo el contenido en sales, debido a la ligera dilución que aporta el Guadarrama. Es necesario destacar, no obstante, que en el resto de las estaciones analizadas en el Tajo, a partir del Jarama, se detecta una ligera mejoría en los últimos años que ha rebajado los valores medios. En el embalse de Castrejón, al no contarse con los datos de estos años, puede haber dado unos valores medios más altos.

Teniendo en cuenta los datos analizados se puede concluir que el estado de la calidad del agua en el Tajo a la altura de Toledo es deficiente y con condiciones muy variables.

Comparativamente con el Jarama, aunque también muy afectado por vertidos, se puede decir que es un medio mejor. Esto se puede apreciar en concentraciones de oxígeno más elevadas y relaciones entre compuestos reducidos y oxidados no tan extremas.

#### **6.3.4.3.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

Del análisis realizado se puede concluir que la utilización de agua con las características del Tajo en Toledo se ve muy limitada para cualquier uso distinto del riego. Aquí llega todavía la influencia de Madrid y se ve agravada por los propios vertidos de la ciudad de Toledo. El contenido en materia orgánica y nutrientes es muy elevado, estando el embalse de Castrejón, en consecuencia, eutrófico.

Se debe destacar que Toledo actualmente cuenta con dos depuradoras, una de aguas urbanas y otra de industriales, por lo que, como se apuntó en el caso de Madrid, mejoras sustanciales en la calidad son en principio difíciles de alcanzar.

Los condicionantes de la calidad del agua transferida son, por una parte, no afectar a la calidad de los elementos que atraviese en su recorrido hasta los puntos de destino y, por otra, no afectar a los usos del agua en destino.

En este sentido, el aporte de aguas de estas características puede afectar en mayor o menor grado a su destino dependiendo de la alternativa por la que se opte para llevar las aguas a la cuenca del Guadiana, o, en su caso, la posible llegada hasta el ATS y sus usos aguas abajo, en el Segura y Almería.

Si el destino son las Tablas de Daimiel, dejando las aguas en la divisoria de la cuenca, en un afluente del río Cigüela, se debe considerar que el agua, en su mayor parte, va a llegar a las Tablas de Daimiel y que, de allí o en su discurrir por el río, se va a infiltrar en el acuífero.

Las Tablas de Daimiel se encuentran en un estado de calidad y de cantidad que dista mucho de ser el original, en su estado natural. Es evidente que el aporte de agua que en su caso se haga, debe evitar contribuir al empeoramiento de su calidad.

Puesto que el agua se encuentra embalsada actualmente en el Parque Nacional, se debe evitar la aportación de nutrientes, sobre todo fósforo, que contribuyan a su eutrofización. Las condiciones de eutrofización, además, provocarían que existiera un porcentaje importante de compuestos de nitrógeno en estados reducidos (Amonio o Nitrito) con lo que se estaría afectando a la vida piscícola.

Por otra parte, las aguas del acuífero de la Mancha Occidental presentan las características típicas de un acuífero sobreexplotado en zona de riegos, con una mineralización progresiva y recarga de nitratos. Los niveles de este compuesto provocan que en muchas zonas se superen los límites impuestos por la normativa de prepotables.

De la misma forma en que sucede con las Tablas de Daimiel, el aporte de agua que se haga para aliviar la sobreexplotación del acuífero y recuperar los niveles

originales, no puede contribuir al deterioro del mismo. Es más, lo ideal sería aportar aguas poco salinas y sin contenidos en compuestos del nitrógeno para disminuir cuanto antes las elevadas concentraciones que se han registrado.

En consecuencia, de optar por este destino, sería necesario tratar el agua con objeto de disminuir la carga orgánica y el contenido en Fósforo (para evitar la degeneración y eutrofización de las Tablas), así como limitar los compuestos de nitrógeno para no recargar el acuífero de nitratos.

En el caso de llevar las aguas directamente a su uso en agricultura, la eliminación de nutrientes no sería necesaria. Por el contrario, es un aporte beneficioso que reduciría los gastos del agricultor en aportación de abonos. La recarga del acuífero con nitratos no sería mayor que la que aportara el propio riego.

Los condicionantes más importantes en este caso serían de tipo sanitario y las posibles necesidades de tratamiento podrían afectar a los sólidos en suspensión, materia orgánica y, fundamentalmente, microorganismos. Esta necesidad está estrechamente ligada al tipo de cultivo (consumo en crudo o no) y al sistema de riego (aspersión o inundación).

La estancia del agua en el embalse de Finisterre, con un elevado tiempo de retención, previsiblemente aportará una reducción importante en los parámetros, incluidos los microbiológicos por el efecto de la decantación, la depredación y la acción bactericida de la luz ultra violeta. Por otra parte, el previsible estado eutrófico del embalse puede producir que las condiciones no sean tan adversas para este tipo de microorganismos y su reducción no sea suficiente. En consecuencia, resulta difícil determinar a priori si existe la necesidad de una desinfección de las aguas.

En cuanto a la última posibilidad, de alcanzar el ATS y llegar desde allí a la cuenca del Segura, ello supondría que el trasvase discurriría por cauces artificiales hasta alcanzar el embalse de Talave. Posteriormente pasaría por el río Mundo hasta su confluencia con el Segura.

Hay que tener presente que las aguas derivadas desde Toledo, en el caso de que se materialice finalmente esta alternativa, se mezclarían en el Talave con las procedentes de la cabecera del Tajo, de mucho mejor calidad, así como con las propias del río Mundo. Por tanto, la mezcla que circulará por los ríos Mundo y Segura tendrá mejores características que la trasvasada desde Toledo. Este aporte desde Toledo empeoraría, en cualquier circunstancia, la calidad de la mezcla, lo que parece desaconsejar tal posibilidad. En todo caso, cabe recordar que respecto a los objetivos de calidad a mantener en destino, los establecidos para el río Mundo en el Plan de cuenca del Segura, en los tramos afectados por esta transferencia son menos estrictos que en otros casos, siendo el condicionante esencial no empeorar el estado trófico del embalse de Talave (mesotrófico). Sin embargo, en el embalse de Talave existe una captación para abastecimiento calificada como A2 y este objetivo de calidad, que actualmente se cumple, debería ser mantenido.

En resumen, los parámetros más críticos que se encuentran en el Tajo en Toledo y que pudieran afectar a estos objetivos de calidad son los Fosfatos, Amonio, DBO, Conductividad y Sulfatos. En este caso, al contrario de lo que sucede cuando se pasa

por el embalse de Bolarque o de Alarcón no existen objetivos de baño que puedan requerir una desinfección previa.

Por otra parte, el largo recorrido efectuado por las aguas antes de llegar a Talave seguramente generará una modificación en estas características. La estancia del agua en el embalse de Finisterre, aportará una reducción en los parámetros, como Sólidos en Suspensión, DBO, nutrientes. Incluso los microbiológicos previsiblemente se verán reducidos por el efecto de la decantación, la depredación y la acción bactericida de la luz ultra violeta, tanto más importante cuanto mayor sea el tiempo de retención. Sin embargo, el previsible estado eutrófico del embalse puede producir que las condiciones no sean tan adversas para este tipo de microorganismos y su reducción no sea excesiva. Posteriormente discurren en canal unos 260 km antes de llegar a Talave por lo que se puede seguir produciendo una autodepuración.

Teniendo en cuenta todo lo visto se estima que, a pesar de la posible reducción que se pudiera producir, como mínimo, sería necesario tratar el agua en origen con objeto de disminuir el contenido en Fósforo. Este tratamiento generaría también una reducción de la carga orgánica.

El Amonio es de esperar que pueda oxidarse en cierta medida a lo largo del trasvase y al llegar a Talave, donde por mezcla, mejorará la calidad de las aguas, por lo que no sería necesario incluir una nitrificación.

Lo que puede llegar a ser un importante problema es el elevado contenido en sulfatos del Tajo en Toledo. Dependiendo de cómo se regulen los trasvases y de dónde estén llegando en cada momento los aportes a Talave, se pueden producir oscilaciones importantes en la salinidad del agua, llegando a superarse los límites impuestos por la normativa de aguas para abastecimiento. Existe una gran diferencia en contenido de sales con respecto a los aportes tradicionales del A.T.S., lo que, si no se tiene en cuenta manteniendo una mezcla adecuada en Talave, puede llegar a generar alguna alteración en algún otro uso posterior de estas aguas.

Caso de ser necesaria la desinfección para los usos finales, a pesar de las reducciones previsibles en el trasvase, podrá ser asumida por los consumidores puesto que las plantas de tratamiento de aguas potables ya existentes deben contar con sistemas de desinfección.

#### **6.3.4.4. TAJO EN AZUTÁN**

La toma del posible trasvase se ubicaría en el embalse de Azután, localizado en el Tajo, aguas abajo de Talavera de la Reina y de la confluencia con el Río Alberche.

El destino de la transferencia podría ser el ATS, con el que se enlazaría a la altura de La Roda, es decir, aguas abajo del embalse de Alarcón y aguas arriba del de Talave. El uso de las aguas trasvasadas puede ser, por consiguiente, tanto el abastecimiento como el riego. También podría ser el embalse de Cijara en el Guadiana. Las aguas mezcladas pasan por el embalse García de Sola para, posteriormente, ser desviadas desde el embalse de Orellana al embalse del Zújar (en el río Zújar). De aquí, nuevamente mezclado, podría llevarse al río Guadiato en la Cuenca del Guadalquivir.

#### 6.3.4.4.1. Análisis de la Calidad del Agua

Para el conocimiento del estado de calidad del embalse de Azután se cuenta con la estación de la red COCA ubicada en Talavera de la Reina (03015), para la que se ha estudiado el período 1990-1998. Esta estación se ubica aguas abajo de la desembocadura del río Alberche por lo que es representativa del estado de calidad de las aguas del embalse de Azután. Además, se cuenta con el estudio del estado trófico del propio embalse realizado por el CEDEX.



Figura 59. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Azután

Del análisis de los datos y su valoración en función de las normativas de prepotables y vida piscícola, así como de las recomendaciones para riego de la FAO, se pueden extraer los siguientes resultados:

- La DBO y DQO superan los límites establecidos en ambas normativas en más de un 40% de las ocasiones. La DBO<sub>5</sub> tiene un valor medio de 7,7 mg/l y la DQO de 30 mg/l, pero presentan importantes oscilaciones en sus valores. Parece que existe cierta estacionalidad, produciéndose los peores valores entre marzo y agosto.
- La Materia en Suspensión supera el 33% de las ocasiones el límite de la normativa de vida piscícola. Los valores de este parámetro han sufrido un importante incremento en los últimos años. Así, de los valores en torno a 9 mg/l que se encontraban hasta 1994, se ha llegado en 1996 a una media de 49 mg/l. En los últimos cinco años el porcentaje de incumplimientos ha sido del 63%.



- Los parámetros microbiológicos superan el límite de la normativa de prepotables un 20% de las ocasiones.
- El Amonio supera el límite de prepotables el 25,2% de las ocasiones y el de vida piscícola, el 45,6%. Presenta una evolución temporal clara, aumentando hasta 5,5 mg/l de media en el 92, para disminuir de forma continuada en años posteriores, llegando en 1998 a una media de 0,3 mg/l y sin incumplimientos por este parámetro. Estacionalmente también presenta una evolución clara alcanzándose los menores valores en primavera y verano. Para el Nitrito sólo se cuenta con datos a partir de 1994, superándose el límite de vida piscícola el 57,4% de las ocasiones y alcanzándose un valor medio de 0,13 mg/l.
- El Fósforo Total y los Fosfatos superan los límites en más de un 84% de las ocasiones. Sus valores medios han sido 1,02 y 2,7 mg/l, aunque del Fósforo Total no se tienen datos entre 1991 y 1993. Los fosfatos han sufrido una evolución temporal clara, aumentando los valores hasta 1992 (4,7 mg/l de media), para disminuir progresivamente a partir de entonces (0,93 mg/l en 1998, v. figura adjunta). Estacionalmente parece que los menores valores se encuentran entre junio y octubre. El Fósforo Total parece que sigue la misma tendencia temporal pero no así la estacional.

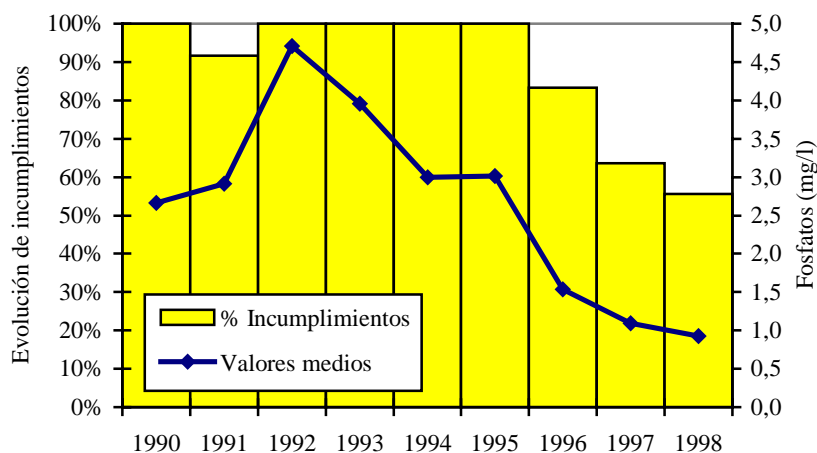


Figura 60. Evolución anual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Tajo en Talavera de la Reina

- Los límites de la normativa de prepotables se ven superados en un 79,6% por los Sulfatos y en un 72,8% por la Conductividad. El valor medio de los sulfatos desciende, con respecto al valor encontrado en el embalse de Castrejón, a 393 mg/l, gracias a la entrada del río Alberche con tan solo 16 mg/l. Lo mismo sucede con la Conductividad, situándose en valores en torno a 1.220  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las evoluciones temporales y estacionales de la Conductividad son muy semejantes a las del río Jarama y el Tajo en Toledo. A lo largo de los años aumenta hasta el 95, disminuyendo radicalmente en el 96 para volver a aumentar en años posteriores; estacionalmente, los valores más elevados se dan en la época estival.

- Es destacable el comportamiento del pH que, aunque no supera los límites de las normativas en más de un 5%, oscila entre valores de 6,7 y 9,3. En consecuencia, supera el límite de las recomendaciones para riego en un 17,5 %. Esto, quizás, es debido a la entrada del río Alberche, muy poco cargado en sales y en consecuencia de pH muy variable. Puesto que la estación de Talavera no se encuentra en el propio embalse sino justo aguas arriba, se nota más la influencia del río Alberche en un momento determinado. En cualquier caso, parece lógico pensar que en el embalse el pH no sufrirá estas oscilaciones.
- El límite impuesto por la normativa de prepotables para el Mercurio se supera en un 7,5% de las ocasiones. De los siete valores que superaron el límite, seis de ellos se midieron en los años 1994 y 1995.
- El Manganeso supera el 40% de las ocasiones el valor recomendado en las recomendaciones para riego, alcanzando un valor medio de 0,24 mg/l.

En definitiva, valorando los anteriores resultados, el estado de calidad del río Tajo a su paso por Talavera se puede calificar como no satisfactorio, a pesar del efecto diluyente del río Alberche, estando claramente influido por la existencia de vertidos. Se detecta una mejoría a lo largo de los años en algunos parámetros como los nutrientes, aunque un empeoramiento en otros como la Materia en Suspensión.

La importante carga de nutrientes provoca que el embalse de Azután esté eutrófico.

#### **6.3.4.4.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia**

A pesar de que se ha detectado una tendencia a la mejoría en muchos parámetros en los últimos años, el estado de calidad de las aguas del Tajo en Talavera no es aún satisfactorio. Presenta alteraciones en su calidad de toda índole, con valores elevados de muchos parámetros y con grandes oscilaciones de los mismos.

Comparativamente se puede decir que el agua aquí se encuentra en mejor estado que en Toledo y, por supuesto, que en Jarama, pero sigue sin ser apta para abastecimiento o vida piscícola.

El contenido en Cloruros y Sulfatos y, por consiguiente, la Conductividad son mucho más bajos en este punto que en Toledo, debido a los aportes del río Alberche. Además, en el río Alberche, aunque se detectan efectos de contaminación orgánica, los niveles son muy bajos en comparación con el Tajo, por lo que produce un beneficioso efecto de dilución.

La depuradora de Talavera de la Reina es de muy reciente construcción, y dado que los datos analizados corresponden a un momento en el que la misma no existía, pueden estarse produciendo ya mejoras a la calidad descrita, con un diagnóstico mejor que el que aquí se expone.

Atendiendo a las mismas consideraciones que en la derivación del Tajo en Toledo, los condicionantes esenciales son no empeorar el estado trófico del embalse de

Talave y mantener una calidad A2, si bien, como ya se ha señalado, la calidad del agua en origen es algo mejor en Azután.

Al igual que en el caso de Toledo se prevé un embalse regulador intermedio, el de Uso de nueva construcción, que provocará una reducción en los parámetros, incluidos los microbiológicos, tanto más importante cuanto mayor sea el tiempo de retención. Sin embargo, el agua trasvasada, con un importante contenido en nutrientes, representa una parte muy significativa de la aportación total, por lo que, probablemente, acabará existiendo un estado eutrófico en el embalse de Uso.

El recorrido del agua antes de su llegada a Talave es en este caso mayor, en torno a los 480 Km, por lo que se podría esperar una mejoría mayor en las características del agua.

A pesar que las características son mejores que en Toledo y que el recorrido es mayor, muy probablemente no se podrá evitar la necesidad de disponer un tratamiento en origen para eliminar el fósforo, con el fin de garantizar que no se empeora el estado trófico del embalse de Talave.

El contenido en sulfatos y la conductividad se ven muy reducidos en este punto con respecto a Toledo, por lo que las posibles afecciones generadas por estas características serán también menores.

Por otra parte, si el destino final de las aguas fuese el Guadalquivir, las aguas llegarían al embalse de Cijara en el Guadiana. Desde allí, la mezcla de aguas discurre por los embalses de García de Sola y Orellana, pasando posteriormente al embalse del Zújar y de aquí a la cuenca de Guadalquivir.

De todo este discurrir, el medio más sensible a los efectos en su calidad sería el embalse de Cijara, puesto que a los otros pasaría tras un tiempo de retención importante y ya mezclado con las aguas del Guadiana.

El embalse de Cijara se encuentra eutrófico, mejorando la calidad en los embalses aguas abajo, García de Sola se encuentra mesotrófico y Orellana oligo-mesotrófico.

Por otra parte el estado de calidad del agua respecto de los posibles usos de la misma son buenos. Los tres embalses se califican como A1 respecto de la normativa de prepotables siendo este el objetivo de calidad a mantener definido por el Plan de cuenca. Además, tanto estos tres embalses, como el del Zújar tienen como objetivos de calidad que puedan ser aptos para baños, riego y vida piscícola. Deben protegerse contra la eutrofización y se les considera de alto valor ecológico.

Actualmente, el agua en el embalse de Cijara incumple la normativa de vida piscícola por los nitritos, debido al estado eutrófico del mismo, pero es objetivo del Plan de cuenca alcanzar el nivel de aguas ciprinícolas en dicho embalse.

En consecuencia, no sería admisible aportar directamente aguas al embalse del Cijara (y posteriores) que contribuyeran a su eutrofización y al incumplimiento de las normativas de prepotables y vida piscícola, por lo que, en consecuencia, sería necesario efectuar una reducción de nutrientes, tanto de compuestos de nitrógeno como de fósforo.

### 6.3.4.5. TIÉTAR

La toma de la posible captación en el río Tiétar se ubicaría aguas arriba del embalse de Rosarito. El destino del trasvase sería conectar con el ATS en la Roda.

#### 6.3.4.5.1. Análisis de la Calidad del Agua

Para conocer el estado de calidad en la zona de origen se cuenta con los datos recogidos en la estación COCA del río Tiétar ubicada a la altura de Arenas de San Pedro (estación 03161), entre 1990 y 1998 (v. figura adjunta).

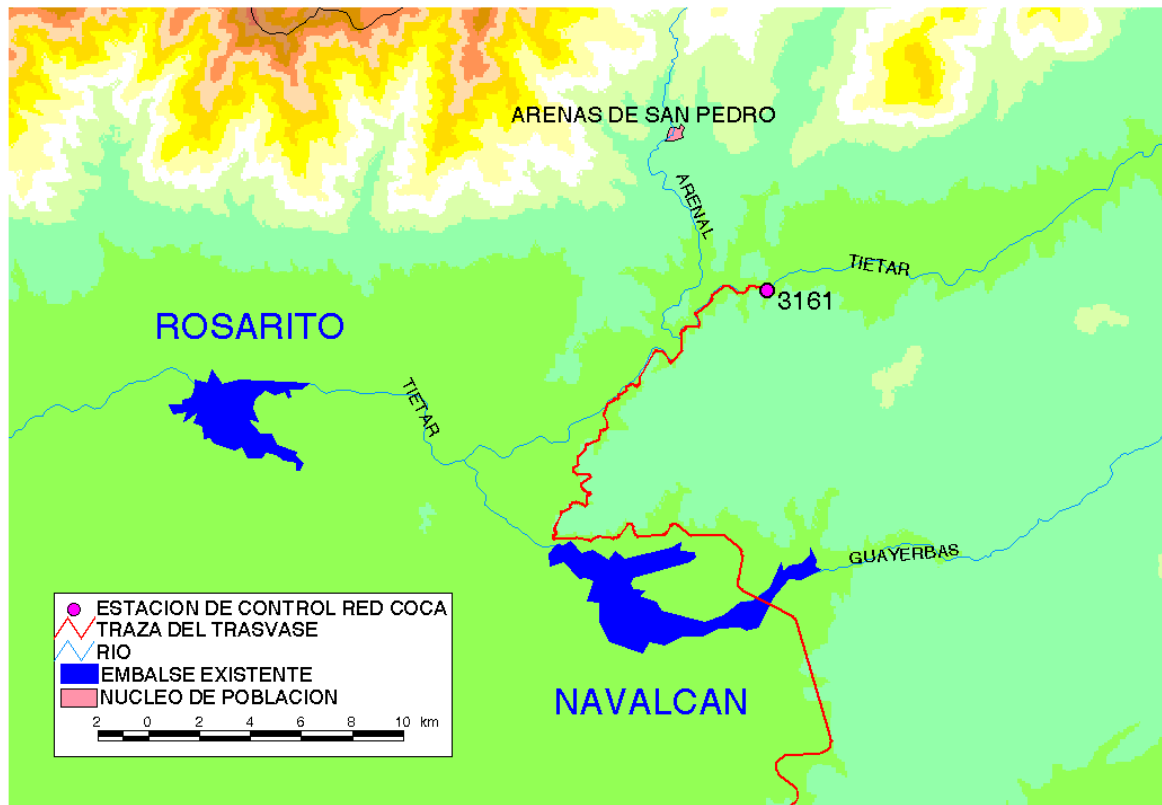


Figura 61. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el río Tiétar.

Los principales resultados del análisis de los datos son los siguientes:

- Se detecta un ligero grado de contaminación orgánica, con un incumplimiento por DBO y DQO de las normativas en torno al 8%. La mayor parte de los valores elevados se producen en 1997 (v. figura).

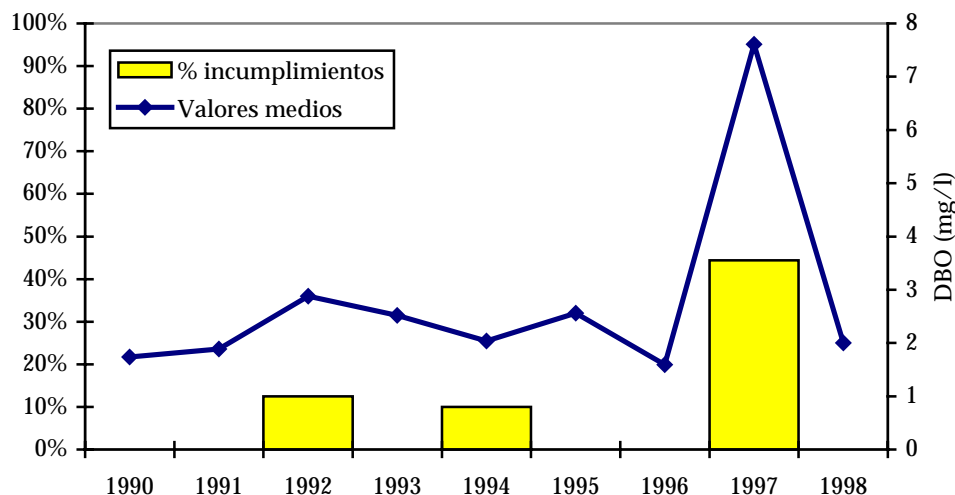


Figura 62. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Tiétar

- Existen valores elevados de Coliformes, aunque alternan con ausencias de los mismos, por lo que pueden deberse a vertidos muy puntuales.
- Los valores de los compuestos de Fósforo y Nitrógeno son muy bajos.
- La salinidad es muy baja, con conductividades medias de 105  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y siempre inferiores a 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La concentración media de Sulfatos ha sido 12,5 mg/l, estando la mayor parte de los análisis por debajo de 20 mg/l. Los Cloruros alcanzan una media de 9,2 mg/l y un valor máximo de 14 mg/l.
- Las concentraciones tan bajas en todo tipo de sales (valor medio de Bicarbonatos 33 mg/l), generan una capacidad tamponadora muy baja con oscilaciones importantes del pH entre 5,5 y 8,7. El 25% de los análisis supera los límites recomendados para riego.
- El Sodio sólo se ha medido en 12 ocasiones, pero en todas ellas, dada la baja salinidad del agua y el bajo contenido en Calcio, ha entrado en el rango de severa restricción de uso para riego por previsible problemas de infiltración, según las recomendaciones de la FAO.

En síntesis, el agua se puede catalogar como de buena calidad, ligeramente afectada por contaminación urbana y con un contenido en sales muy bajo.

#### 6.3.4.5.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias

La conexión con el ATS disminuiría el contenido en sales del mismo, aunque previsiblemente de manera no muy importante, puesto que, en principio, la aportación desde el Tiétar, si se materializa finalmente esta transferencia, será notablemente inferior a la procedente de Bolarque.

Las aguas del embalse de Bolarque, que son las que discurren por el ATS, tienen una baja mineralización y han presentado en alguna ocasión valores que exceden los límites de riego de las recomendaciones FAO en pH y en problemas de infiltración.

El aporte de las aguas del Tiétar, donde sucede lo mismo pero en mayor grado, puede potenciar estos aspectos. De todas formas, puesto que el destino del ATS son regiones donde la salinidad es elevada, la mezcla con las aguas locales seguramente anularía el problema.

El bajo contenido en sales del agua y los bajos pH que se pueden alcanzar pueden influir en la vida de los materiales empleados para el trasvase por efecto de disolución y corrosión, por lo que sería conveniente tenerlo en cuenta y realizar un estudio de estos aspectos previamente a la ejecución de las obras.

### **6.3.5. CUENCA DEL GUADIANA**

En la Cuenca del Guadiana no hay previstos posibles orígenes de transferencias pero sí hay una posible zona de destino, que sería las Tablas de Daimiel y el acuífero de la Mancha Occidental, y una zona que se emplearía como paso intermedio en la posible transferencia del Tajo (embalse de Azután) al Guadalquivir (río Guadiato), el sistema de embalses Cijara, García de Sola, Orellana y Zújar.

Es necesario, por tanto, analizar la calidad de las aguas en estas zonas, así como sus objetivos, para determinar si existe algún condicionante sobre las aguas que les van a ser aportadas.

#### **6.3.5.1. TABLAS DE DAIMIEL Y ACUÍFERO DE LA MANCHA OCCIDENTAL**

Las Tablas de Daimiel y el acuífero de la Mancha Occidental son el posible destino de dos transferencias, Tajo en Toledo y Tiétar. Las posibles formas en que está previsto aportar aguas a esta zona son variadas, a través del río Cigüela, en uso directo agrícola, o en aporte directo a las Tablas y abastecimientos.

El acuífero de la Mancha Occidental está declarado sobreexplotado, debido a la extracción excesiva de recursos para riego.

Las Tablas de Daimiel, ubicadas en la provincia de Ciudad Real, constituyen uno de los ecosistemas más peculiares de la Península Ibérica. Este encharcamiento continental se originaba hasta muy recientemente por los desbordamientos de los ríos Guadiana y Cigüela, y estaba potenciado por la existencia de un manto freático perteneciente al acuífero de la Mancha Occidental, muy próximo a la superficie, que descargaba por diversos “ojos” o manantiales. El juego entre las aportaciones superficiales y subterráneas, variables y con distinta composición química, constituía el elemento más interesante del ecosistema. De las 6.000 ha. inundables que comprendían esta zona húmeda, sólo se conservan 1.675 en la actualidad, incluidas en el Parque Nacional del mismo nombre.

Los niveles de inundación en la Tablas son variables y decrecientes. En general, la pauta cíclica habitual era de máximo en primavera y disminución paulatina posterior hasta el otoño, sin llegar al estiaje. La sobreexplotación del acuífero ha provocado que, a partir de la década pasada, las Tablas han dejado de ser el rebosadero natural del mismo, con la desaparición de los Ojos del Guadiana y las

surgencias dentro de las Tablas. De esta forma, las Tablas se han convertido en zona de infiltración y, por tanto, de pérdida neta de agua.

#### **6.3.5.1.1. Análisis de la Calidad del Agua**

La información sobre la Tablas de Daimiel se ha extraído de una publicación sobre las mismas, editada por el Organismo Autónomo Parques Nacionales en 1996, bajo el título “Las Tablas de Daimiel. Ecología Acuática y Sociedad”, en la que se hace una recopilación de la información sobre las Tablas y se estudian todos los aspectos bajo una perspectiva histórica. En menor grado, se analiza también el estado y evolución del acuífero de la Mancha Occidental.

Para completar el conocimiento del acuífero se cuenta también con una publicación de la Confederación Hidrográfica del Guadiana denominada “Microcontaminantes en el Agua de las Unidades Hidrogeológicas 04.04 Mancha Occidental y 04.06 Campo de Montiel”, elaborado en 1994 con la colaboración del CEDEX y del CSIC.

Puesto que el objetivo del análisis de la calidad del agua es determinar los posibles efectos que el agua transferida tendría en las Tablas de Daimiel, así como la posible necesidad de un tratamiento de la misma, conviene hacer un pequeño recordatorio de la evolución histórica de la calidad del agua en las Tablas de Daimiel:

Como ya se ha mencionado, los aportes naturales de aguas a las Tablas provenían de dos fuentes: aguas superficiales mineralizadas, aportadas por el Cigüela con una cierta variación estacional, y aguas subterráneas poco salinas, aportadas de forma continua por los Ojos del Guadiana y las propias surgencias dentro del Parque. Esto generaba en las Tablas dos zonas de influencia diferenciadas en cuanto a su ecosistema.

Con la desaparición de los Ojos del Guadiana en los años 80, por la sobreexplotación del acuífero, los únicos aportes que llegaron a las Tablas fueron las aguas superficiales del Cigüela con un contenido en sales elevado, una calidad de agua cada vez peor y un contenido en nutrientes más elevado. Esto provocó una serie de cambios en la vegetación de las Tablas, desarrollándose especies más adaptadas a salinidades elevadas y a condiciones cambiantes en calidad y cantidad de agua.

Se han adoptado una serie de medidas para mantener un cierto nivel de agua (presa de Puente Navarro, pozos de extracción de agua, derivación de volúmenes de agua desde el ATS) que, si bien distan mucho de restaurar las condiciones ambientales y de funcionamiento hidrológico original, por lo menos han permitido evitar la desaparición de las Tablas y mantener zonas permanentemente inundadas que representan auténticos reservorios de diversas especies de flora y fauna del espacio protegido.

El aporte de las aguas del ATS se produce a través del río Cigüela por lo que, a pesar de tener en origen una mineralización mucho más baja, en su discurrir hasta llegar a las Tablas se va cargando en sales llegando al parque con valores elevados. En cualquier caso, ha disminuido la salinidad propia del Cigüela, mejorando en todos los sentidos la calidad del agua, aunque no en un modo suficiente.

Las aguas de las Tablas, en consecuencia, actualmente se ven muy cargadas en nutrientes y afectadas por vertidos urbanos e industriales, procedentes de diversas poblaciones.

La interpretación de los cambios en salinidad es sumamente compleja, dada la importante intervención humana en la gestión de sus aguas. La variabilidad intraanual es muy grande; la marcada estacionalidad y la actual carencia de aportes naturales desde el acuífero ocasionan amplias oscilaciones en el nivel de inundación. Tales fenómenos favorecen el aumento de la salinidad durante el período estival. Por otra parte, las aportaciones de agua de pozos contribuyen también a la salinización. En contrapartida, los trasvases desde el acueducto Tajo-Segura, cuando se han realizado, han aportado un efecto “dulcificador” de las aguas.

Respecto a la Unidad Hidrogeológica 04.04, Mancha Occidental, en general se puede decir que tiene características de un acuífero sobreexplotado en zona de riegos, con una recarga progresiva en sales y en otros compuestos típicos aportados por los regadíos, como es el Nitrato.

Sus aguas presentan una elevada mineralización debida a sulfatos de Calcio y Magnesio. Los análisis realizados fundamentalmente con muestras de 1993 aportan unos valores medios de Conductividad de 1.445  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con máximos superiores a 8.000 en algún punto. Los Cloruros se sitúan en torno a los 135 mg/l y los Sulfatos en 510 mg/l, aunque existen muchas variaciones entre diferentes puntos de muestreo.

Los Nitratos presentan una media de 37,8 mg/l, siendo el máximo registrado de 132 mg/l. La zona Norte del acuífero se ve más afectada.

El nivel de contaminación por compuestos orgánicos, en líneas generales, no es muy elevado.

Sus usos son muy limitados. En riego, por su elevada salinidad, solo deberían ser utilizadas en condiciones restringidas (suelos permeables, con buen drenaje; utilizando agua en exceso para lavar el terreno; plantas tolerantes a la salinidad). Para el abastecimiento sería necesario un ablandamiento del agua, así como un proceso de desnitrificación en las aguas de la zona norte.

Después de la declaración de sobreexplotación del acuífero, con las medidas adoptadas y la consecuente reducción de extracciones, el déficit del acuífero se ha anulado. En consecuencia, es razonable pensar que el deterioro del acuífero estará contenido.

#### **6.3.5.1.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

Como se ha visto, tanto las Tablas como el Acuífero de la Mancha Occidental son medios degradados por la intervención humana. En consecuencia, sus aguas actuales presentan un deficiente estado de calidad, por lo que éste no debe ser el punto de comparación para considerar las afecciones que puedan provocar las aguas trasvasadas.



El sentido de aportar aguas a las Tablas debe ser intentar recuperar unas condiciones lo más aproximadas a sus condiciones originales. Se debe recordar que su principal fuente original eran las aguas del Guadiana, limpias y poco salinas. De la misma forma, no se pueden aportar aguas al acuífero que contribuyan a su recarga en sales y Nitratos.

La calidad del agua en las dos posibles zonas de origen es muy diferente, así como la forma en que se aportarían los caudales. En consecuencia, los posibles efectos que producirían también lo son.

Las aguas que llegan a las Tablas en la actualidad (río Cigüela y bombeos) son más salinas que las del río Tajo en Toledo, por lo que un aporte de esta agua tendría un efecto dulcificador y, por tanto, beneficioso. Sin embargo, este efecto sería mucho más reducido que el que aportan las aguas del ATS. Además, en su discurrir por los cauces, aumentaría su concentración antes de llegar a las Tablas, siendo difícil estimar el valor final.

Las aguas del Tajo en Toledo, como se vio en el apartado correspondiente, se encuentran en un deficiente estado de calidad. El contenido en nutrientes es muy elevado en el Tajo por lo que se estarían agravando los problemas de eutrofia en las Tablas y de recarga en Nitratos del acuífero.

En consecuencia, un vertido directo de las aguas del Tajo, a pesar de los procesos autodepurativos a lo largo del trasvase, no sería muy recomendable puesto que el contenido en nutrientes sería muy elevado, por lo que debería ser sometido a procesos de tratamiento que redujeran estos compuestos.

Situación muy distinta se produciría en el caso de aportar las aguas del Tajo directamente al riego. Los riegos actuales se realizan con agua del acuífero, cargada en sales y nitratos. Los aportes de agua del Tajo no supondrían un perjuicio comparativamente. Es más, el aporte de fosfatos extra supone un beneficio para el agricultor, porque reduciría el consumo en abonos. Se deben mantener ciertas precauciones por el posible aporte de microorganismos, aunque se verán muy reducidos tras la estancia de las aguas en el embalse de Finisterre. En consecuencia, en este caso no sería necesario un tratamiento previo de las aguas.

Sin embargo, el aporte de aguas de similares características a las del acuífero, no estaría mejorando las características del mismo sino, en todo caso contribuyendo a empeorarlas. El objetivo no debe ser volver a elevar los niveles del acuífero solamente, sino intentar que los volúmenes de agua sean también de las mismas características originales. En caso contrario se puede recuperar el acuífero pero con un agua que tenga limitaciones para su uso en abastecimiento y riego.

Respecto de la posible transferencia desde el río Tiétar, la escasa salinidad de las aguas del mismo, desde un punto de vista global, sería beneficiosa para la zona. El único problema que podría generar sería que, al ser aportado directamente a las Tablas, provocara una importante afección a su ecosistema. En cualquier caso, esto tiene fácil solución llevando la descarga del agua, o parte de ella, a algún curso donde pudiera recargarse en sales. En consecuencia, no se considera necesario la inclusión de ningún proceso de tratamiento previo al trasvase.

### **6.3.5.2. EMBALSES DE CIJARA, GARCÍA DE SOLA, ORELLANA Y ZÚJAR**

Aunque la función del posible trasvase que tendría su origen en el embalse de Azután, en el Tajo, es aportar recursos a la cuenca del Guadalquivir, el destino primero de las aguas trasvasadas sería el embalse de Cijara en el Guadiana. De allí, la mezcla de aguas discurre por los embalses de García de Sola y Orellana, pasando posteriormente el embalse del Zújar y de aquí a la cuenca de Guadalquivir.

El medio más sensible a las posibles afecciones en calidad que generaría el trasvase sería el embalse de Cijara, puesto que a los otros pasaría el agua ya mezclada con las del río Guadiana y tras un tiempo de retención importante.

El embalse de Cijara se encuentra eutrófico, mejorando la calidad en los embalses aguas abajo. Así, García de Sola se encuentra mesotrófico y Orellana oligo-mesotrófico.

Por otra parte, el estado de calidad del agua respecto de los posibles usos de la misma son buenos. Los tres embalses se califican como A1 en el Plan Hidrológico de la cuenca del Guadiana, respecto de la normativa de prepotables siendo éste el objetivo de calidad a mantener definido por el Plan de Cuenca. Además, tanto estos tres embalses, como el del Zújar tienen como objetivos de calidad que puedan ser aptos para baños, riego y vida piscícola. Así mismo, deben protegerse contra la eutrofización y se les considera de alto valor ecológico.

#### **6.3.5.2.1. Análisis de la Calidad del Agua**

Para conocer el estado de calidad en el embalse de Cijara se cuenta con los datos recogidos en la estación COCA ubicada en el mismo embalse (estación 04010), entre los años 1990 y 1997.

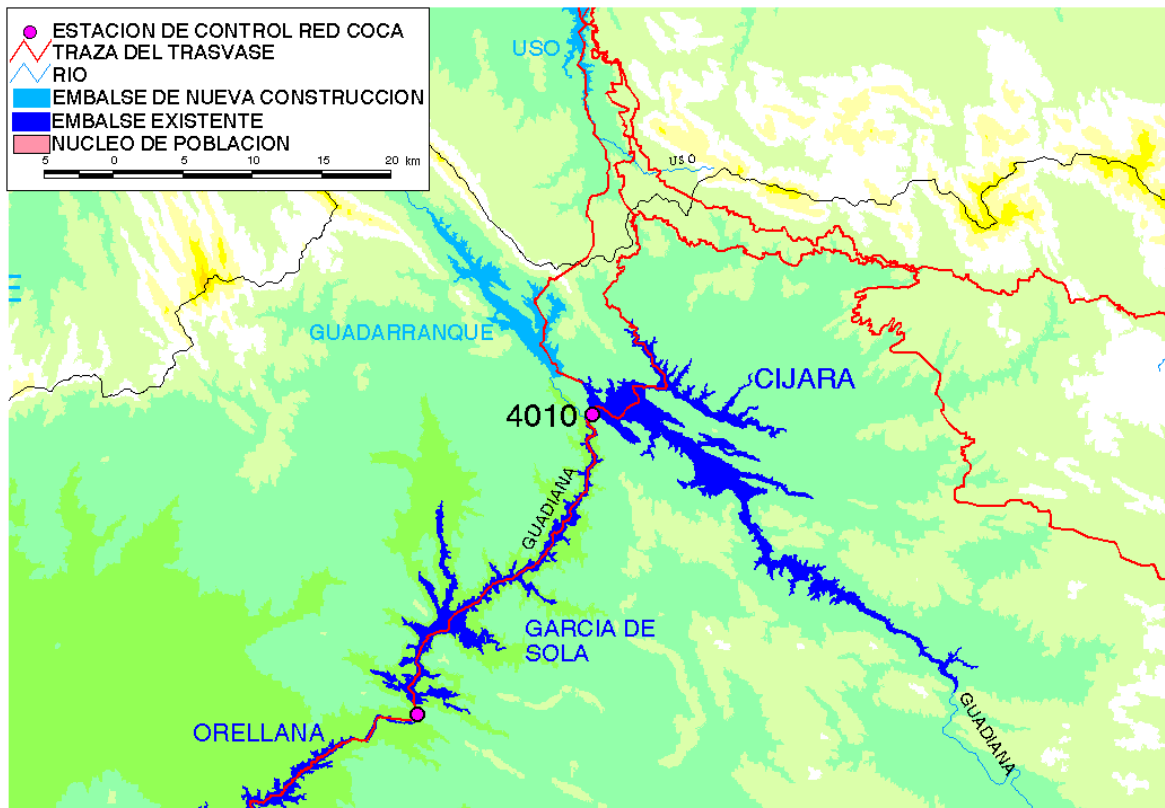


Figura 63. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Cijara

Los resultados del análisis de la calidad del agua son los siguientes:

- No se producen incumplimientos superiores a un 5% en ninguno de los parámetros limitados por la normativa de aguas para abastecimiento, salvo en la temperatura, lo que carece de importancia.
- Sin embargo, frente a la normativa de vida piscícola sí existe un parámetro que la incumple claramente, los Nitritos. Esto puede ser debido al estado eutrófico del embalse.
- El contenido en nutrientes es ligeramente elevado (aunque en niveles inferiores a los impuestos por las normativas de prepotables y vida piscícola) provocando la eutrofización del embalse.
- El contenido en sales es muy bajo. El valor medio de concentración de Sulfatos ha sido en el período de estudio 43,3 mg/l; los Cloruros 24,5 mg/l y la Conductividad 257  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Estas condiciones químicas generan que se superen los límites recomendados por la FAO en pH y en problemas de infiltración un 10% de las ocasiones.

En síntesis, se puede decir que las aguas del embalse de Cijara son de muy buena calidad, estando afectadas sólo por una concentración ligeramente elevada de nutrientes, lo que provoca su eutrofización.

### **6.3.5.2.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia**

Actualmente, como se ha visto, el agua en el embalse de Cijara incumple la normativa de vida piscícola por los Nitritos, debido al estado eutrófico del mismo, pero es objetivo del Plan de Cuenca alcanzar el nivel de aguas ciprinícolas en dicho embalse.

Salvo esta consideración, el estado es francamente bueno. En consecuencia y teniendo en cuenta, además, los objetivos de calidad establecidos en el plan de cuenca, no sería admisible aportar aguas al embalse del Cijara (y posteriores) que contribuyeran a su eutrofización y al incumplimiento de las normativas de prepotables y vida piscícola.

El estado de calidad del río Tajo a su paso por Talavera se puede calificar como deficiente, estando claramente influido por la existencia de vertidos y con un contenido en nutrientes elevado.

Por otra parte, en esta zona del Tajo, como ya se mencionó, se detecta una mejoría a lo largo de los años en los nutrientes, aunque un empeoramiento en otros parámetros, como la Materia en Suspensión. Además, la depuradora de Talavera de la Reina es de muy reciente construcción, y dado que los datos analizados corresponden a un momento en el que la misma no existía, pueden estarse produciendo ya mejoras a la calidad descrita.

En cualquier caso, los valores de nutrientes en el embalse de Azután son y, previsiblemente, serán mucho más altos que los registrados en Cijara. Por consiguiente, sería necesario efectuar una reducción de nutrientes, tanto de compuestos de nitrógeno como de fósforo, previa a su transferencia.

Por otra parte, el contenido en sales del río Tajo en Azután es muy superior al del Guadiana en el Cijara. En el Tajo el contenido en Sulfatos es nueve veces superior, el de Cloruros cinco veces y la Conductividad más de cuatro. Esta importante diferencia supone que, aunque los caudales aportados fueran pequeños se dejaría sentir en la concentración final de la mezcla. De esta forma se podría estar afectando al ecosistema original de estos embalses. Esta circunstancia podría afectar tanto al embalse de Cijara como a los ubicados aguas abajo, García de Sola y Orellana.

## **6.3.6. CUENCA DEL EBRO**

En la cuenca del Ebro se ubican dos posibles orígenes de transferencias, el embalse de Talarn, en el río Noguera Pallaresa, y el propio río Ebro en su curso bajo.

### **6.3.6.1. EMBALSE DE TALARN**

La posible toma del trasvase se ubicaría en el embalse de Talarn, en el río Noguera Pallaresa, afluente del Segre, y el final del mismo sería el río Noya, afluente del Llobregat, con destino al abastecimiento del área metropolitana de Barcelona. Como se ha señalado en el Anejo de descripción de transferencias, al no ser necesaria una

regulación en destino, también podría conectarse directamente con la ETAP de Abrera, integrada dentro de la red de abastecimiento al área indicada.

### 6.3.6.1.1. Análisis de la Calidad del Agua

La estación de la red COCA en el río Noguera Pallaresa se encuentra en desembocadura, muy alejada del embalse de Talarn y con varios embalses intermedios, por lo que no resulta representativa del estado de calidad de la zona. Sin embargo, se cuenta con una estación ICA situada en Pobla de Segur, en cola del embalse. Además, en el mismo se ubican tres zonas de baño, por lo que el embalse es muestreado durante la época de baños a efectos de control sanitario. La figura adjunta muestra esta situación.

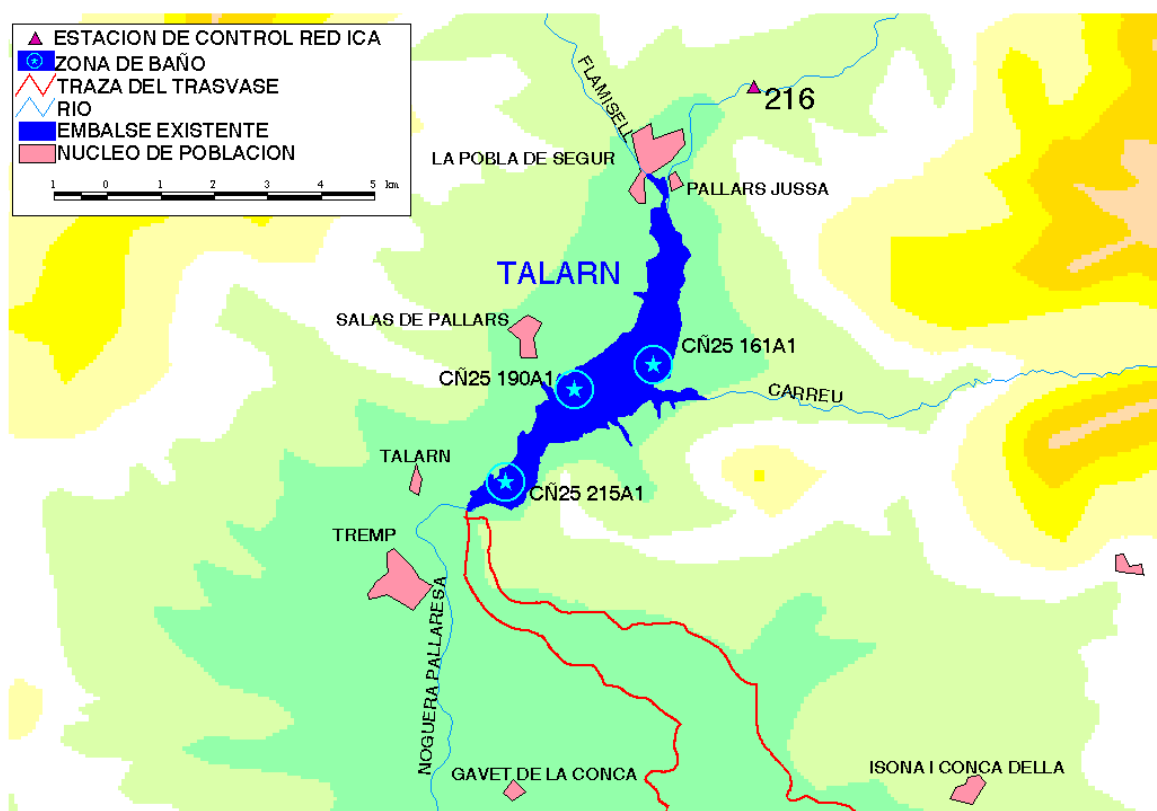


Figura 64. Ubicación de la estación de la Red ICA y de las zonas de baño para el estudio de la transferencia en el embalse de Talarn

De la estación ICA se cuenta con ocho muestreos realizados entre los años 1994 y 1997, aunque la mayoría de los parámetros sólo han sido analizados en tres ocasiones. De los análisis realizados para el control de las zonas de baño se tienen los resultados publicados en los *Informes de Síntesis sobre la Calidad de Aguas de Baño*, elaborados por la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo, para el período comprendido entre los años 1990 y 1998.

Los datos de la red ICA reflejan el buen estado de calidad general del agua en el río en este punto, donde sólo es destacable algún valor puntual ligeramente elevado de DBO y Nitrógeno orgánico.

El contenido en sales es muy bajo, con una Conductividad generalmente por debajo de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un valor medio de 290  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La concentración media de Sulfatos está en torno a 40 mg/l y los Cloruros en torno a 8 mg/l.

Las zonas de baño estudiadas, en general, se han calificado como Agua1 (aptas para el baño), aunque el último año una ha recibido calificación Agua2 (apta para el baño, de muy buena calidad). La calificación como Agua1 se debe a valores ligeramente elevados de parámetros microbiológicos, que incumplen los límites guía. Estos valores son debidos, fundamentalmente, a los propios vertidos al embalse del camping y pequeños núcleos.

En todo caso, los niveles guía impuestos por la normativa de aguas de baño en parámetros microbiológicos es muy inferior a la de la categoría A2 de aguas para abastecimiento, siendo los imperativos del mismo orden.

El estado trófico del embalse se puede calificar como oligo-mesotrófico según información suministrada por la Confederación Hidrográfica del Ebro, lo que denota un bajo contenido en nutrientes.

#### **6.3.6.1.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

En síntesis, la calidad del agua en el embalse de Talarn se puede calificar como muy buena, siendo apta para todos los usos. Por consiguiente, no es necesario realizar ningún tratamiento previo a su transferencia.

La Pobla de Segur, que supone el vertido más importante al embalse, cuenta con una estación depuradora, por lo que no cabe esperar efectos adversos con este origen.

#### **6.3.6.2. BAJO EBRO**

El origen del posible trasvase se ubicaría en el curso bajo del río Ebro, aguas abajo del embalse de Ribarroja, y existen dos posibles destinos, el área metropolitana de Barcelona, y el levante y sureste peninsular.

En la posible transferencia derivada del río Ebro hacia el levante y sureste se dan unas circunstancias muy especiales, que no se producen en otros casos, y es que se han propuesto un gran número de alternativas, con múltiples destinos y diferentes posibilidades de mezcla de aguas en ellos, configurando una situación singularmente compleja.

Entre los destinos principales del trasvase estarían la zona de Castellón y el río Vinalopó en la cuenca del Júcar, la cuenca del Segura, y el Poniente almeriense, en la cuenca del Sur. Existen múltiples alternativas de trazado y, dependiendo de la solución adoptada, puede afectarse en mayor o menor grado a las aguas de las cuencas del Júcar y Segura, que pueden ser a su vez receptoras y de tránsito.

Por otra parte, también se han estudiado varias posibilidades de ubicación del origen del trasvase en el río Ebro, que van desde Flix hasta el Delta.

Toda esta complejidad de orígenes, tránsitos y destinos ha hecho que, ya desde el análisis preliminar de las distintas alternativas, se viera la necesidad de afrontar un estudio específico, con algún mayor detalle, de las diferencias en las posibles afecciones a la calidad de las aguas.

Un aspecto fundamental en lo que a la calidad de las aguas se refiere es el papel desempeñado por el embalse de Tous en las distintas alternativas. Así, en las denominadas soluciones continuas desde el Ebro, este embalse constituye exclusivamente un punto de regulación intermedia, que recibe aguas del trasvase y que le devuelve una mezcla de aguas trasvasadas y aguas propias. En cambio, en las denominadas soluciones Júcar, que captan recursos de este río aguas arriba de Tous (Alarcón o Cortes) y compensan con un volumen equivalente a esta cuenca en dicho embalse, solo actúa, o actúa principalmente, como receptor de aguas trasvasadas.

Existen además otros dos embalses en la cuenca que actúan como receptores de aguas trasvasadas y que pueden actuar también como regulación intermedia: el de Sihar en el río Mijares y el de Villamarchante en el río Turia, si bien su papel es de relevancia notablemente inferior al de Tous.

En el resto de destinos no se produce mezcla del agua del punto receptor con la que continúa por el trasvase.

#### **6.3.6.2.1. Análisis de la Calidad del Agua**

Dado que existe la posibilidad de optar por diferentes puntos de captación de las aguas, además de los análisis temporales se decidió hacer un estudio de evolución espacial de la zona baja del río Ebro, a partir del embalse de Mequinenza. Para ello se ha contado con los datos de calidad de aguas registrados entre 1990 y 1997 por las cuatro últimas estaciones de control de la red COCA, que desde aguas arriba hacia la desembocadura son las siguientes:

09029: embalse de Mequinenza

09210: embalse de Ribarroja

09163: Ascó

09027: Tortosa

Estas estaciones, especialmente las dos últimas, son las más próximas a las posibles tomas del trasvase y cuentan con un elevado número de parámetros medidos, con alta frecuencia y pocos errores apreciables. La figura adjunta muestra la zona considerada y la ubicación de las estaciones.

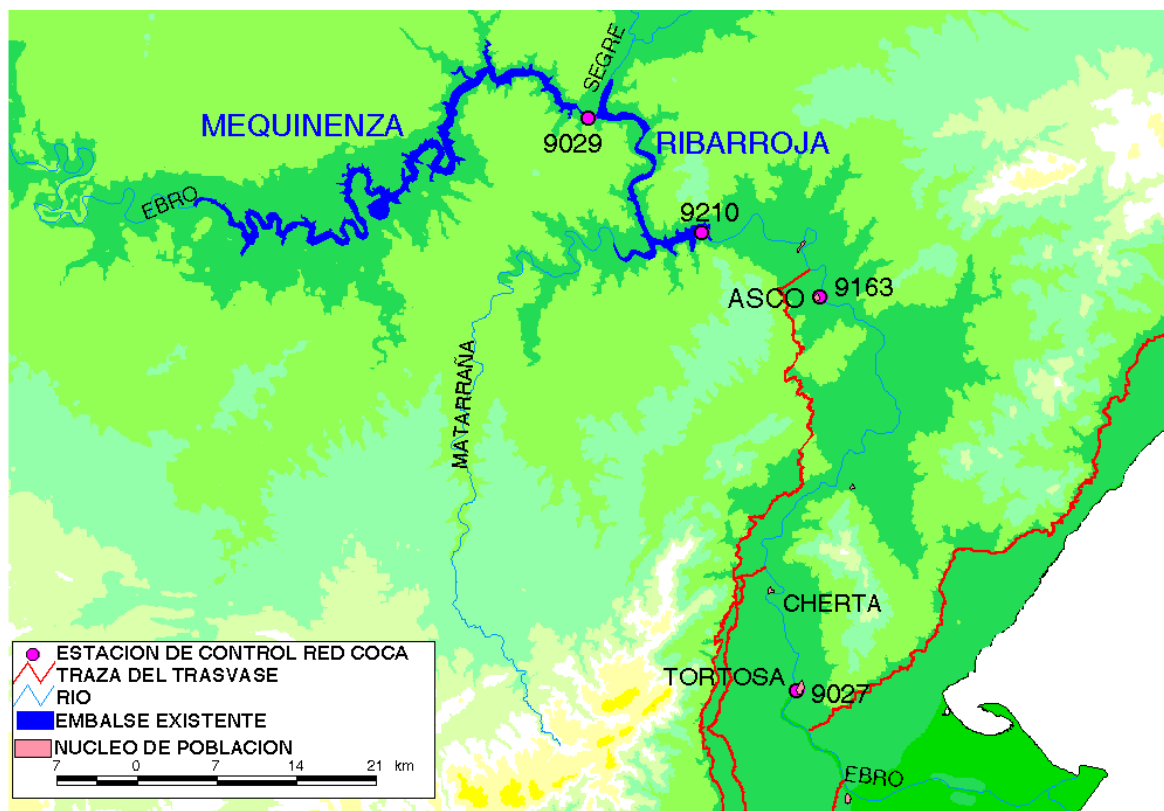


Figura 65. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia del bajo Ebro

Los resultados más destacables de este análisis son los siguientes:

- El peor estado de calidad en los cuatro puntos, tanto desde el punto de vista del uso para abastecimiento como para vida piscícola, se encuentra en Mequinenza, mejorando posteriormente en Ribarroja, gracias al efecto beneficioso de los embalses y, sobre todo, a la importante aportación del río Segre, para volver a empeorar progresivamente en Ascó y Tortosa, tal y como puede verse en la figura adjunta.

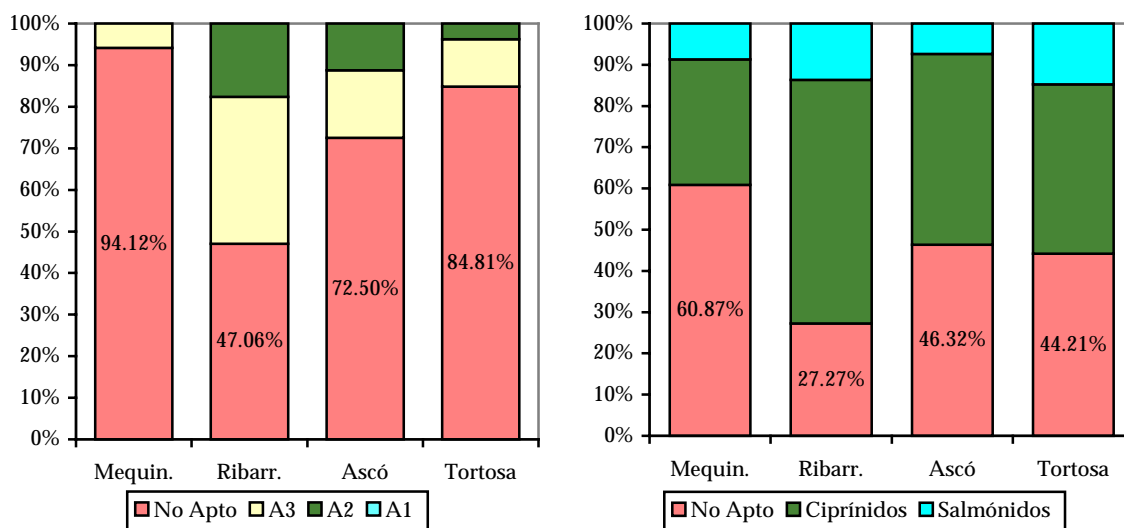


Figura 66. Incumplimiento de las normativas de prepotables y de peces en el Bajo Ebro



- Los parámetros que exceden en más de un 5% los límites considerados en la normativa de prepotables son: Conductividad, DBO<sub>5</sub>, Nitrógeno Kjeldahl, Sulfatos, Fosfatos, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Temperatura. En la normativa de vida piscícola, por su parte, incumplen más de un 5% los siguientes: Nitritos, Oxígeno Disuelto y Materia en Suspensión.
- La Conductividad es el parámetro más importante en cuanto a porcentaje de incumplimientos de la normativa de prepotables (51% en el conjunto de las cuatro estaciones). Esto se debe a que los valores medios se encuentran en las cuatro estaciones en torno a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que es el límite de la normativa. En concreto, evoluciona de aguas arriba hacia aguas abajo con los siguientes valores medios, 1.121 – 980 – 1.017 – 1.036  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Aunque disminuye de forma importante en Ribarroja debido a la entrada del Segre, situándose su valor medio por debajo de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en este punto sigue incumpliendo en un 43% de las ocasiones, aunque con valores muy próximos al umbral. En Ascó y Tortosa vuelve a aumentar por efecto de vertidos locales (v. figura adjunta).

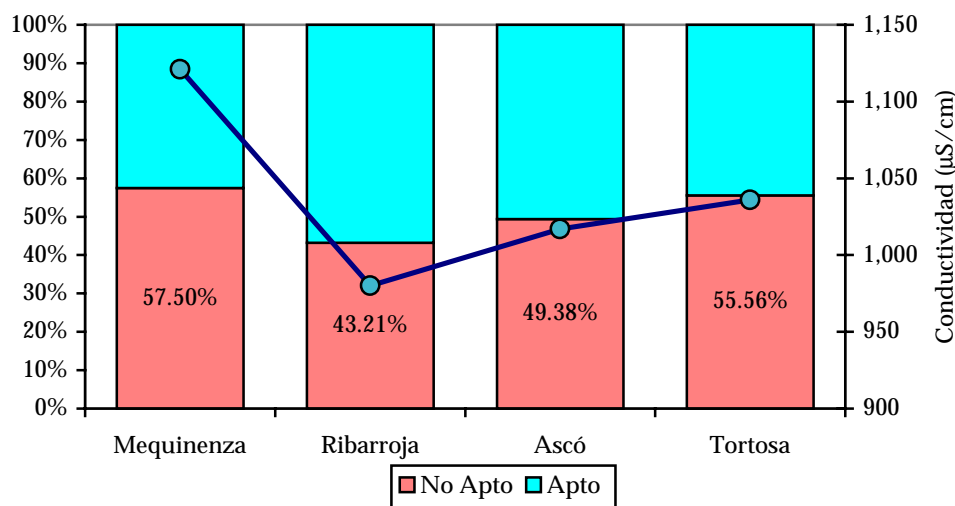


Figura 67. Evolución longitudinal de la Conductividad y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- Analizando la evolución temporal de este parámetro, se detecta cierta mejoría desde 1990 hasta 1996, en cuanto al número de veces que se incumple la normativa, tal y como muestra la figura de evolución anual. En los últimos años, los valores medios se reducen hasta un 30%.

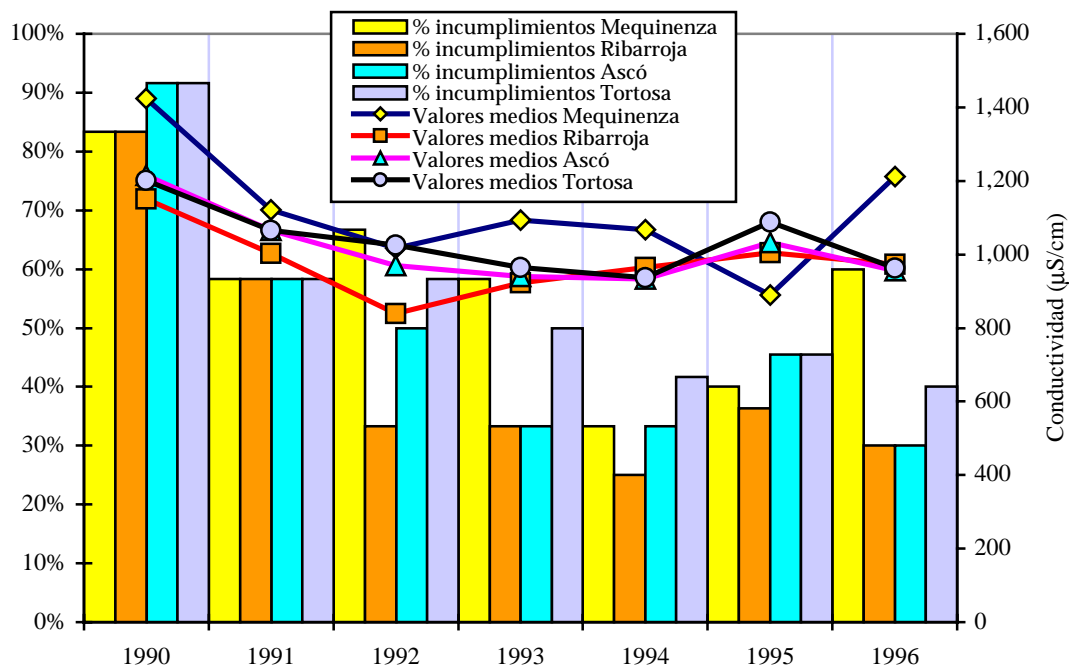


Figura 68. Evolución anual de la conductividad media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- Además de esta evolución media anual, es interesante observar la estacionalidad de los datos. Como muestra la figura, las cuatro estaciones evolucionan de un modo muy similar, siendo sus valores notablemente mejores en la primera mitad del año y situándose su valor medio desde abril hasta junio por debajo del límite de  $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Ello revela unas buenas condiciones en el periodo de invierno y primavera. Si se observan únicamente los últimos años, estos resultados estacionales mejoran.

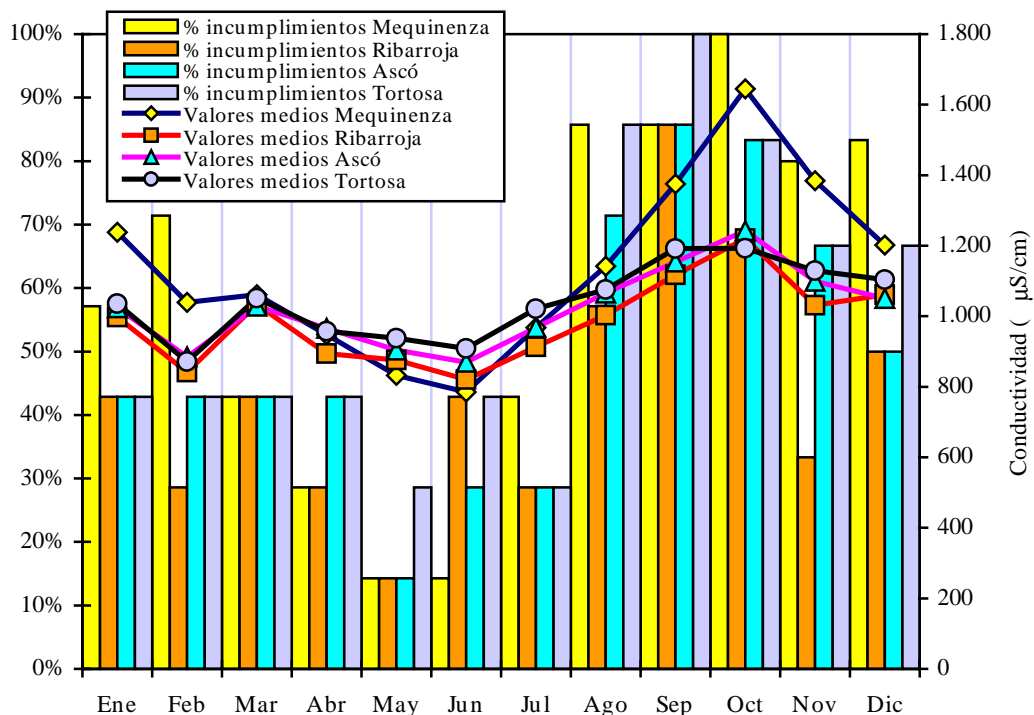


Figura 69. Evolución mensual de la conductividad media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- El contenido en sales más importante lo constituyen los Sulfatos, con un porcentaje global de incumplimientos de la normativa de prepotables del 26%, encontrándose el mínimo en Ribarroja con un 21%. En este caso, la concentración no vuelve a aumentar después de Ribarroja, siendo la sucesión de valores medios la siguiente: 235 – 194 – 195 – 194 mg/l. Los Cloruros, sin embargo, sí aumentan después de Ribarroja, como muestra la figura.

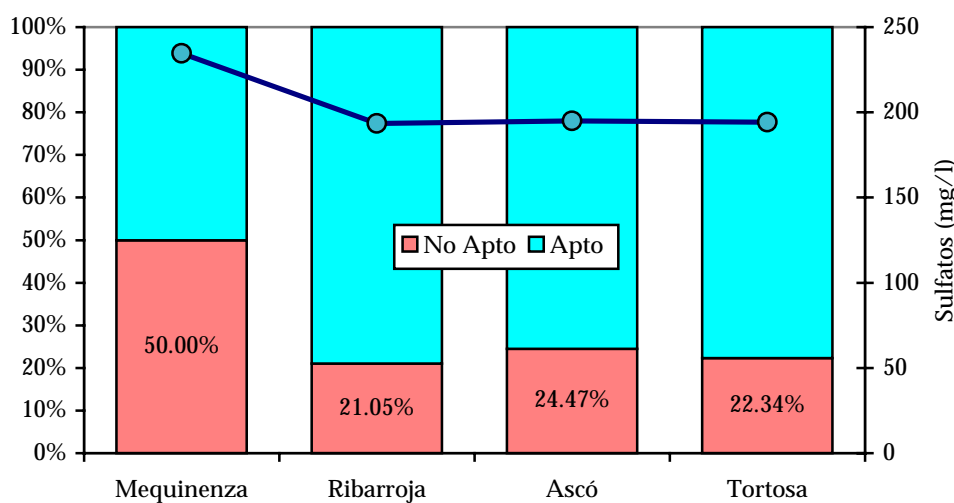


Figura 70. Evolución longitudinal de Sulfatos y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- La escasez de datos en Mequinenza y Ribarroja impide realizar un estudio fiable de evoluciones temporales de Sulfatos, por lo que sólo se estudian para Ascó y Tortosa. Entre 1990 y 1994 se produce una mejoría, empeorando posteriormente hasta 1997. La variación entre enero y diciembre para las dos estaciones es muy similar, como se puede ver en la figura de evolución estacional, permaneciendo hasta junio por debajo de 200 mg/l. Ello reitera las buenas condiciones del periodo de invierno y primavera.

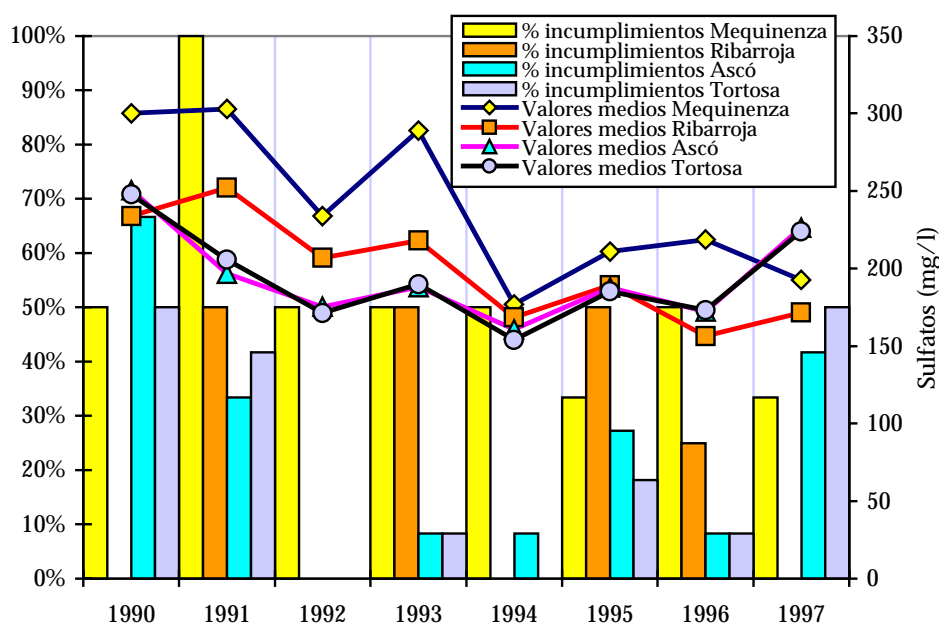


Figura 71. Evolución anual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

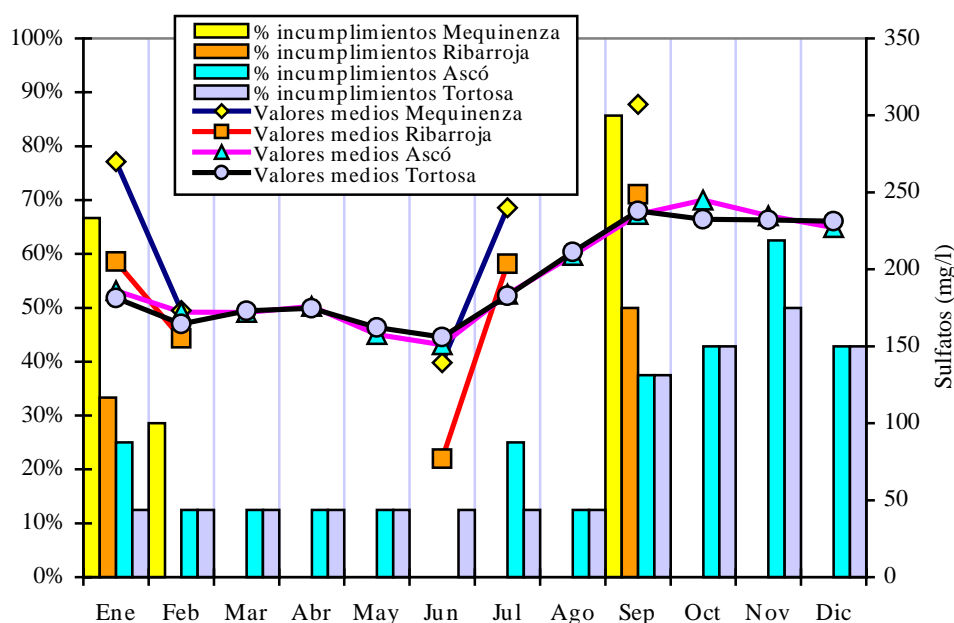


Figura 72. Evolución mensual de la concentración media de Sulfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- En las cuatro estaciones se ha encontrado una correlación positiva muy significativa entre la conductividad y la concentración de Sulfatos, siendo la más alta en Mequinenza ( $r = 0,916$ ;  $P \leq 0,001$ ;  $N = 17$ ). En la figura adjunta se representa la línea de regresión entre estas dos variables para el conjunto de los datos del Ebro.

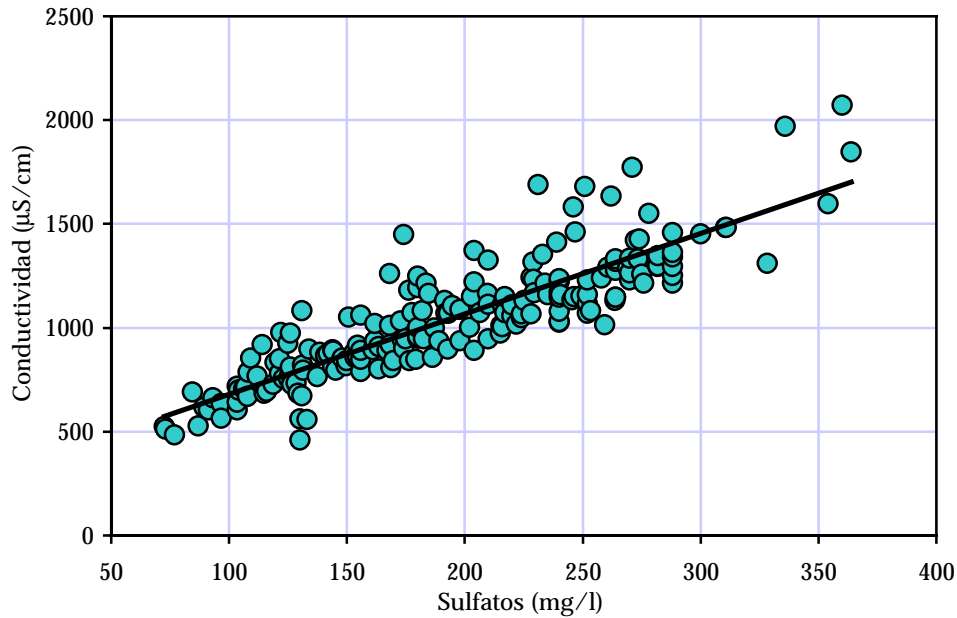


Figura 73. Relación entre conductividad y Sulfatos en el Ebro

- El comportamiento de los Cloruros es muy similar al de los Sulfatos, aunque en éstos sí se detecta cierto aumento después de Ribarroja. En Mequinenza el 24% de las muestras supera el límite de la normativa de prepotables, pero la dilución provocada por el Segre libera a las últimas estaciones de incumplimientos (v. figuras adjuntas).

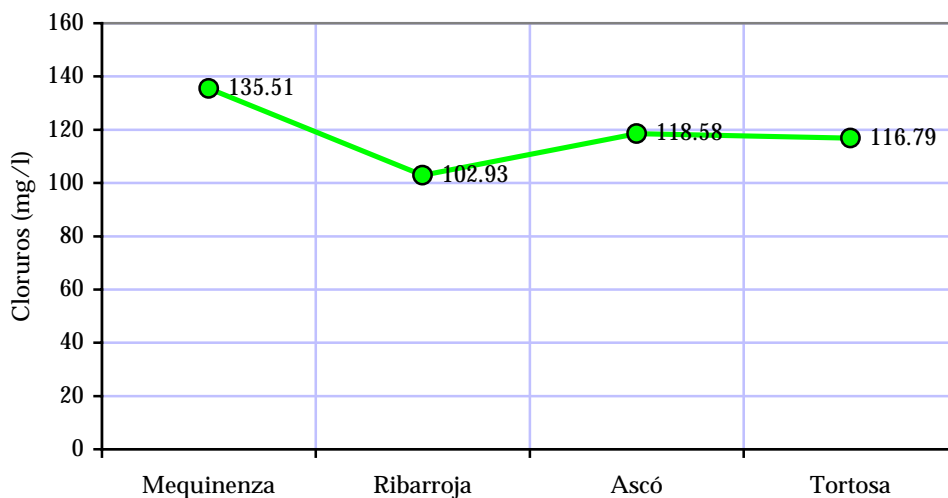


Figura 74. Evolución longitudinal de Cloruros en el Bajo Ebro

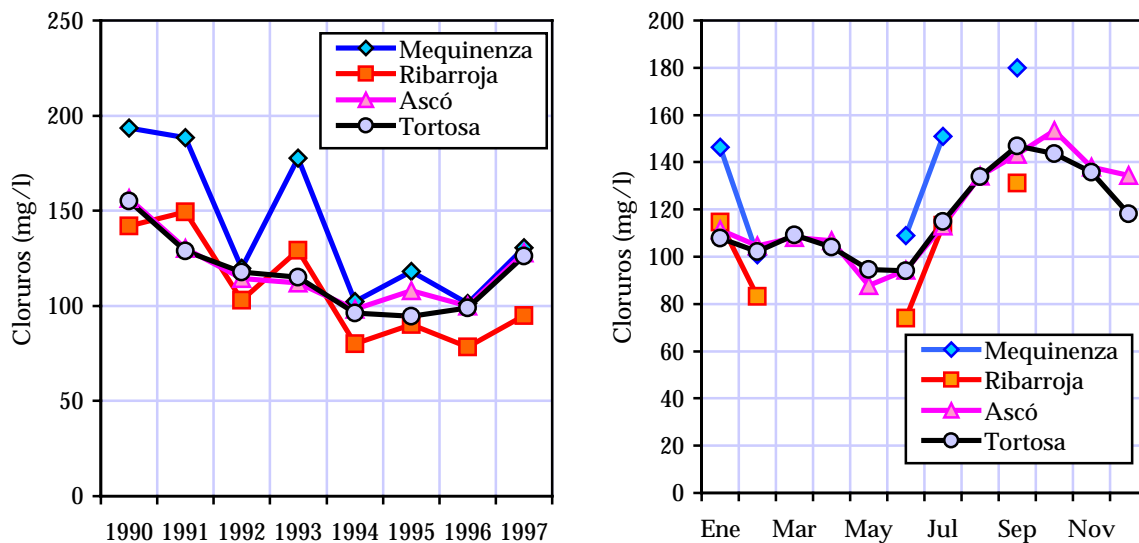


Figura 75. Evolución anual y mensual de la concentración media de Cloruros en el Bajo Ebro

En la figura de evolución temporal anual y mensual se observan también tanto los efectos de mejora en los últimos años como de mejor comportamiento estacional en el periodo de invierno y primavera.

- Es interesante observar los resultados globales de evolución de la salinidad en la cuenca del Ebro. En general, y como ya se ha indicado, la calidad de las aguas de este río se caracteriza por una típica distribución espacial en la que la calidad se degrada conforme las aguas discurren a lo largo del eje fluvial. La figura adjunta muestra la evolución de los Sólidos Disueltos Totales (mg/l) a lo largo del río en 1975 y 1990 (valores medidos), junto con una estimación para el año 2020 (Aragüés et al.). La salinidad aumenta progresivamente en los primeros 750 kms, hasta la confluencia con el sistema Cinca-Segre, que actúa como gran diluidor del Ebro. Tras esta confluencia, la salinidad se reduce muy notablemente, no esperándose ni siquiera a largo plazo (año 2020) tasas de SDT por encima de los 800 mg/l.

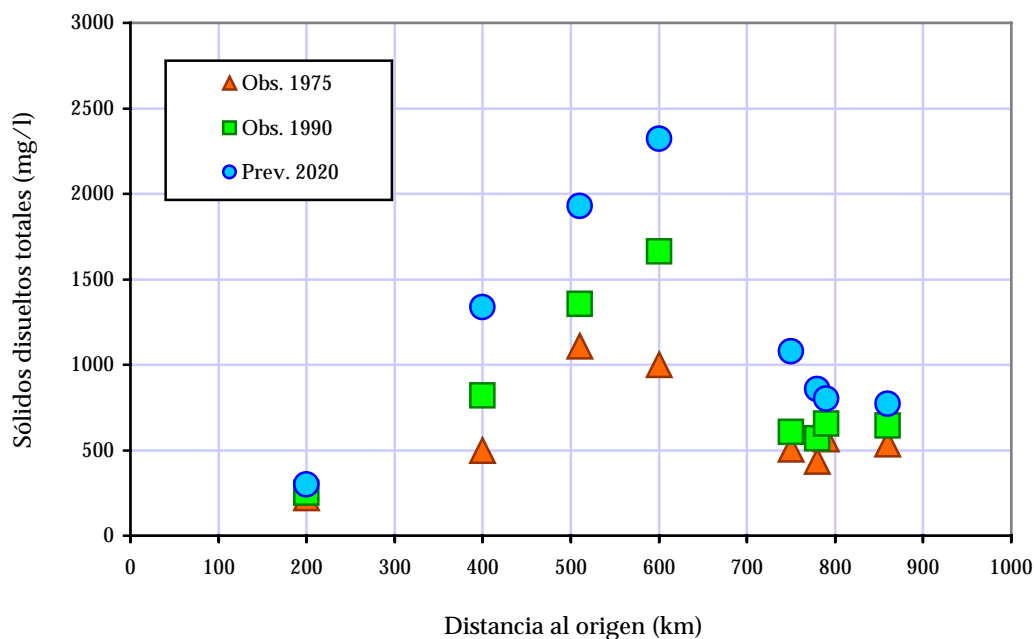


Figura 76. Evolución espacio-temporal de la salinidad de las aguas del Ebro

Estos mismos autores han detectado, asimismo, una significativa relación entre la salinidad y el caudal del río en Zaragoza, dada por la expresión  $SDT=4514 q^{-0.38}$  (SDT mg/l,  $q$  m<sup>3</sup>/s).

- En cuanto a la DBO<sub>5</sub>, es el parámetro que se destaca por incumplimientos de la normativa de vida piscícola, siendo también bastante elevado en la de prepotables (v. figura). Sus valores disminuyen en Ribarroja, debido al efecto depurador del embalse y a la entrada del Segre, para aumentar progresivamente hacia Tortosa. Aunque los porcentajes de incumplimiento son relativamente elevados, sus concentraciones medias no lo son en exceso. Se ha observado un aumento de los valores entre 1993 y 1995 –coincidiendo con una intensa sequía–, para volver a mejorar a partir de entonces. Dentro del año, parece que el peor período corresponde a la segunda mitad, volviendo a ratificarse el patrón de mejor comportamiento en invierno y primavera. Las figuras adjuntas ilustran lo expuesto.

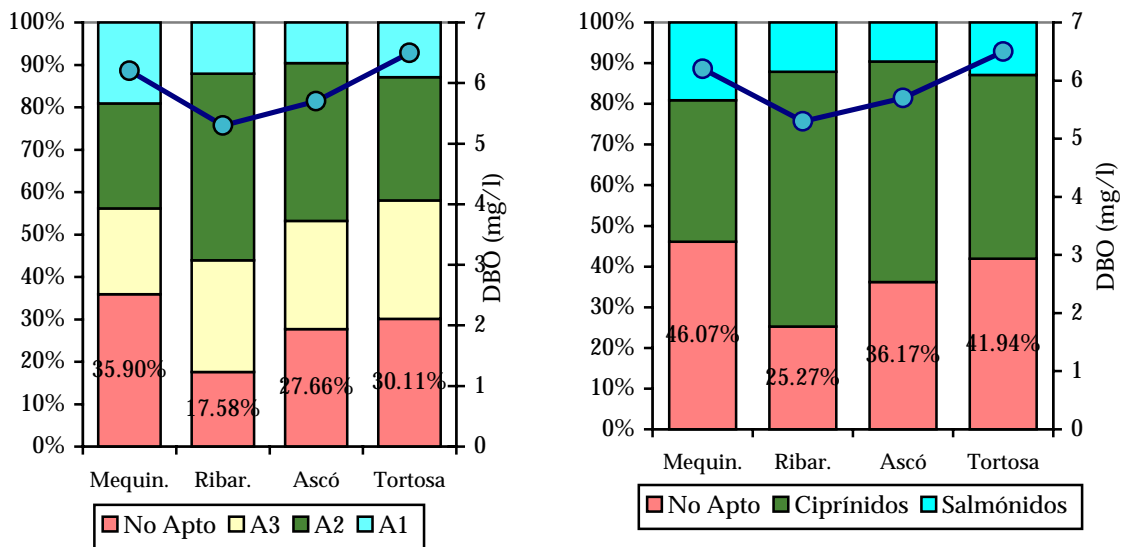


Figura 77. Evolución longitudinal de DBO y del incumplimiento de las normativas de prepotables y de peces por este parámetro en el Bajo Ebro

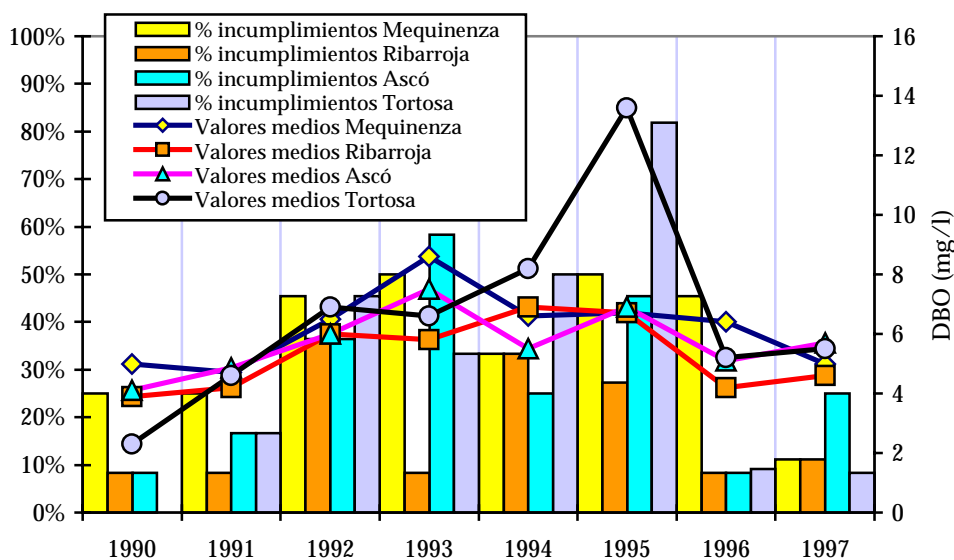


Figura 78. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro



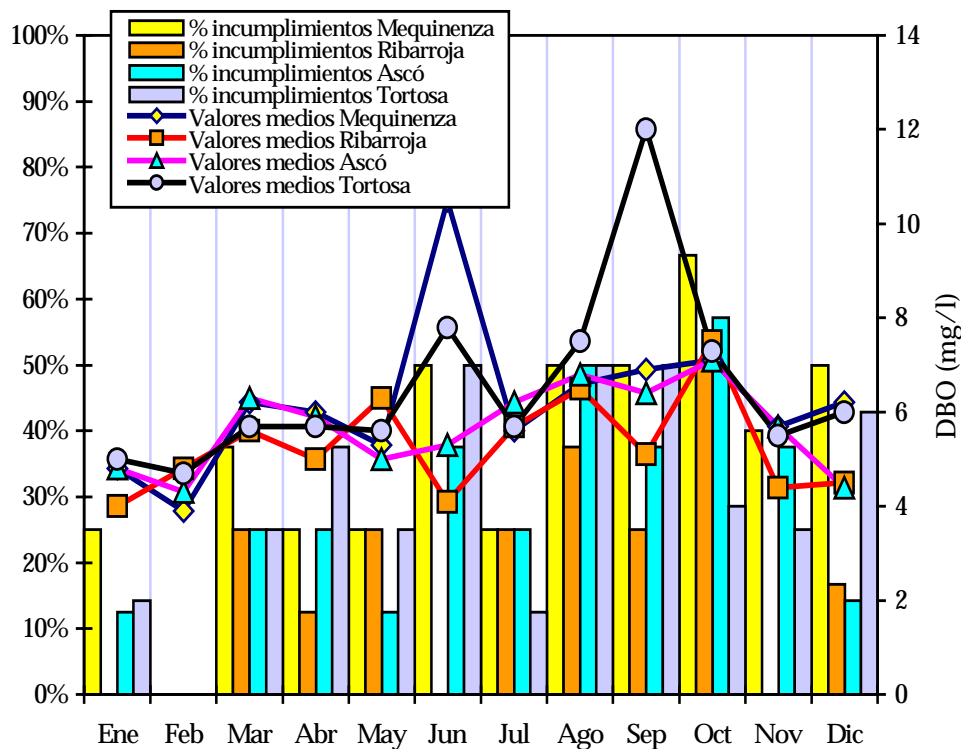


Figura 79. Evolución mensual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

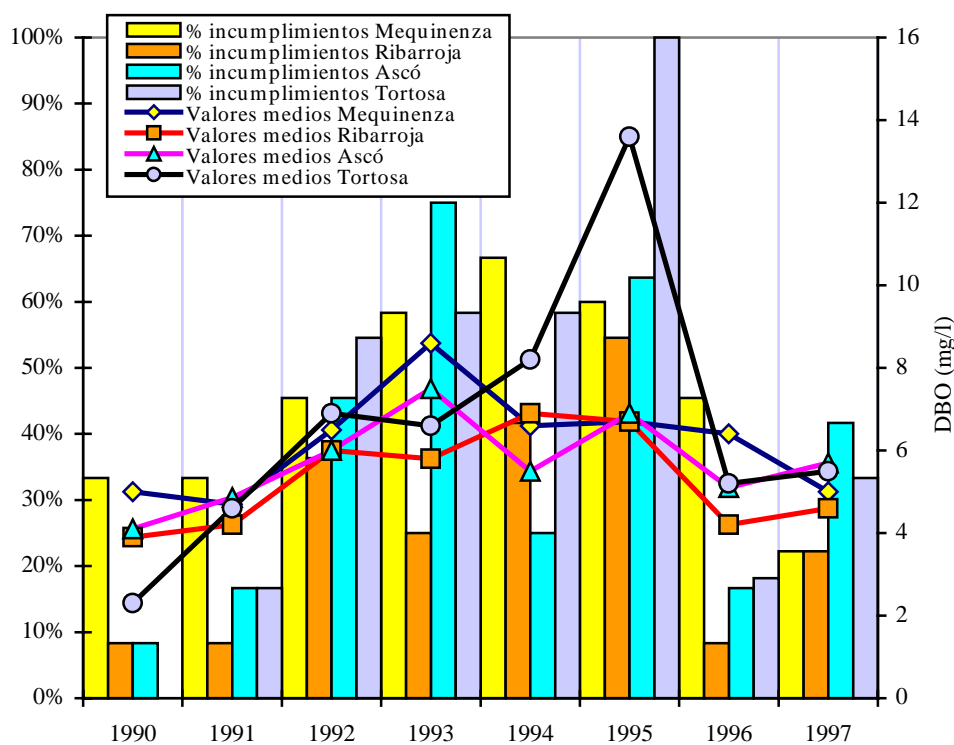


Figura 80. Evolución anual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Bajo Ebro

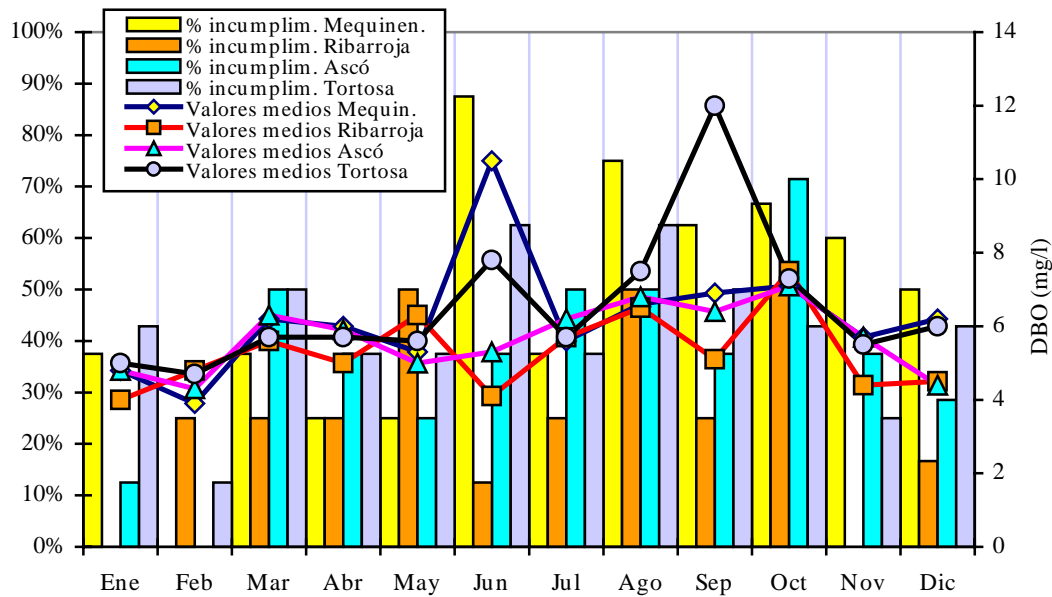


Figura 81. Evolución mensual de la DBO media y de incumplimientos de la normativa de peces por este parámetro en el Bajo Ebro

- La materia en suspensión supera el límite de la normativa de vida piscícola en algo más del 5% de las ocasiones en las dos estaciones ubicadas aguas abajo (v. figura). El oxígeno disuelto se sitúa en valores inferiores a los mínimos de dicha normativa, en un 20% en el embalse de Mequinenza y en un 10% en el de Ribarroja, lo que resulta lógico teniendo en cuenta el estado trófico de dichos embalses. Aguas abajo de los embalses no se produce ningún problema en el oxígeno disuelto (v. figura).

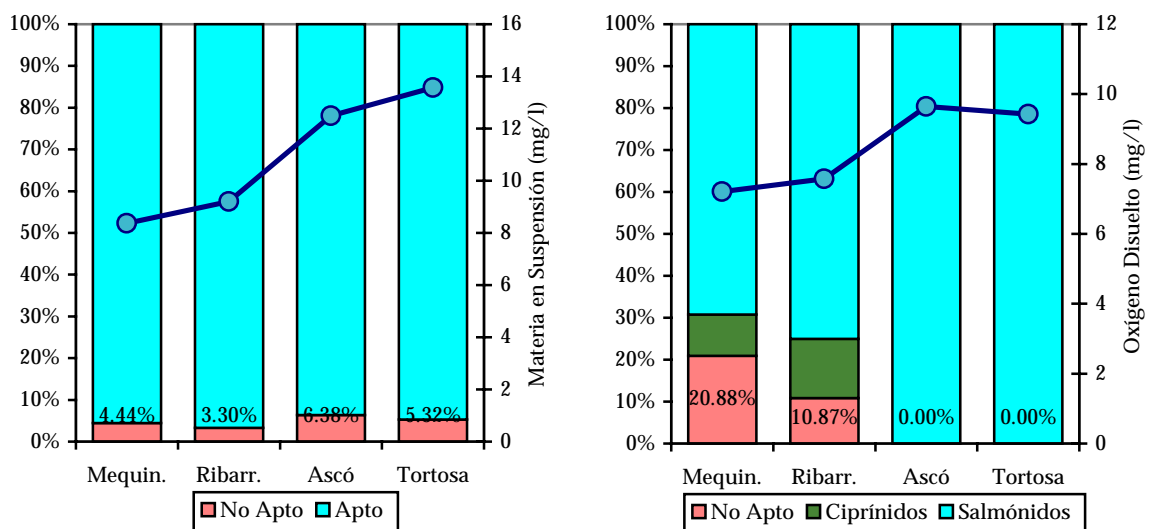


Figura 82. Evolución longitudinal de materia en suspensión y de Oxígeno Disuelto, y del incumplimiento de la normativa de peces por estos parámetros en el Bajo Ebro

- Aunque se han producido incumplimientos por Nitrógeno Kjeldahl y Nitritos, existen muy pocos datos por lo que es difícil extraer conclusiones. El Amonio que ha sido analizado en más ocasiones no llega

a un nivel de incumplimientos del 5% (v. figura). Los valores de Nitrato, aunque bajos, son mucho mayores que los de otros compuestos reducidos del nitrógeno, lo que indica un estado evolucionado del medio.

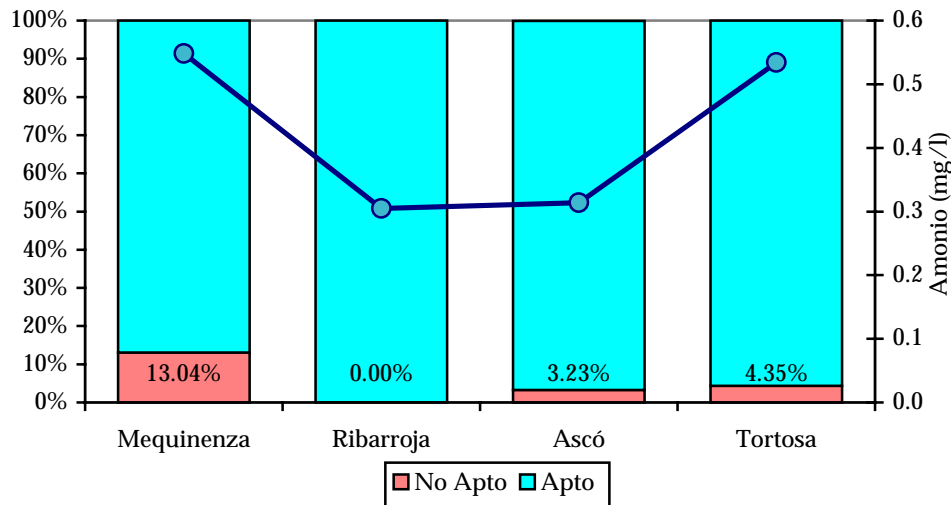


Figura 83. Evolución longitudinal de Amonio y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro en el Bajo Ebro

- El límite de fosfatos de la normativa de prepotables se ha rebasado en un porcentaje apreciable. Las concentraciones medias encontradas en los dos embalses son prácticamente iguales, aumentando posteriormente hasta duplicarse en Tortosa, aunque su valor medio no llega a 0,7 mg/l (v. figura). Dentro del período de estudio, se ha detectado una mejoría progresiva de este parámetro, con la excepción de 1995, de modo que en 1997 la concentración media fue inferior a 0,2 mg/l, no detectándose incumplimientos en los dos últimos años (v. figura).

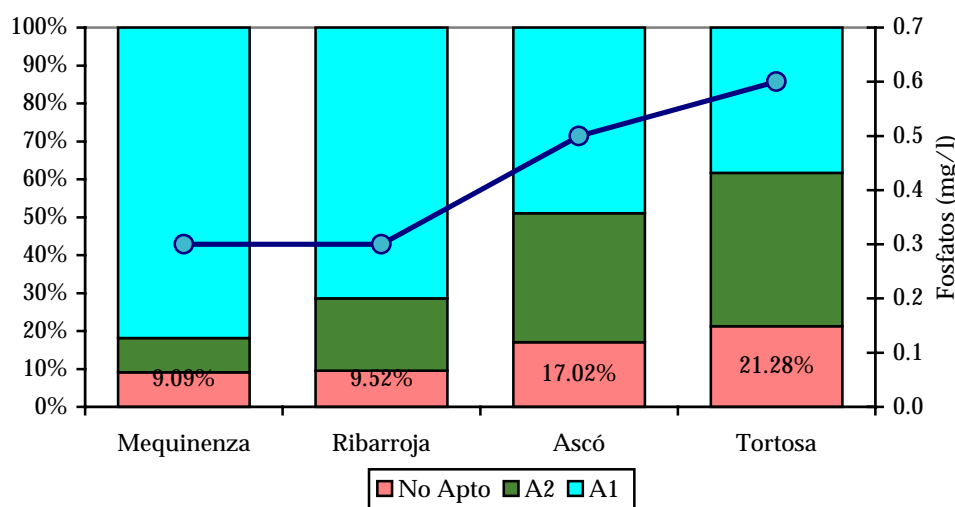


Figura 84. Evolución longitudinal de Fosfatos y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

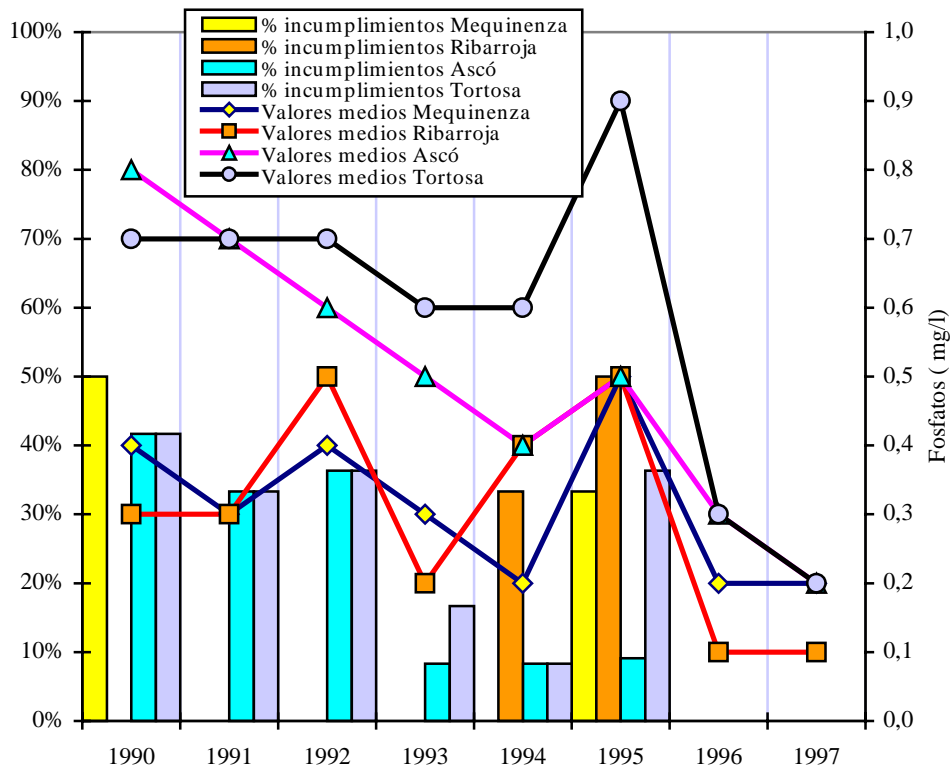


Figura 85. Evolución anual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- En cuanto a la evolución mensual, el comportamiento de los Fosfatos es más irregular que el de otros parámetros, salvo en los dos últimos años, en los que se mantiene muy constante a lo largo de los meses y en valores por debajo de 0,4 mg/l (v. figura).

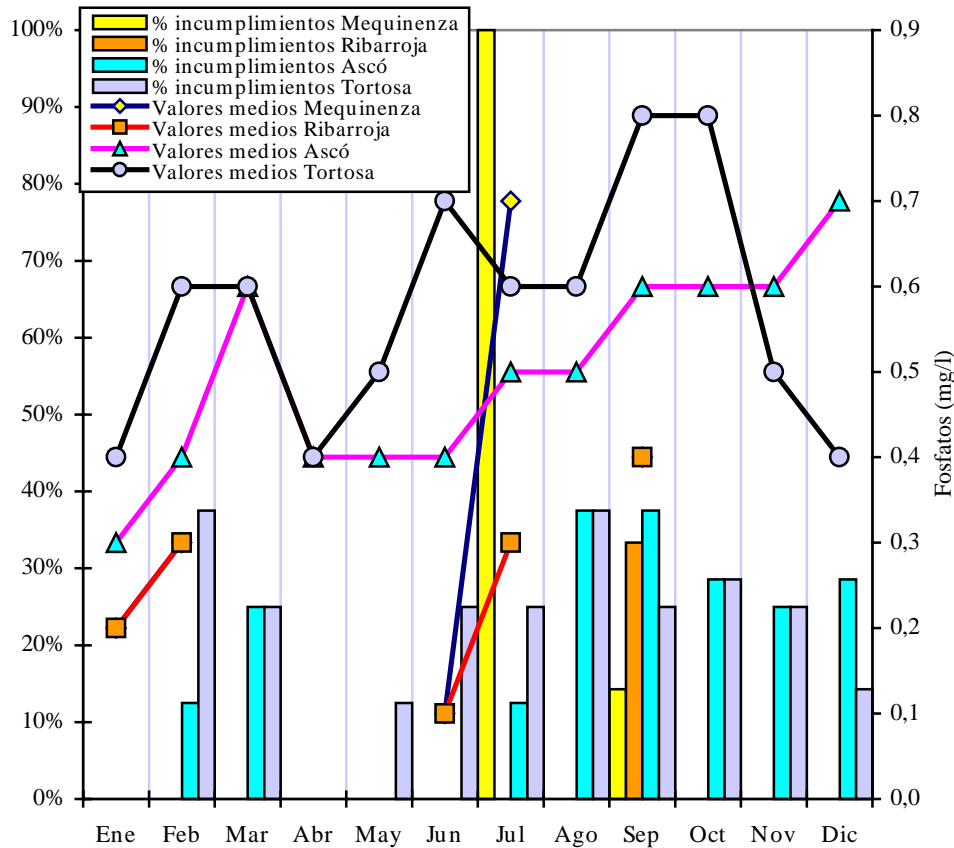


Figura 86. Evolución mensual de la concentración media de Fosfatos y de incumplimientos de la normativa de prepotables por este parámetro en el Bajo Ebro

- En el análisis de correlaciones realizado, sólo se ha encontrado una ligera relación de la DBO en Tortosa con los Fosfatos ( $r = 0,417$ ;  $P \leq 0,048$ ;  $N = 23$ ).
- La contaminación microbiológica sólo es destacable en Tortosa, con un 34% de incumplimientos por Coliformes, aunque también en Ascó se ha producido en alguna ocasión. En el análisis de las evoluciones temporales en Tortosa, se detecta un empeoramiento hasta 1995 (con la excepción de 1994), mejorando a partir de entonces. A lo largo del año, parece que la peor época se encuentra entre los meses de agosto y noviembre.

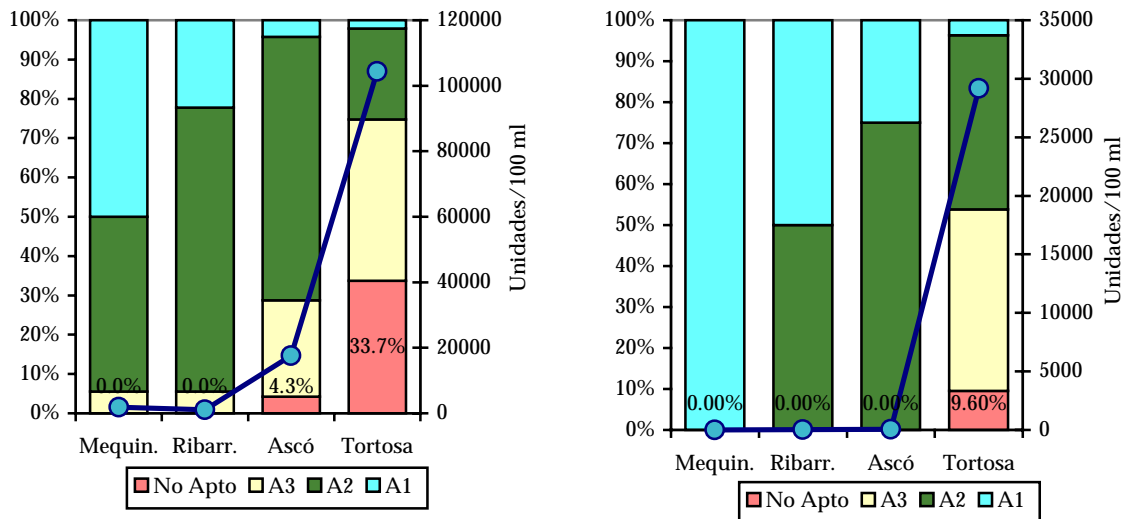


Figura 87. Evolución longitudinal de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales y del incumplimiento de la normativa de prepotables por estos parámetros en el Bajo Ebro

- Se ha podido contrastar la existencia de una relación muy significativa entre la DBO y los parámetros microbiológicos, lo que resulta lógico, dado que su fuente es la misma, sobre todo en Tortosa, que es la estación más afectada por vertidos locales (correlación entre DBO<sub>5</sub> y Coliformes Totales:  $r = 0,482$ ;  $P \leq 0,001$ ;  $N = 93$ )
- En los dos últimos años del período de estudio, en las estaciones ubicadas más aguas abajo, las características del agua superan en alto porcentaje los límites recogidos en las recomendaciones de riego para evitar problemas de infiltración (un RAS muy elevado para la salinidad existente) (v.figura).

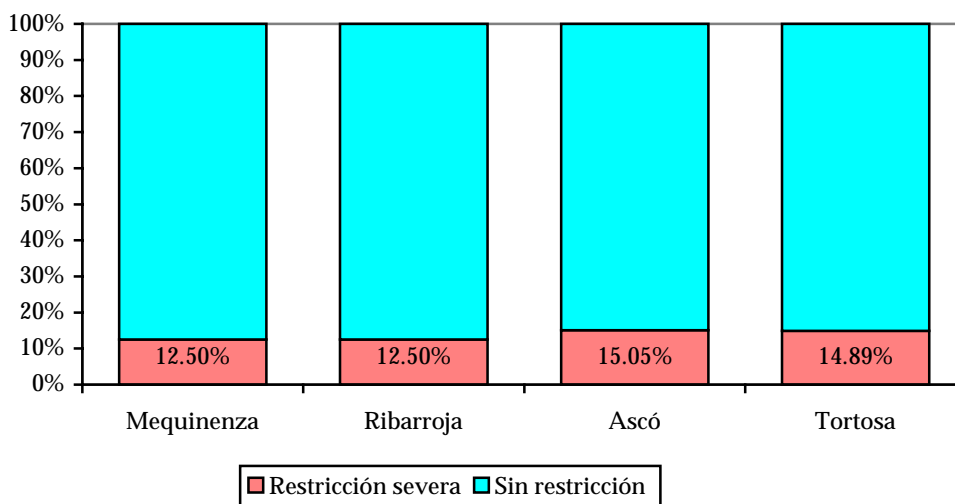


Figura 88. Evolución longitudinal del incumplimiento de las recomendaciones para aguas de riego en el Bajo Ebro

Aunque el estudio realizado ha manejado datos hasta el año 1997, posteriormente se ha dispuesto de nuevos datos hasta enero de 1999, manteniéndose, en general, para todos los parámetros, los valores y tendencias detectados en los últimos años del estudio.

Asimismo, cabe indicar que este análisis de la evolución de la calidad coincide básicamente en sus resultados con el realizado por Pinilla (1997) para el período 1981-95 en Tortosa.

#### **6.3.6.2.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

La calidad del agua experimenta una mejoría muy importante entre el embalse de Mequinenza y el de Ribarroja, debido al aporte de las aguas del río Segre, más limpias y menos mineralizadas, y al efecto depurativo de los embalses. Posteriormente vuelve a empeorar por la influencia de vertidos locales.

En general, dentro del período de estudio, el año 1995 se puede considerar el peor en cuanto a los parámetros que reflejan el efecto de contaminación orgánica, tendiendo a mejorar posteriormente. Para los parámetros conservativos, sin embargo, 1990 fue el peor año, detectándose desde entonces una tendencia a la mejoría y una estabilización posterior.

Aunque son numerosos los parámetros estudiados por generar incumplimientos, salvo la conductividad, DBO y Sulfatos no parecen, en general, un problema importante que tenga una gran continuidad.

Además, debido a la elevada longitud del trasvase en estudio se puede esperar una importante mejora a lo largo de su recorrido de la DBO<sub>5</sub>, los Nitritos y los Coliformes. Otros parámetros en los que se puede esperar mejora, aunque es difícil establecer en qué grado, son el Nitrógeno Kjeldahl y los Fosfatos, siendo este último el que probablemente varíe en menor proporción de todos los no conservativos.

Los parámetros conservativos y que, por tanto, mantendrán prácticamente constantes sus valores son la conductividad y los Sulfatos.

La conductividad es un parámetro indicador de las sales disueltas. La cuenca del Ebro, principalmente en su vertiente sur, se ve enriquecida por sulfatos y otras sales de origen natural. Esto hace que en Mequinenza tanto la concentración de Sulfatos como la conductividad presenten valores elevados. El aporte del río Segre, con aguas de menor salinidad, genera una importante dilución en Ribarroja. Posteriormente, por la acción de vertidos locales, la conductividad vuelve a aumentar, estando la mayor parte del tiempo en valores por encima de los registrados en Ribarroja e, incluso, en los meses de mayo a julio puede superar los de Mequinenza. Además, su variabilidad es mayor, lo que provoca que el porcentaje de incumplimientos aumente en mayor medida que el valor medio. Los Sulfatos, sin embargo disminuyen en Ribarroja y se mantienen más constantes, lo cual indica que en las estaciones ubicadas aguas abajo existe un incremento en otras sales (Cloruros fundamentalmente). Como se vió, los niveles previsibles en el futuro no empeorarán sensiblemente la situación actual.

Respecto a la evolución a lo largo del año, con carácter general se puede decir que la primera mitad es mejor en calidad que la segunda. Respecto a los parámetros más críticos (conductividad, Sulfatos y Fosfatos), el mejor periodo del año se situaría, más en concreto, entre los meses de abril y junio.

En el caso de las alternativas que mezclen sus aguas con las del embalse de Tous, puesto que en él se deben mantener unos objetivos de calidad de A3 y ciprinícola, se pueden realizar las siguientes consideraciones:

- Los valores de Fosfatos detectados en los últimos años en el río Ebro son muy similares a los del río Júcar, por lo que una sustitución de unas aguas por otras no generaría ningún problema significativo.
- Los valores medios de Sulfatos son también muy similares a los del Júcar. Sin embargo, la conductividad es algo mayor, debido a otras sales, por lo que se puede provocar una ligera afección por esta causa. Se da la circunstancia de que las aguas del embalse de Tous se encuentran en el límite de la normativa de prepotables ( $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) por lo que un ligero aumento en la misma puede provocar que se incumplan estos objetivos aunque el empeoramiento real sea insignificante.
- Se han estudiado los datos de salinidad en las estaciones COCA ubicadas aguas abajo del embalse de Tous, comprobándose cómo aguas abajo de este embalse el río se carga en sales aumentando su conductividad por encima de  $1.200 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Se puede deducir, por tanto, que aguas abajo de este embalse la posible alteración provocada por el agua del Ebro sería mínima.
- A pesar de la reducción de Coliformes que se pueda producir en el trasvase, puede que en determinados momentos, al llegar a Tous, no se alcancen los niveles suficientes. De todas formas, en el embalse sufrirían una dilución importante y se seguiría produciendo un *decay*.
- Dado los niveles poco elevados de los parámetros y teniendo en cuenta su posible evolución a lo largo del trasvase y en el propio embalse de Tous, no se considera necesario realizar un tratamiento previo de las aguas a trasvasar.
- Sería recomendable precisar las fuentes contaminantes del río Ebro, aguas abajo de Ribarroja, y evaluar su posible reducción por depuración.

El sistema del Vinalopó (uno de los destinos de este trasvase) se encuentra muy degradado, con una calidad pésima y un contenido en sales muy elevado, por lo que el aporte de aguas del río Ebro resultaría, en cualquier circunstancia, muy beneficioso para la calidad de sus aguas.

Los restantes puntos de entrega dentro de la cuenca del Júcar en los que las aguas trasvasadas se reciben en embalses son la zona de Mijares-Castellón –en el embalse de Sichar, ya existente- y la de Valencia y su área metropolitana –embalse de Villamarchante, en el Turia, de nueva construcción. Estas entregas son de menor cuantía que los volúmenes que pueden verterse al embalse de Tous o destinarse a los sistemas del Vinalopó y Marina Baja.

En el caso de Sichar, los parámetros de calidad son, en principio, algo mejores que los del agua trasvasada, con unos valores de sulfatos y fosfatos más favorables y un



estado que, a comienzos de la década de los noventa podía calificarse como oligomesotrófico. Asimismo, el plan de cuenca del Júcar establece que en el entorno del Azud de Villareal, aguas abajo de Sichar, la calidad debe ser A2. Puesto que el agua derivada del Ebro no cumple este requisito, es necesario un estudio detallado para determinar si su mezcla con la de Sichar, en la proporción impuesta por el volumen entregado al embalse, así como la evolución de las características que implica su paso por el embalse (fundamentalmente respecto a salinidad y nutrientes) permite satisfacer lo dispuesto en el plan de cuenca. En caso contrario habría que modificar el sistema de entrega, por ejemplo, construyendo una balsa desde la que se efectúe la distribución o bien efectuando un tratamiento en destino previo al vertido al embalse.

En cuanto al futuro embalse de Villamarchante en el Turia, los requisitos a satisfacer son los generales establecidos por el Plan de cuenca, A3 y Ciprínicola. En este caso, por tanto, la situación sería más similar a la de Tous que en el caso anterior, si bien la distancia recorrida por el agua trasvasada sería menor que hasta este embalse, por lo que los parámetros no conservativos habrán experimentado una menor variación. Por otra parte, las características del Turia son más favorables que las del Júcar en parámetros como la conductividad, por lo que las condiciones de la mezcla serán, previsiblemente, mejores que las de Tous. En definitiva, a falta de un estudio más detallado que considere la influencia del grado de dilución que supone el volumen del trasvase derivado al embalse, no se estima imprescindible un tratamiento previo de las aguas a trasvasar.

En la posible conexión con el Postrasvase Tajo-Segura, sólo sería destacable la diferencia en mineralización de sus aguas, aunque parece que en el Ebro se produce una disminución en los últimos años. Dado el bajo contenido en iones de las aguas del ATS, se estima que la mezcla de aguas, aunque se verá alterada, tendrá unas características suficientes para su empleo tanto en abastecimiento como en riego.

En la posible transferencia desde el Ebro con destino a las cuencas internas de Cataluña, si la entrega se produce en el río Noia, se da la circunstancia que el contenido en sales del agua en dicho río es muy superior, por lo que no se generará un impacto negativo sino, en todo caso, lo contrario, mejorando las condiciones del Noia para su uso posterior al mezclarse con las aguas del trasvase. Si, como es más lógico, la entrega va directamente a la planta de Abrera, no se prevén dificultades singulares como consecuencia de la calidad del agua en origen, tal y como se muestra seguidamente.

### **6.3.7. CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA**

En este ámbito se ubica un destino de posibles trasvases en el río Noia, afluente del Llobregat, o bien directamente en la planta potabilizadora de Abrera. El otro posible punto de llegada identificado es el de Cardedeu, con origen de recursos en el Ródano.

### 6.3.7.1. RÍO NOIA

El río Noia puede ser destino de dos posibles transferencias, una procedente del embalse de Talarn en el río Noguera Pallaresa, en la cuenca del Ebro, y otra del propio Ebro en su curso bajo. El destino de esta transferencia sería la red de abastecimiento del área metropolitana de Barcelona.

En los estudios derivados del Anteproyecto de Ley de PHN de 1993, se consideraba como punto final del trasvase el embalse de San Jaime, de nueva construcción sobre el río Noia, aguas abajo de Igualada. Sin embargo, como se ha señalado en el Anejo de descripción de transferencias, los análisis efectuados permiten concluir que no es necesaria una regulación en destino. Por ello, podría prescindirse de este embalse y conectar directamente con la ETAP de Abrera, integrada en el sistema de abastecimiento a Barcelona y su área metropolitana.

#### 6.3.7.1.1. Análisis de la Calidad del Agua

En esta zona se cuenta con una estación de la red COCA ubicada en San Sadurní de Noya, por tanto, justo aguas abajo del posible futuro embalse de San Jaime (v.figura).

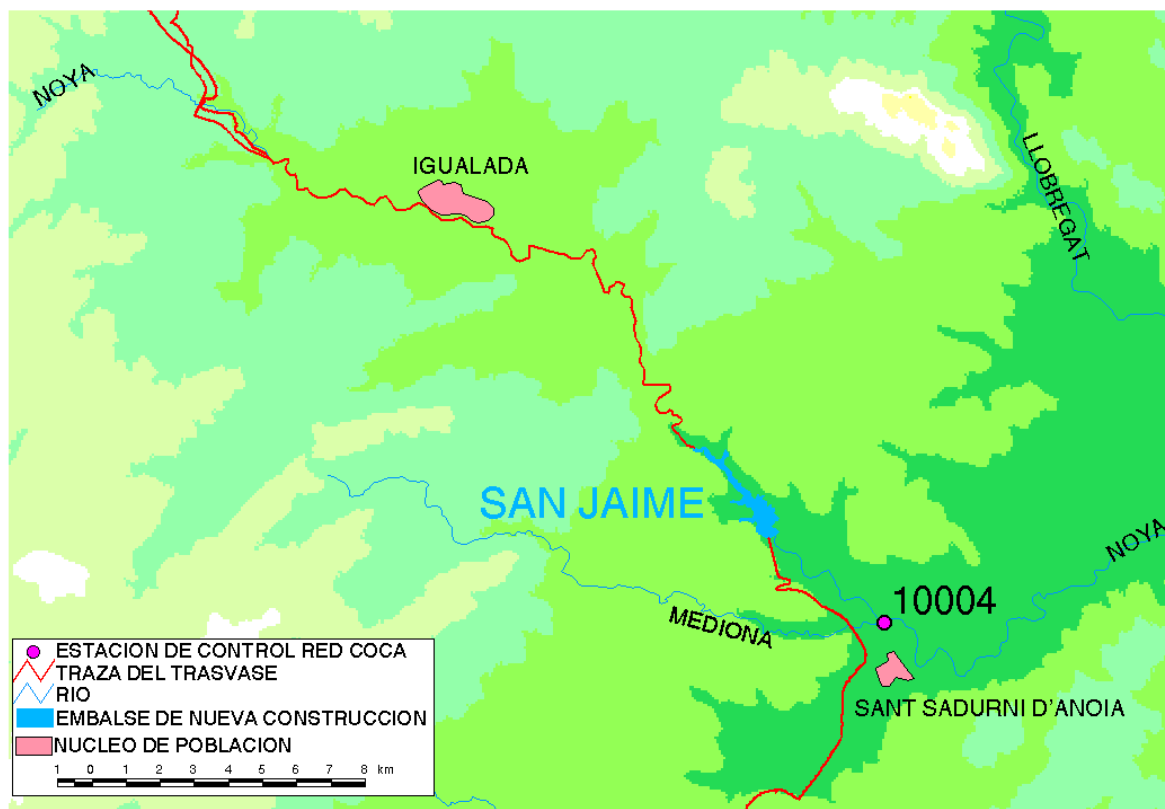


Figura 89. Ubicación de la estación de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el río Noia

Desde el punto de vista de los parámetros que se ven alterados por la contaminación orgánica no se pueden extraer conclusiones, puesto que las últimas actuaciones en depuración han mejorado de modo importante sus valores. Destaca la entrada en

servicio de la depuradora de Vilanova de Camí, Igualada, Odena y Santa Margarida de Montbui, con procesos de eliminación de nitrógeno y fósforo, para un caudal de 20.000 m<sup>3</sup>/día y que trata mezcla de aguas urbanas e industriales.

También en 1995 se inauguró la estación depuradora de Piera. El vertido de esta población también podría haber afectado a la calidad del agua en la zona. El río Noia, hasta dicho año, se encontraba muy alterado a partir de Igualada, pero ha mejorado considerablemente desde entonces.

Otro aspecto de la calidad del río que sí puede ser tenido en cuenta es el elevado grado de mineralización de las aguas, debido a la naturaleza de los suelos que atraviesa.

Así, la conductividad se encuentra en torno a los 3.000 µS/cm, con oscilaciones entre 2.000 y 4.000. Las aguas son muy duras (500 a 800 mg/l de CO<sub>3</sub>Ca), con unos contenidos en Cloruros (300-600 mg/l) y Sulfatos (500-600 mg/l) muy elevados.

Si la entrega se produce en Abrera, no serían relevantes las consideraciones anteriores.

#### **6.3.7.1.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

Se estima que cualquiera de los posibles orígenes de transferencia tendrán una calidad superior a la zona de destino. La calidad encontrada en el embalse de Talarn era superior a la del bajo Ebro, siendo el principal condicionante en este caso el contenido en sales. Puesto que en la zona de destino este contenido es bastante superior, el efecto no sería muy negativo.

Desde el punto de vista de la salinidad serían más semejantes las aguas del Ebro, por lo que se alteraría en menor grado el ecosistema del río Noia. Sin embargo, puesto que este curso ha estado sometido durante mucho tiempo a un grado de contaminación alto, no se considera que esta afección pueda ser muy importante.

Desde el punto de vista del uso al que está destinado el embalse, el abastecimiento, resultaría muy beneficiosa una disminución de las sales disueltas y, en consecuencia, se debe tener en cuenta más la posible afección que generarían las aguas de destino a la calidad de las aguas trasvasadas.

Aunque en función del caudal transferido, y dado el escaso caudal del río Noia, las características de las aguas podrían asemejarse a las de origen del trasvase, los contenidos en sales se podrían ver aumentados. Ello puede suponer una limitación al uso para el que está destinado el embalse, por lo que debería ser objeto de un estudio detallado.

En definitiva, desde el punto de vista de la calidad, en principio, podría ser más favorable evitar la mezcla de las aguas trasvasadas con las del río Noia para preservar la calidad de las primeras. Es decir, se aconseja para esta transferencia, caso de que finalmente se lleve a cabo, la conexión directa con Abrera no solo por poder prescindir de la regulación en destino, sino también por mantener la calidad de las aguas trasvasadas, mejores que las del área de entrega.

### **6.3.8. CUENCA DEL JÚCAR**

En esta cuenca se encuentran varios destinos del agua trasvasada: la zona de Cenia-Maestrazgo, al Norte de Castellón; la zona del Mijares, cuya volumen se prevé entregar en el embalse de Schar, sobre dicho río; la zona de Vall de Uxó; Valencia y su área metropolitana, a las que se entrega el caudal derivado en el embalse de Villamarchante, de nueva construcción, sobre el río Turia, así como los sistemas del Vinalopó y Marina Baja, que reciben el volumen trasvasado en el entorno de Villena.

En aquellos embalses que son utilizados como regulación intermedia del trasvase - Schar y/o Villamarchante y, sobre todo, Tous- el caudal que circule por el trasvase aguas abajo de ellos será mezcla del derivado desde el Ebro en origen y del de la propia cuenca que regulan. Por ello, además de analizar el efecto del agua trasvasada sobre el medio receptor, también es necesario conocer la repercusión del agua del medio receptor sobre la del trasvase, puesto que será mezcla de ambas la que continuará hacia otros destinos aguas abajo. Dentro de la cuenca del Júcar, el embalse de Tous es el punto de mayor cuantía de mezcla y el sistema del Vinalopó, el de mayor volumen de demanda, por lo que es en ellos es los que se centra el análisis.

Únicamente cabe recordar aquí lo ya señalado en un epígrafe anterior respecto a Schar y Villamarchante. En el primer caso es necesario un estudio detallado para determinar si es viable aportar el volumen demandado desde el Ebro sin impedir cumplir el requisito de A2 establecido por el plan de cuenca aguas abajo del embalse. Caso de no ser así, no podría utilizarse Schar como elemento de regulación intermedia del trasvase, debiendo disponerse una entrega específica desde la conducción general. Tampoco debería utilizarse entonces como receptor directo del volumen demandado por la zona Mijares-Castellón, disponiendo una balsa de recepción desde la que se efectúe la distribución o bien disponiendo un tratamiento en destino previo al vertido del embalse, que originaría un coste adicional a la distribución en destino.

En cuanto a Villamarchante, no se prevé, en principio, ningún problema para su empleo tanto como elemento de regulación intermedia como de recepción del volumen destinado a Valencia y su área metropolitana.

#### **6.3.8.1. EMBALSE DE TOUS**

El embalse de Tous en el río Júcar se encuentra como paso intermedio en varias de las soluciones estudiadas, bien como elemento de regulación intermedia o como punto de compensación de caudales.

En las segundas se plantea la posibilidad de aportar las aguas del trasvase al embalse de Tous y extraer un caudal equivalente del río Júcar, aguas arriba de dicho embalse.

El Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar establece, con carácter general, unos objetivos de calidad A3, en función de la normativa de aguas para abastecimiento, y de Ciprinícola, en función de la de vida piscícola. Además, los embalses destinados al abastecimiento deben ser mesotróficos, como mínimo, y, preferiblemente, oligotróficos.

### 6.3.8.1.1. Análisis de la Calidad del Agua

En esta zona se analiza el estado de calidad en cada uno de los tres ríos que confluyen en el Júcar aguas arriba del embalse de Tous: Júcar, Cabriel y Reconque. De esta forma se puede estimar el efecto sobre la calidad en el caso de aportar aguas del Ebro a cambio de las del Júcar.

Para conocer la calidad de las aguas aportadas al embalse de Tous se cuenta con los datos recogidos en tres estaciones de la red COCA en cada uno de los ríos mencionados (v.figura adjunta):

08112: Río Cabriel antes de su desembocadura

08144: Río Júcar antes de la confluencia con el Cabriel

08218: Río Reconque



Figura 90. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el embalse de Tous

Estos tres ríos se unen en el embalse de Embarcaderos, ubicado unos 35 km aguas arriba del embalse de Tous. Son mucho más importantes el Cabriel y el Júcar, puesto que aproximadamente aportan el 95% del caudal, siendo el 5% restante aportado por el Reconque.

Aunque no se dispone de información exhaustiva sobre todos los parámetros, se puede decir que, en general, los ríos de esta zona tienen un buen estado de calidad, como se refleja en los resultados siguientes:

- Los parámetros más críticos respecto al cumplimiento de las normativas en los tres ríos estudiados son Sulfatos, conductividad, Coliformes y Cloruros, respecto a la de prepotables, y materia en suspensión, respecto de la de vida piscícola.
- Aunque se detecta algún valor de DBO<sub>5</sub> que excede los límites de la normativa, el porcentaje de incumplimientos no llega al 5%. Los valores son más bajos en el Júcar que en los otros dos ríos (v.figura). Los peores años han sido 1994 y 1995, mejorando posteriormente, con una evolución muy similar en los tres ríos. Parece que los valores más elevados se producen entre marzo y julio. De todas formas, el Júcar resulta bastante estable a lo largo del año, mientras que en el Reconque sí se detecta una tendencia clara y el Cabriel presenta más altibajos (v.figura).

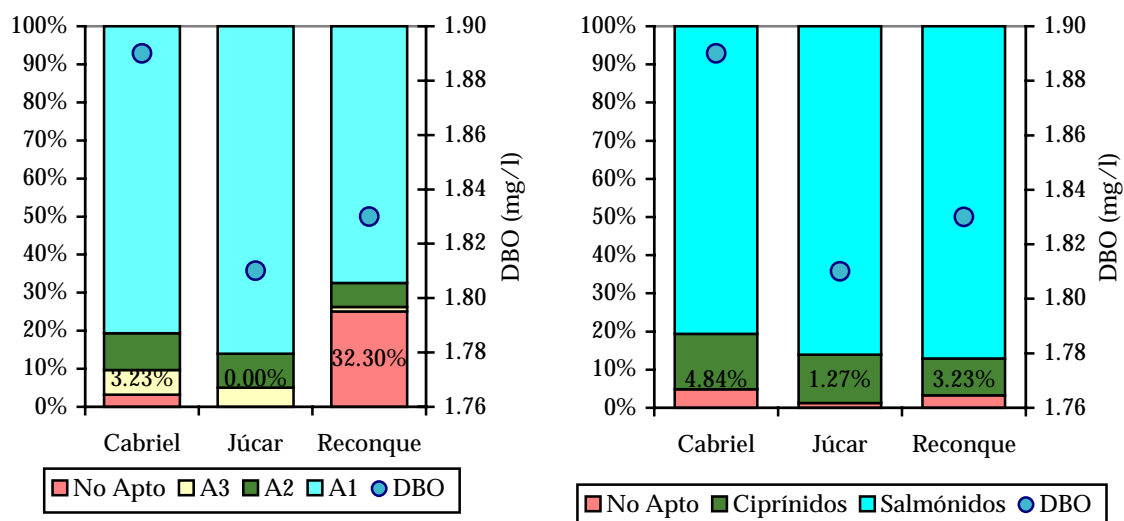


Figura 91. DBO media e incumplimiento de las normativas de prepotables y de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

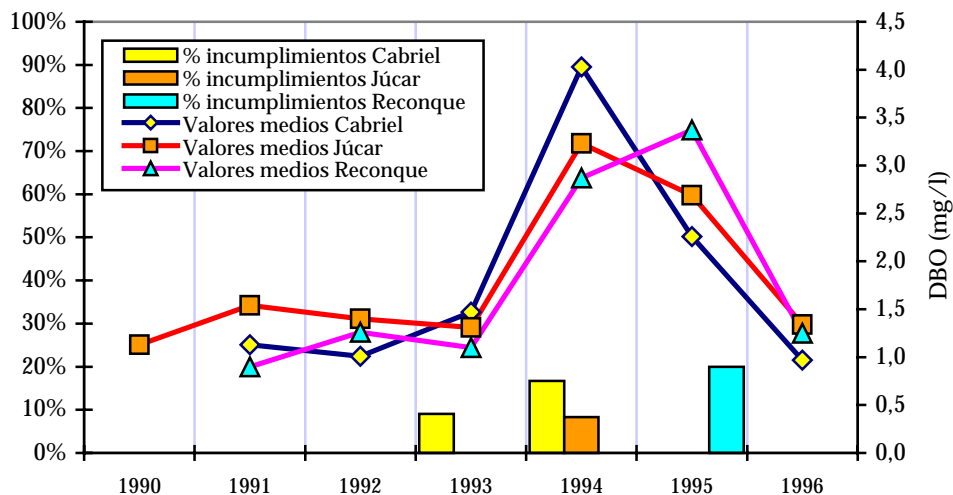


Figura 92. Evolución anual de la DBO media y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

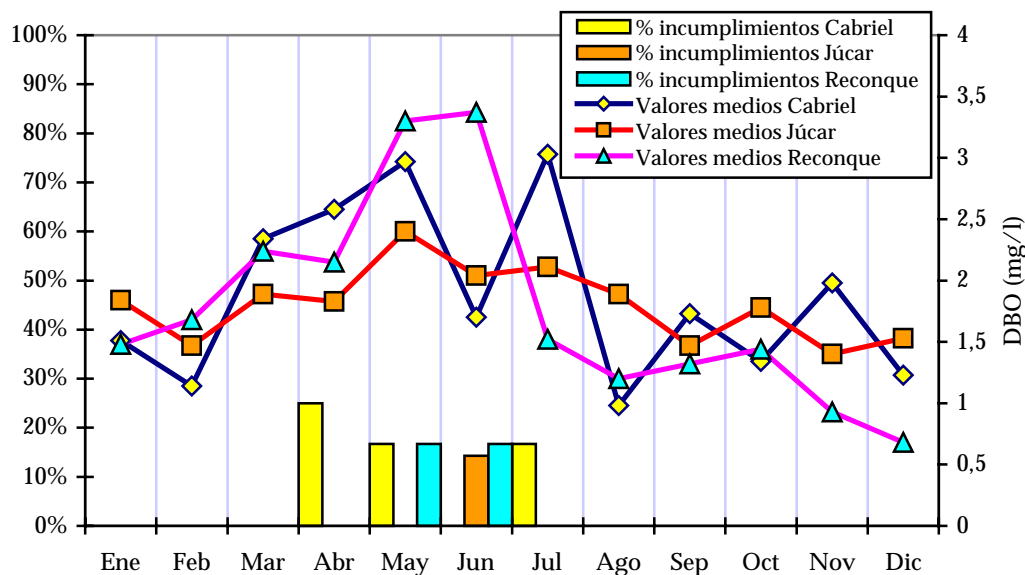


Figura 93. Evolución mensual de la DBO media y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- Los tres ríos se encuentran bien oxigenados en todo momento (v.figura).

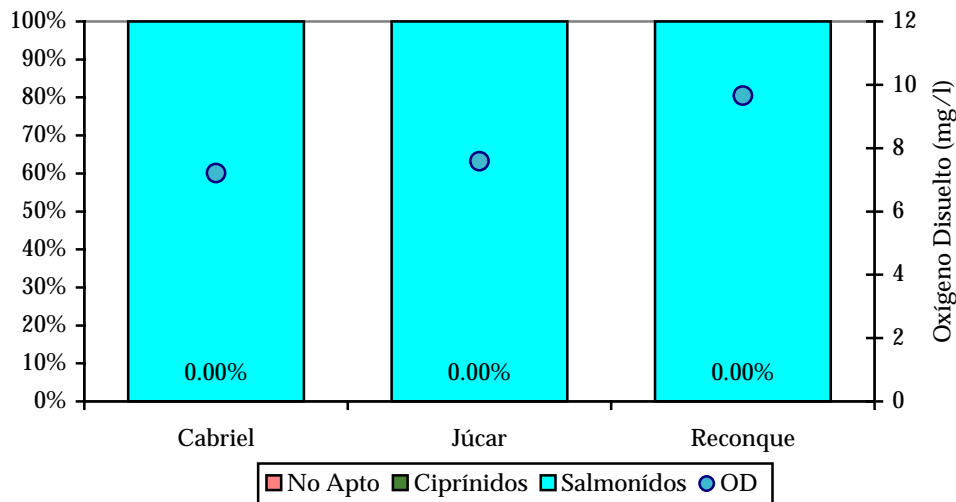


Figura 94. Concentración media de Oxígeno Disuelto e incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- La materia en suspensión presenta un porcentaje elevado de incumplimientos en los tres ríos, sobre todo en el Cabriel (27%), donde en determinados momentos se llega a valores muy altos. Los tres ríos se unen en el embalse de Embarcaderos, donde se producirá una sedimentación. Aguas abajo se desconoce cuál puede ser la concentración, pero al llegar a Tous, tanto las aguas del Júcar como las del trasvase, sufrirían de nuevo una decantación y mejora (v.figuras adjuntas).

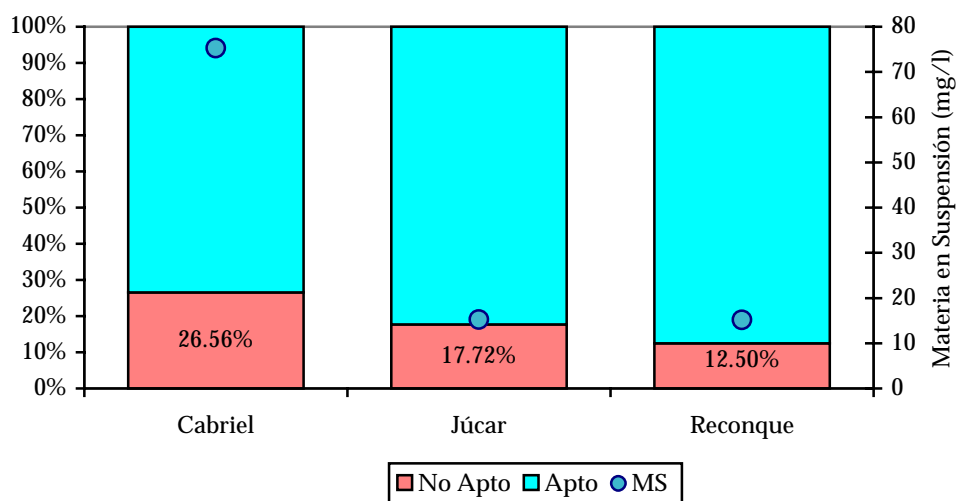


Figura 95. Concentración media de Materia en Suspensión y incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous



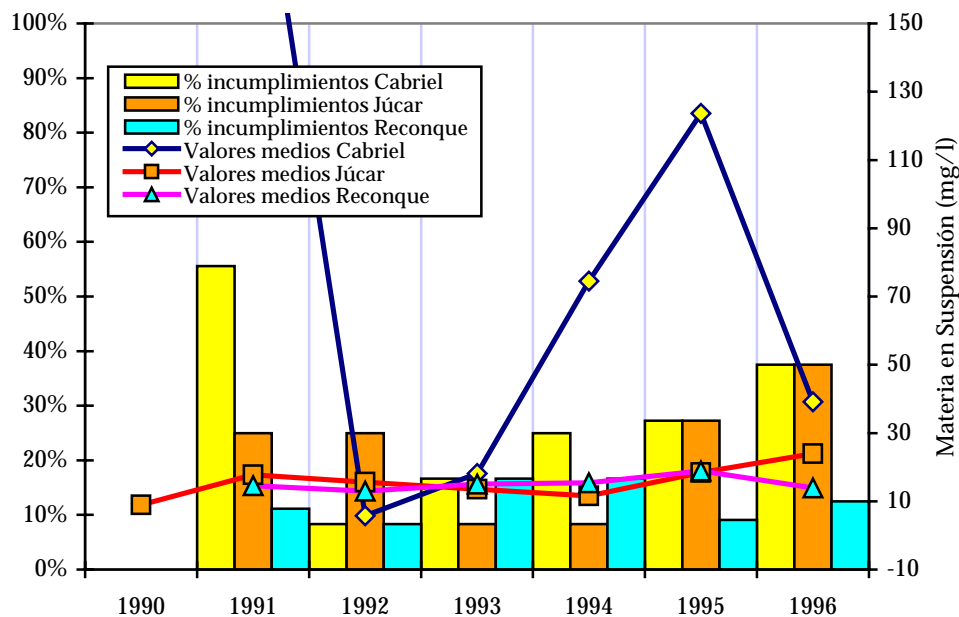


Figura 96. Evolución anual y mensual de la concentración media de materia en suspensión y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

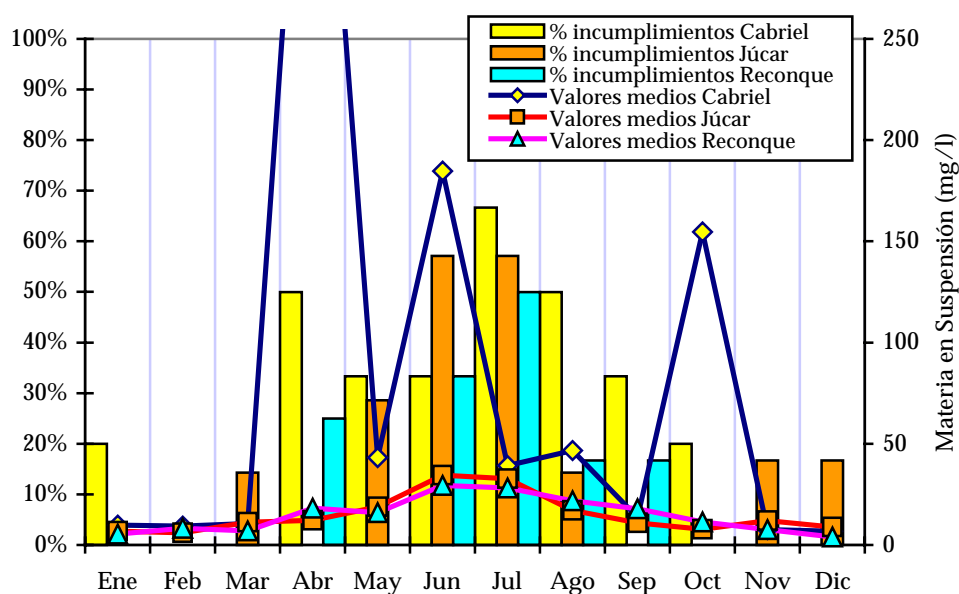


Figura 97. Evolución anual y mensual de la concentración media de materia en suspensión y del incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- El Nitrito se ha analizado en muy pocas ocasiones, por lo que no se puede extraer ninguna conclusión. Los valores de Amonio (v.figura) y Nitrato son bajos, alejados de los límites de las normativas.

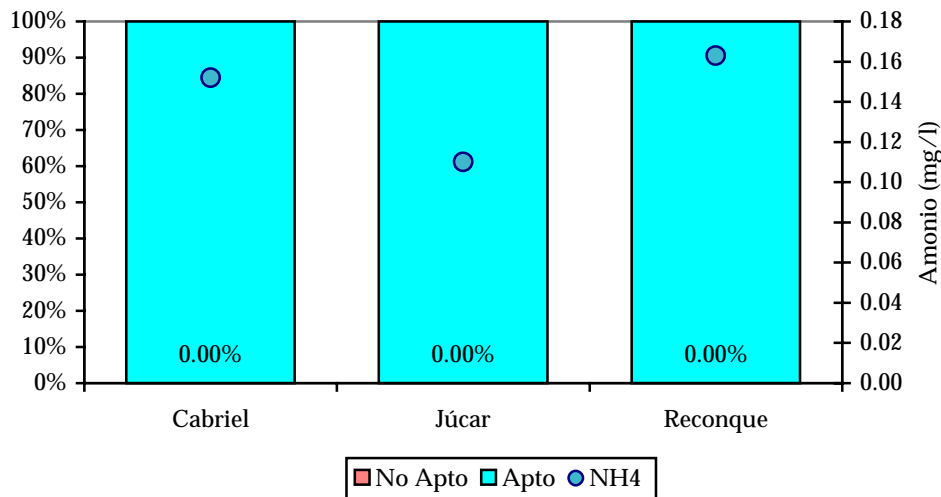


Figura 98. Concentración media de Amonio e incumplimiento de la normativa de peces por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- Lo mismo sucede con el contenido en compuestos del Fósforo. Los valores menores se han detectado en el río Cabriel y los mayores en el Reconque, pero no se han podido estudiar evoluciones anuales ni mensuales debido a la escasez de datos (v.figura).

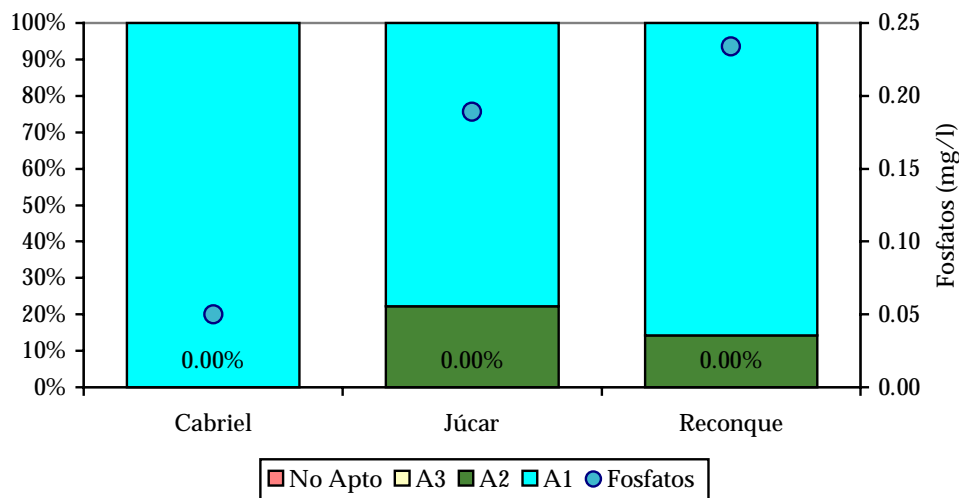


Figura 99. Concentración media de Fosfatos e incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- El contenido en Sulfatos y la conductividad son elevados en el Cabriel y el Reconque, donde se supera el límite de la normativa de prepotables de forma constante. También se han detectado valores algo elevados de Cloruros en estos ríos, superando el límite en algún análisis. Sin embargo, el río Júcar tiene una mineralización mucho menor (v.figura).

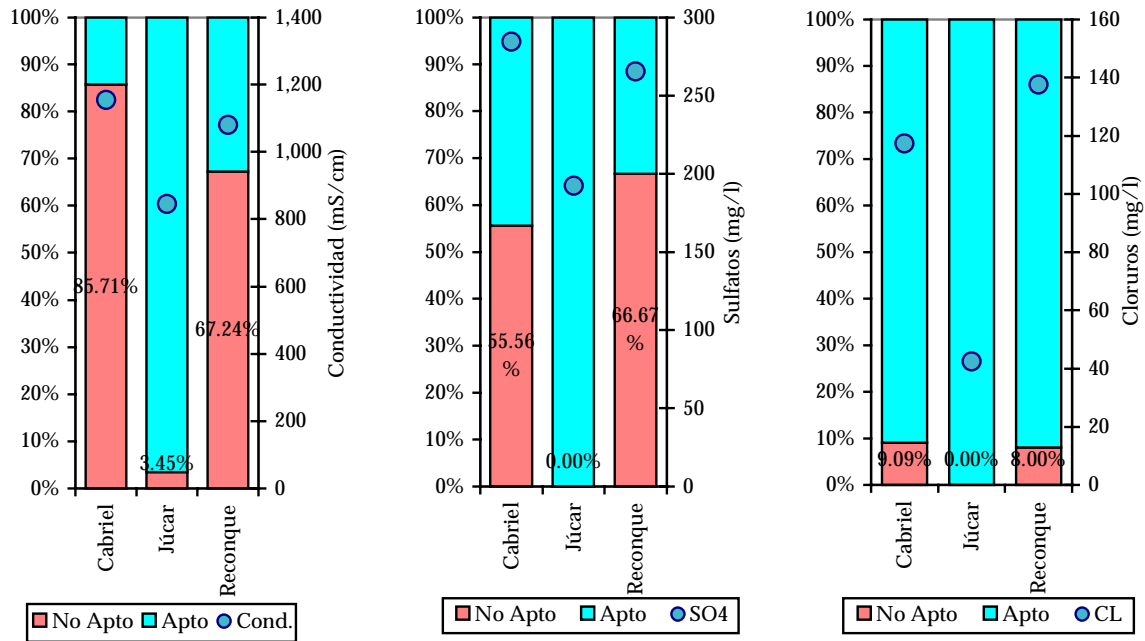


Figura 100. Conductividad y concentración media de Sulfatos y Cloruros, e incumplimiento de la normativa de prepotables por estos parámetros aguas arriba del embalse de Tous.

- Las conductividades medias son 1.150, 850 y 1.080  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en Cabriel, Júcar y Reconque, respectivamente. A partir de 1994 se detecta un ligero aumento y en junio y julio parece que se producen los valores más elevados. En cualquier caso, los niveles permanecen bastante constantes en las dos perspectivas temporales y las evoluciones son muy similares en los dos ríos mayores, lo que sería indicativo de que sus fuentes pueden ser naturales (v.figura).

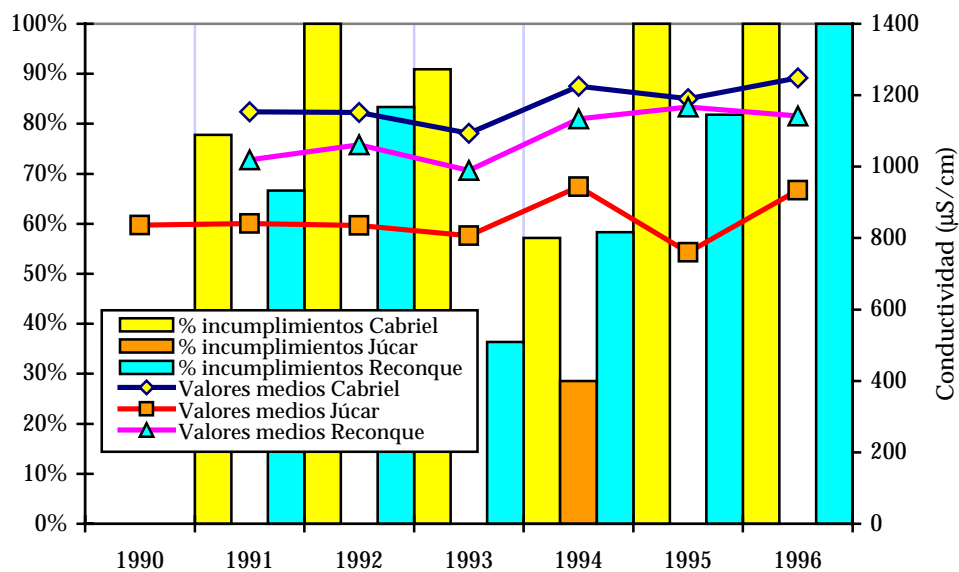


Figura 101. Evolución anual de la conductividad media y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

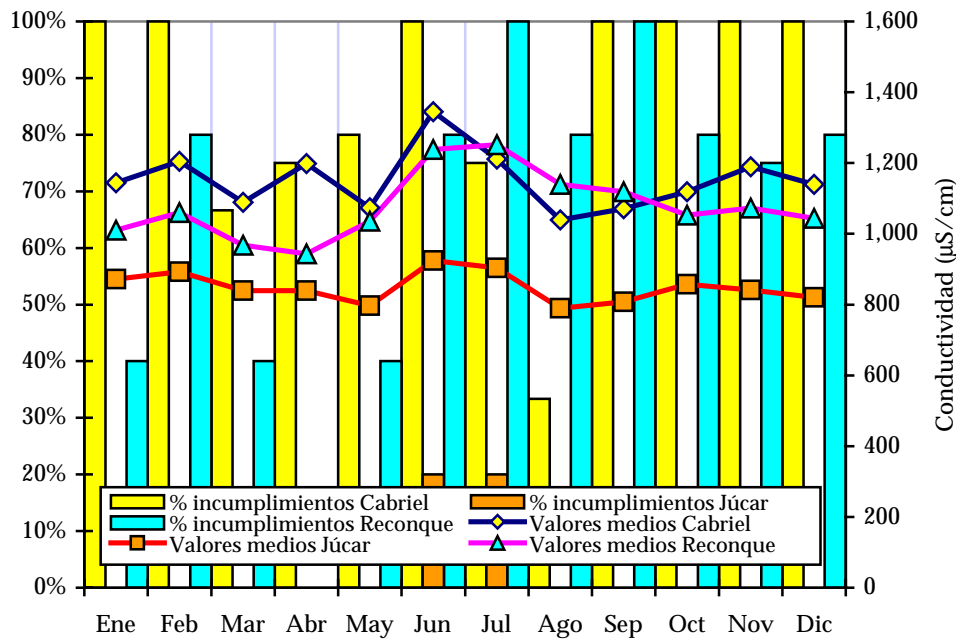


Figura 102. Evolución mensual de la conductividad media y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- Los valores medios de la conductividad del embalse de Tous se conocen por estudios actualmente en curso, situándose entre 950 y 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esto coincide con la mezcla de las aguas de los tres ríos estudiados. En consecuencia, se encuentra en el límite del cumplimiento de la normativa de prepotables, gracias a que el Júcar compensa las conductividades más elevadas de Cabriel y Reconque.
- Los datos de Sulfatos son muy escasos por lo que resulta muy difícil analizar tendencias anuales o mensuales. Con los Cloruros sucede lo mismo, aunque en este caso sí parece destacar 1994 como el peor año del período de estudio (v.figura).

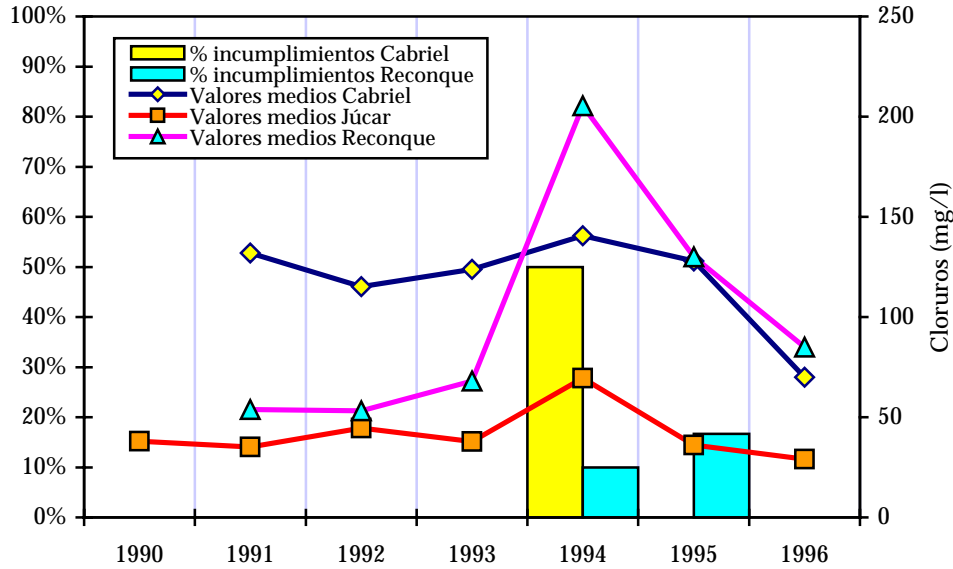


Figura 103. Evolución anual de la concentración media de Cloruros y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- Se debe destacar que la normativa de vida piscícola establece el límite de 6 para el pH, aunque aclarando que puede superarse. Puesto que en este caso el pH se sitúa en torno a 8, este parámetro debe ser considerado con cierta precaución.
- Sólo se han detectado valores elevados de Coliformes en porcentaje significativo en el río Júcar (v.figuras), donde se produce una punta veraniega, seguramente debida a población estacional. En los años 1994 y 1995 no se ha dispuesto de datos de este parámetro, por lo que no se pueden conocer las posibles tendencias.

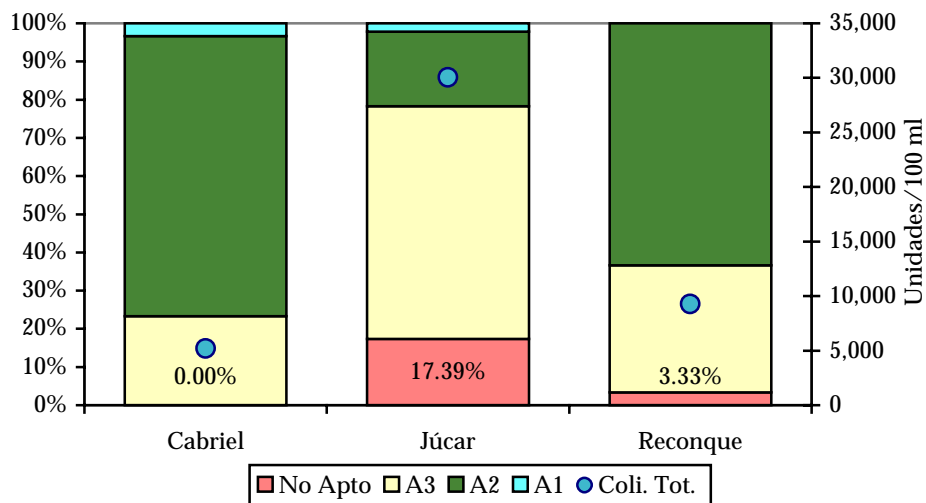


Figura 104. Concentración media de Coliformes totales e incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

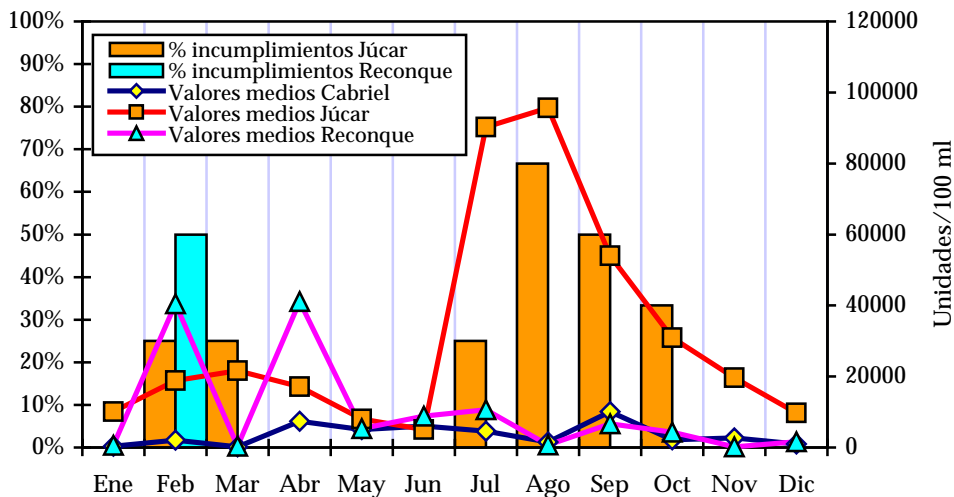


Figura 105. Evolución mensual de la concentración media de Coliformes totales y del incumplimiento de la normativa de prepotables por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- El pH se encuentra en valores por encima de 8 como media en los tres ríos. En Cabriel y, sobre todo, en Reconque, los valores son algo más altos, lo que da lugar a que en este río el 35% de las muestras superen el límite de las recomendaciones para riego (v.figura). En la mezcla de los tres ríos seguramente no existirá este problema. Es de destacar, por otra parte, que sólo se conocen datos hasta 1994.

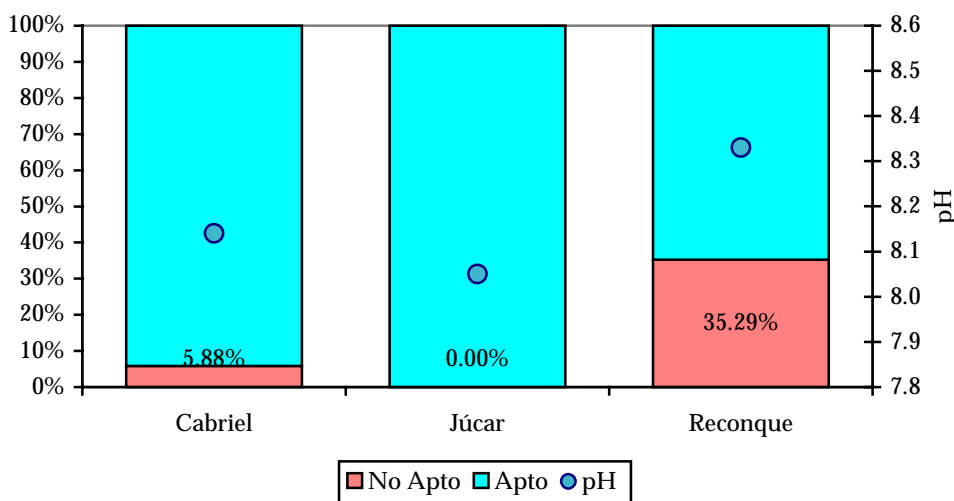


Figura 106. pH medio e incumplimiento de las recomendaciones para aguas de riego por este parámetro aguas arriba del embalse de Tous

- En el 20% de los casos se ha detectado que pueden existir problemas de infiltración en el riego para los tres ríos, aunque sólo ha sido posible realizar esta comprobación en 9 análisis en cada uno de ellos debido a la escasez de datos.

Como síntesis se puede decir que el estado de los ríos estudiados es bueno, siendo destacable tan solo un nivel elevado de sales en Cabriel y Reconque, aunque al

mezclarse con el Júcar se produce una dilución importante, llegando al embalse de Tous con valores en torno a los límites establecidos por la normativa de prepotables.

Además de estas tres estaciones de la red COCA, se han estudiado también los datos de salinidad recogidos por las tres estaciones ubicadas aguas abajo del embalse de Tous (en Alcira, Huerto Mulet y Cullera), comprobándose cómo aguas abajo de este embalse el río se carga en sales aumentando su conductividad por encima de 1.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### **6.3.8.1.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

Los tres ríos estudiados se unen en el embalse de Embarcaderos y la mezcla discurre luego hasta el de Tous. En este recorrido se pueden dar procesos, motivados por ejemplo por atravesar los embalses de Cortes y el Naranjero, que modifiquen en alguna medida los valores de los parámetros, como puede ser una disminución en el contenido de nutrientes. Puesto que no parece que se produzcan vertidos intermedios de importancia, el estado de calidad de las aguas en el embalse de Tous puede ser incluso algo mejor que el descrito aquí para algunos parámetros. Otros, sin embargo, pueden ver incrementada su concentración, como pueden ser las sales disueltas.

Respecto a las evoluciones temporales, se aprecia una diferencia entre los tres ríos, siendo el Júcar el más estable. El Reconque sufre tendencias temporales, mientras que el Cabriel presenta más variabilidad. Una excepción se produce con los Coliformes totales, para los que se detecta una punta veraniega en el Júcar.

Con carácter general, se puede decir que el peor año dentro del período de estudio ha sido 1994, concidiendo con una fuerte sequía.

Teniendo en cuenta el análisis de calidad realizado para el río Ebro, se pueden realizar las siguientes consideraciones sobre las posibles afecciones del trasvase.

La conductividad en origen del posible trasvase, situado como opción más probable en Cherta, entre las estaciones de Ascó y Tortosa en el Ebro, era inferior, tanto en concentración como en porcentaje de incumplimiento, a la del Cabriel y a la del Reconque, pero superior a la del Júcar. En consecuencia, de adoptarse la solución al trasvase consistente en reducir el aporte del Júcar a cambio de las aguas del Ebro, posiblemente se estaría afectando a la calificación del embalse de Tous, al superarse el límite por la conductividad, aunque sea por muy escaso margen.

Este efecto podría disminuirse si el agua se extrae en origen en primavera, cuando la concentración media es menor. En este periodo, si bien no llega a los niveles del Júcar presenta valores medios inferiores a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Respecto a los Sulfatos, las concentraciones medias de Cabriel y Reconque son muy superiores a las que existían en origen del trasvase, mientras que la del Júcar es del mismo orden. De todas formas, aquí se mantiene muy estable, por lo que no da lugar a incumplimientos de la normativa, mientras que en el Ebro ha sido más variable a lo largo de los años y de unos meses a otros. Si es posible extraer agua

para el trasvase entre los meses de febrero y junio, se puede considerar que no tendría un efecto muy perjudicial en este parámetro.

Aguas abajo del embalse de Tous se estima que la posible alteración provocada por el agua del Ebro sería mínima, puesto que, a partir del mismo, el río Júcar se va cargando en sales.

Respecto al contenido de Fosfatos, como ya se vio al analizar el Ebro, el nivel en este río ha descendido considerablemente en los últimos años, situándose en los mismos valores que en el Júcar, por lo que el efecto sería despreciable.

Otros parámetros que se encuentran en niveles más altos en el Ebro que en el Júcar son no conservativos, por lo que se puede esperar una evolución favorable a lo largo del trasvase.

Los Coliformes, en momentos determinados, pueden alcanzar valores elevados en la zona de origen del trasvase por lo que, a pesar de la previsible mejora a lo largo del mismo, podrían llegar a Tous con niveles superiores a los impuestos por la normativa de prepotables. En el embalse, posteriormente, se produciría una dilución importante y seguiría produciéndose un *decay* bacteriano por lo que estos valores descenderían. Sin embargo, el Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar incluye el embalse de Tous en la lista de embalse para uso social, lo que puede suponer que se permita el baño. En este caso, la normativa relativa a la calidad de aguas de baño establece unos límites para Coliformes más reducidos que la de prepotables, por lo que habría que estudiar esta posible afección.

Por otra parte, la reducción de caudales en el río Júcar podría provocar dos efectos negativos. Por una parte, se podría dar un aumento de concentración en algunos parámetros en el propio río. En principio, parece lógico pensar que el aumento no sería importante en aquéllos que se producen por fuentes naturales. En los de fuentes antrópicas, para la estación de control estudiada, se produciría un aumento fundamentalmente en aquellos contaminantes cuyo vertido fuera muy cercano, al no existir posibilidad de autodepurarse, o en aquéllos que tuvieran un comportamiento más conservativo. De entre los parámetros estudiados, estas circunstancias se producen en Coliformes y Fosfatos. Por otra parte, al disminuir el caudal del Júcar, se reduciría la dilución que aporta el mismo para muchos parámetros.

En el caso de que las aguas del Júcar se derivaran en el embalse de Embarcaderos, los efectos sobre la calidad del trasvase serían menores que en el caso de derivar en Alarcón, puesto que ya se habría aprovechado el efecto de dilución que aporta el Júcar. Además, el posible aumento de concentraciones comentado antes no se produciría.

En principio, de mantenerse en el Ebro las bajas concentraciones de Fosfatos, se considera que no será necesario ningún tratamiento previo al trasvase, aunque sería interesante hacer un seguimiento de los posibles efectos.



### **6.3.8.2. RÍO VINALOPÓ**

El sistema del Vinalopó y el de la Marina Baja son uno de los posibles destinos de transferencias. Se analiza aquí la posibilidad de conectar el trasvase con el propio río Vinalopó desde el punto de vista de la calidad.

Su estado es en la actualidad muy deficiente, siendo más una mezcla de vertidos que un río natural. En consecuencia, no sería necesario el estudio de su calidad, puesto que cualquier aporte sería beneficioso. Además, el caudal que se aportaría por el trasvase sería muy superior al que actualmente discurre por el río, por lo que, en principio, las características de la mezcla resultante serían más próximas a las del origen que a las del Vinalopó.

Sin embargo, se ha considerado conveniente analizar el estado de calidad de este río, al igual que el resto de los considerados en las transferencias.

En el Plan de cuenca se recoge el caso del río Vinalopó como un caso de contaminación natural por sales. En el mismo desemboca la denominada Acequia del Rey, que constituye el desagüe de la cuenca endorreica de la laguna de Villena.

Respecto a la carga contaminante, ya en cabecera recibe los vertidos de las industrias de Bañeres y, aunque las características del río mejoran algo, a partir de Villena se acentúa su nivel de contaminación, recibiendo los vertidos de esta población, así como los de Elda, Petrel y Novelda. En esta última hay que sumar, además, los vertidos de la industria del mármol. Es de destacar, en este sentido, la ampliación de la depuradora de aguas residuales de Elda-Petrel, en la que también se tratan los vertidos de Sax y Monóvar, que entró en funcionamiento a mediados de 1998.

Por otra parte, en el Plan de cuenca se identifican problemas de mineralización del acuífero en los Valles del Vinalopó, debido a sus condiciones de explotación. Al profundizar las perforaciones hasta niveles cercanos al suelo del acuífero, como el mismo está constituido por materiales del Trías, se produce un efecto de arrastre y disolución de este material, con una elevación del contenido en sales.

#### **6.3.8.2.1. Análisis de la Calidad del Agua**

Para el conocimiento del estado de la calidad del agua del río Vinalopó se cuenta con los datos recogidos por las estaciones de la red COCA ubicadas en Monóvar (08233), entre los años 1992 y 1996, y Aspe (08083), entre 1990 y 1996. Las estaciones se encuentran a cierta distancia de la zona del posible destino, pero son muy representativas del estado de calidad del río (v.figura).

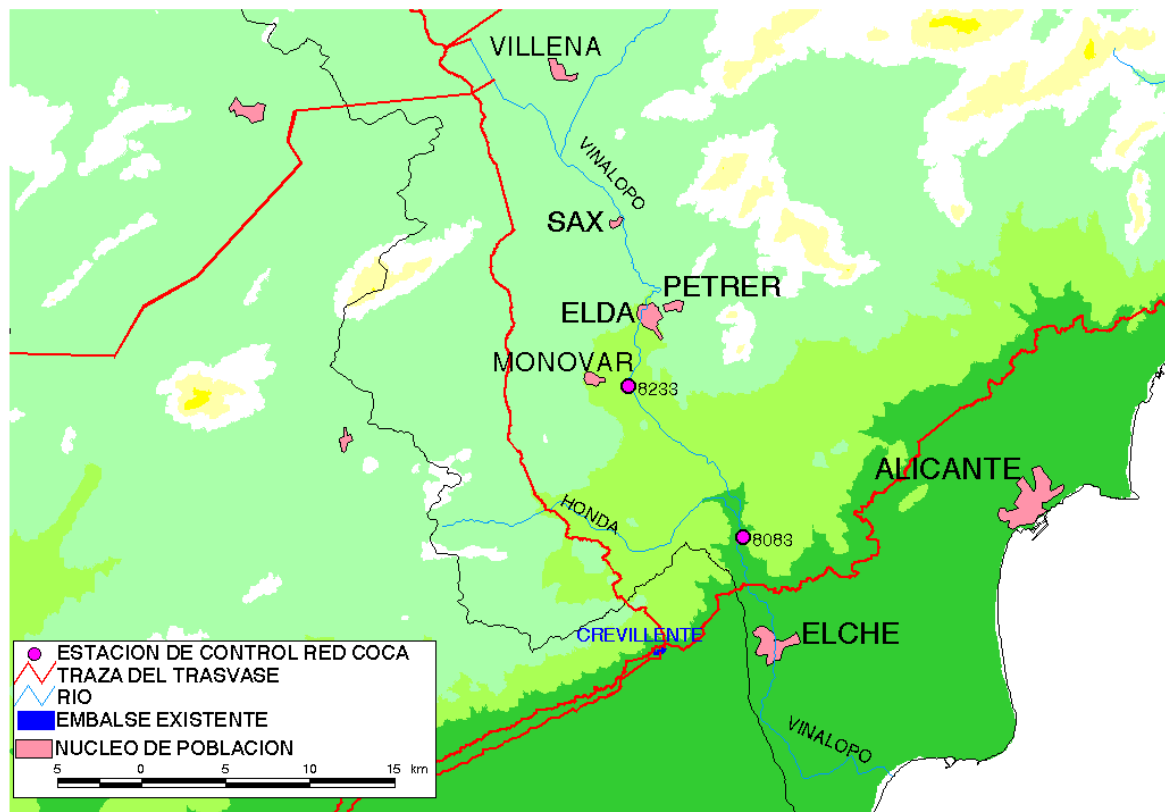


Figura 107. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el río Vinalopó

Los resultados del análisis son los siguientes:

- La normativa de prepotables se incumple de manera permanente (superior al 65% de los casos) por nueve parámetros, existiendo otros cinco que incumplen en porcentaje superior al 5%.
- De los ocho parámetros analizados para la normativa de peces, cinco de ellos incumplen permanentemente y otro más en un 47% de los casos.
- Los valores de los parámetros característicos de vertidos orgánicos son muy elevados. En la estación de Aspe se cuenta con más datos, siendo sus valores medios:

DBO <sub>5</sub>	34 mg/l
Amonio	3,4 mg/l
Oxígeno	20 mg/l y 20% saturación
Fosfatos	8,3 mg/l
Coliformes Tot.	260.000 ud./100 ml

- En la estación de Monóvar son aún superiores pero se cuenta con menos datos.
- En el último año del estudio (1996), se ha detectado una mejoría importante en estos parámetros en la estación de Aspe, seguramente debido a la puesta en marcha de alguna estación de tratamiento. En cualquier caso, no es suficiente, encontrándose también en este año en un pésimo estado.

- Pero aún más destacable que la contaminación orgánica es la contaminación por sales, estando completamente descartado el uso de estas aguas para el riego, dado que generaría importantes problemas de salinidad y toxicidad por Sodio, además de superar en cierto porcentaje los límites de problemas de infiltración, bicarbonatos y pH.
- El efecto de las sales se detecta ya en Monóvar, pero alcanza niveles extremos en Aspe.
- La conductividad media en Aspe ha sido de 13.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oscilando entre 27.100 y 6.900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esto es debido fundamentalmente a Cloruro Sódico de origen natural. El Cloruro tiene una media de 4.600 mg/l, llegando a valores de 8.800. Los Sulfatos están en 1.200 mg/l, llegando a 4.200. La alcalinidad media ha sido de 511 mg/l.
- El contenido en Sodio es 2.630 mg/l de media, con un RAS de 27,3, llegando a valores de 104.
- En Monóvar los niveles son inferiores, aunque también muy elevados, con una conductividad media de 4.700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los Cloruros están en torno a 1.200 mg/l y los Sulfatos en torno a 800 mg/l.
- Para estos parámetros no se detecta mejoría en los últimos años, puesto que su fuente es natural y no se ve influida por las mejoras en saneamiento.

En síntesis, por el río Vinalopó discurren aguas salobres, con una importante contaminación orgánica, que no son aptas para ningún uso ni para la vida piscícola.

#### **6.3.8.2.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por las transferencias**

En este caso, como ya se ha mencionado, la intención del análisis no es determinar en qué grado se puede ver afectada la calidad del agua en el destino del trasvase, sino todo lo contrario. Dado el deficiente estado de calidad del río Vinalopó, se trata de ver si puede alterar la calidad del agua trasvasada en tal grado que hipoteque sus posibles usos. De ser así, cabe concebir sistemas de entrega que obvien el problema del contacto entre ambas aguas.

El caudal que circula en la actualidad por el río Vinalopó es muy escaso, en torno a los 0,6 m<sup>3</sup>/s. El aporte de aguas de un posible trasvase podría superar estos valores en torno a un orden de magnitud.

Teniendo en cuenta los valores de los parámetros típicos de contaminación orgánica, así como su mejora actual y futura debido a las nuevas estaciones depuradoras, el efecto de dilución de las aguas aportadas seguramente sería suficiente para llevarlos a niveles aceptables. Sin embargo, dado el altísimo nivel de sales disueltas en el curso medio del río, esto podría no ser suficiente.

A pesar de que es difícil predecir las reacciones que se generarían con la mezcla de ambas aguas y los valores finales de la mezcla, en la tabla siguiente se refleja de forma orientativa el resultado de mezclar las aguas del Ebro con las del Vinalopó

estimando una dilución 10 a 1. Como valor del Ebro se incluye la media entre las estaciones de Ascó y Tortosa, por ubicarse aguas arriba y abajo del punto de toma más probable.

Parámetro	Ebro	Vinalopó (Aspe)	Mezcla 10:1
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1.026	13.387	2.150
Cloruros ( $\text{mg}/\text{l}$ )	118	4.600	525
Sulfatos ( $\text{mg}/\text{l}$ )	194	1.193	285
Sodio ( $\text{mg}/\text{l}$ )	81	2.629	313
Calcio ( $\text{mg}/\text{l}$ )	106	373	130
Magnesio ( $\text{mg}/\text{l}$ )	23	186	38
RAS	1,82	27,28	6,19

Tabla 8. Comparación entre las salinidades de Ebro y Vinalopó

Aunque no sean del todo precisos, estos resultados sirven perfectamente para reflejar que las aguas trasvasadas pueden verse muy alteradas al mezclarse con las del Vinalopó. Además, se debe tener en cuenta que la mezcla del agua puede poner en disolución sales que se hayan depositado en el curso del río, por lo que los valores de salinidad pueden ser incluso superiores a los aquí reflejados, por lo menos en los primeros años.

El grado de restricción al uso para riego, según las recomendaciones de la FAO, para los valores supuestos de la mezcla debería ser moderado y, probablemente, una parte del tiempo los parámetros rebasarían los límites aconsejables para el riego. En consecuencia, sería recomendable evitar la mezcla de las aguas trasvasadas con las propias del río.

Aunque el contenido en sales en Monóvar no es tan alto como en Aspe, se puede estar también degradando la calidad del agua transferida de manera importante. La Acequia del Rey que, como ya se dijo, aporta una importante cantidad de sales, desemboca en el Vinalopó aguas abajo de Villena.

En conclusión, de acuerdo con lo anteriormente expuesto el trasvase debe conectarse directamente a los sistemas de distribución del Vinalopó y la Marina Baja existentes en el entorno de Villena, evitando la mezcla con acequias y el río aguas abajo.

### 6.3.9. CUENCA DEL SEGURA-ALMERÍA

Las posibles aportaciones a la cuenca del Segura procedentes del Ebro se incorporarían al Canal principal de la margen izquierda del Postravase Tajo-Segura. Las aportaciones conducidas por el ATS, en cambio, acaban discurriendo por el cauce del Segura hasta el azud de Ojós, desde el cual, por la infraestructura ya existente del Postravase pueden alcanzar el embalse de Cuevas de Almanzora, en el río Almanzora, cuyas aguas podrían ser utilizadas para el abastecimiento y riego en la provincia de Almería. Este embalse también podría ser abastecido con aguas procedentes del Ebro a través del Canal principal de la margen izquierda del Postravase, del canal del Campo de Cartagena y de otro de nueva construcción entre Cartagena y Almería.

### 6.3.9.1. POSTRASVASE TAJO-SEGURA

El destino de la posible transferencia desde el Ebro sería el Postrasvase Tajo-Segura. La mezcla de aguas se conduciría por el Canal principal de la margen izquierda hasta el embalse de La Pedrera y desde él podría alcanzar, como se ha indicado, incluso el embalse de Cuevas de Almanzora en la cuenca del Sur. El uso de dichas aguas es principalmente el riego, aunque también una parte se usa para abastecimiento a través de las conexiones entre el Postrasvase y la red de la Mancomunidad de Canales del Taibilla.

Las aguas del Acueducto Tajo-Segura tienen su origen en el embalse de Bolarque, en el Tajo. Se mezclan con las aguas del Júcar en Alarcón, desembocando en el río Segura a través de su afluente, el Mundo. La nueva mezcla de aguas, tras un largo recorrido por el cauce del Segura, llega al Azud de Ojós, de donde deriva el Postrasvase.

Como consecuencia de todo este recorrido y, fundamentalmente debido a su paso por el río Segura, las características del agua se van modificando.

Para conocer el estado de calidad de las aguas del Postrasvase se cuenta con la estación de la red COCA ubicada en Abarán (07017), justo aguas arriba del azud de Ojós. Sin embargo, los datos que se han empleado sólo son los correspondientes a los años hidrológicos 1989-90 y 1997-98 (v.figura).

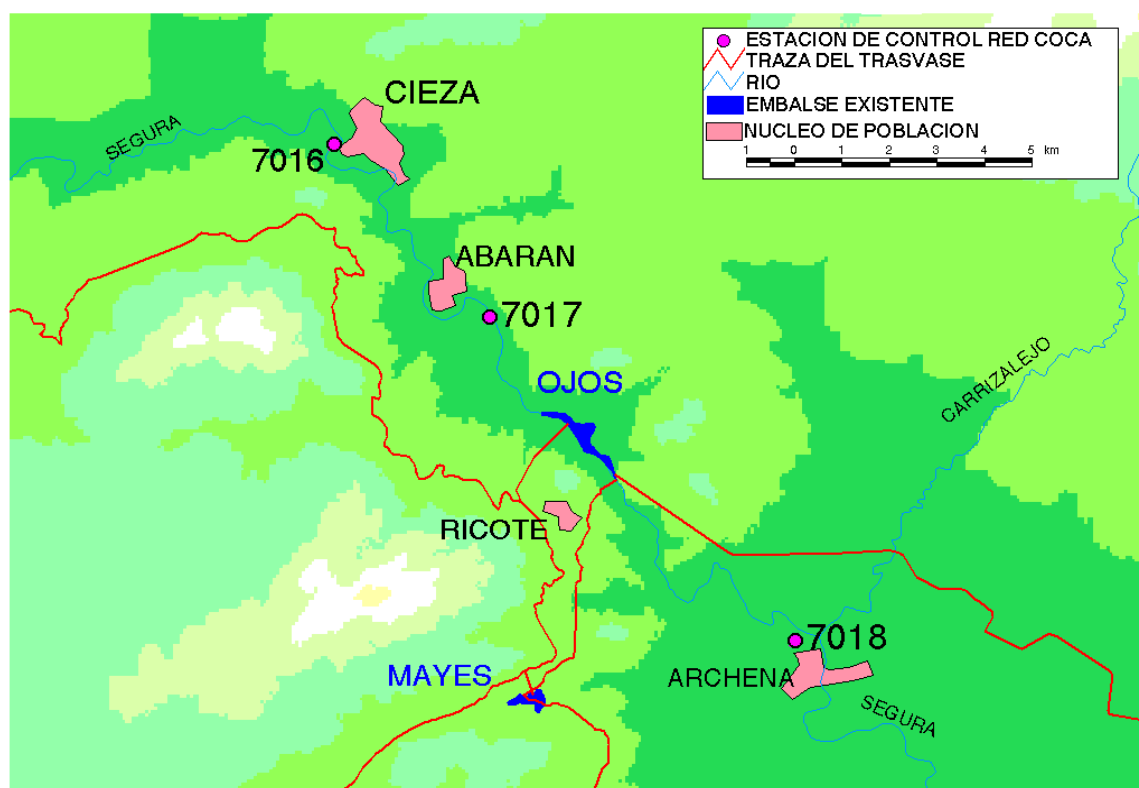


Figura 108. Ubicación de las estaciones de la Red COCA para el estudio de la transferencia en el Postrasvase Tajo-Segura

Con los datos disponibles se puede apreciar que en los momentos de caudales elevados (aportes del ATS), las características del agua del río Segura varían significativamente, diluyéndose tanto las concentraciones de contaminantes típicos de vertidos, como el contenido en sales del agua.

Este efecto se ha podido comprobar también en las estaciones ubicadas aguas arriba y abajo de la de Abarán (07016 y 07018).

De esta forma, en los momentos en que se están aportando aguas del ATS, la conductividad pasa de valores superiores a 1.600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a valores en torno a 850. En cualquier caso, los valores aumentan con respecto a las aguas procedentes del embalse de Alarcón.

En el Postravase, la mezcla con las aguas del Ebro, con una conductividad en torno a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , puede elevar en alguna medida la mineralización de las aguas, pero probablemente no limitará los usos que actualmente se están realizando con este agua.

### **6.3.9.2. EMBALSE DE CUEVAS DE ALMANZORA**

El embalse de Cuevas de Almanzora sería el destino de una posible transferencia a través del ATS. También será destino de un trasvase ya autorizado desde el embalse de Negratín, en el río Guadiana Menor, en la cuenca del Guadalquivir.

Los usos a los que da servicio este embalse son abastecimiento y riego.

#### **6.3.9.2.1. Análisis de la Calidad del Agua**

Ni en el embalse de Cuevas de Almanzora, ni en el resto del río Almanzora, se ubica ninguna estación de control de la red COCA ni de la red ICA, por lo que el conocimiento de su estado de calidad se limita a un estudio sobre el estado trófico del embalse realizado por el CEDEX en 1994. Como ya se ha indicado en el apartado anterior, incluso podría recibir aportaciones del Ebro a través de la infraestructura del Postravase junto con un canal de nueva construcción desde Cartagena.

Los resultados más destacables de este estudio son los siguientes:

- La conductividad en el embalse, debido al régimen hidrológico y a las características geológicas de la zona, es muy elevada, con un rango de variación que oscila entre 1.662 y 2.054  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- La contaminación por sales de origen natural es debida fundamentalmente al sulfato magnésico, siendo éstos los principales iones disueltos. El contenido en Sulfatos es muy elevado, situándose en torno a los 1.100 mg/l, y el Magnesio en torno a los 120 mg/l. Si el embalse se vacía mucho, el problema de salinización puede empeorar.
- Esta circunstancia ha hecho necesaria la instalación de una etapa de afino por nanofiltración, para reducir los niveles de estos iones a los límites permisibles (250 de Sulfatos y 50 de Magnesio), en la estación de tratamiento de aguas potables que toma de este embalse para el abastecimiento del levante almeriense.

- Los niveles de otras sales son más reducidos, no presentando problemas para riego, que de hecho es el principal uso del embalse.
- Existe un déficit de oxígeno en todas las profundidades, siendo más acusado en el hipolimnion principalmente durante el verano y el otoño.
- Los valores de Nitrito encontrados superan los límites de la normativa de vida piscícola en los muestreos realizados en la cola del embalse y en uno de los tres muestreos realizados junto a la presa, oscilando entre valores de 0,02 y 0,07 mg/l.
- Los niveles de Amonio, Nitrato, Fosfatos y Fósforo Total son bajos, no superando en ningún caso los límites de las normativas de aguas para abastecimiento y vida piscícola.
- Existe un gradiente longitudinal de eutrofización desde la presa hasta la cola del embalse. De hecho, se puede considerar el embalse dividido en dos zonas: la próxima a la presa, oligotrófica, y la cola del embalse, eutrófica.
- Las causas de la eutrofización en la cola son debidas a vertidos de actividades derivadas de la agricultura y de diversas granjas situadas en los alrededores, así como a la sequía que se sufría en aquellos años.

En conjunto, el embalse se califica como mesotrófico, siendo muy destacable el elevado contenido en sulfato magnésico.

#### **6.3.9.2.2. Valoración de la situación y posibles afecciones provocadas por la transferencia**

Los aportes a Cuevas desde el ATS o desde el Ebro (después de mezclarse con las aguas del Júcar en Tous y con las del ATS en el postrasvase), conllevan, en cualquiera de los dos casos, un contenido en sales mucho menor que el actual, por lo que las transferencias resultarían beneficiosas.

Con el elevado contenido en Sulfatos de las aguas del embalse de Cuevas, en la actualidad sus usos para riego y abastecimiento se ven muy limitados. Con la dilución que generarían los aportes del Ebro o del ATS, la calidad alcanzaría niveles más acordes con estos usos.

### **6.3.10. NECESIDADES DE DEPURACIÓN**

#### **6.3.10.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS**

El estado de calidad en alguna de las zonas de origen de las diferentes alternativas de trasvase se puede calificar de mala e incluso de muy mala. En otros casos, aunque sea aceptable, puede tener un contenido en algún compuesto que supere el nivel del mismo en la zona de destino del trasvase (por ejemplo nutrientes).

La necesidad de tratamiento de las aguas a trasvasar dependerá, pues, de cada caso concreto. Para determinar si existe esta necesidad, a qué tipo de contaminante debe

afectar y en qué grado se debe realizar, se han tenido en consideración los siguientes aspectos:

- Estado de calidad en origen del trasvase. Parámetros más críticos.
- Posible evolución de los parámetros a lo largo del trasvase.
- Estado de calidad en la zona de destino, sobre todo en lo referente a los parámetros más críticos en origen.
- Objetivos de calidad en la zona de destino (Planes Hidrológicos de cuenca).
- Características de la zona de destino:
  - Tipo de medio receptor: embalse, río o uso directo (establece la sensibilidad a ciertos parámetros);
  - Volumen o caudal de agua en destino y su relación con el volumen a trasvasar (dilución del agua trasvasada).

Como zona de destino se entiende tanto el punto final del trasvase como aquellos elementos intermedios en los que se produzca mezcla de aguas.

Con la consideración de todos estos aspectos debe determinarse si el medio en la zona de destino es capaz de aceptar el agua de origen en las condiciones en que llegaría o si, por el contrario, se puede provocar alguna afección importante, ya sea por ir en contra de los objetivos de calidad establecidos en el Plan de cuenca correspondiente, por limitar algún uso o por provocar la eutrofización de algún embalse o zona de interés ecológico.

Estos procesos de tratamiento suponen unos costes que repercuten en el precio final del agua y que, básicamente, dependen de dos factores:

- La línea de tratamiento, que dependerá fundamentalmente de los parámetros que se deban reducir.
- Volumen de agua a tratar y régimen de caudales.

En esta sección se analizan someramente tales posibilidades con el objetivo de obtener, siquiera indicativamente, la cuantía de los costes requeridos.

Como es obvio, la estimación que va a exponerse no pasa de ser una primera aproximación teórica al problema, que requeriría en el futuro, en caso de desarrollarse estas soluciones, de un mayor ajuste y estudio de detalle.

### **6.3.10.2. PROCESOS DE TRATAMIENTO**

Los tratamientos de depuración aplicados dependerán en cada caso concreto de los parámetros a reducir. En general, se puede decir que las zonas de origen donde se han detectado problemas importantes de calidad tienen características de aguas contaminadas por vertidos de tipo urbano. En consecuencia, destaca la contaminación por materia orgánica, compuestos reducidos de Nitrógeno y Fosfatos, así como la presencia importante de contaminación microbiológica.



El grado de afección por esta contaminación es muy variable, desde el caso más extremo, que se detecta en las aguas del Jarama, hasta aguas muy limpias, como pueden ser precisamente las de destino de este trasvase (embalse de Bolarque).

Las características de las aguas afectadas por vertidos suelen ser muy variables, dependiendo de la existencia de tratamientos en los vertidos, de su efectividad, de la distancia a la que se encuentren y de la capacidad de dilución y autodepuración del río.

En lo que respecta a las posibilidades de tratamiento, en general, estas aguas tienen un cierto contenido en materia orgánica pero no suficiente para mantener procesos biológicos de eliminación de nutrientes. Por consiguiente, se ha estimado como primera aproximación que los procedimientos para realizar la eliminación de Nitrógeno y Fósforo deberían basarse en procesos fisicoquímicos. Estos procesos, además, se adaptan mejor a la variabilidad de las características de entrada que los procesos biológicos. Sin embargo, tienen los inconvenientes de un mayor coste de explotación, debido al empleo de reactivos, y una mayor producción de fangos en la depuración.

Se ha hecho un primer estudio y selección teórica de los posibles procesos aplicables al tratamiento de las aguas a trasvasar, que se detallan a continuación. Hay que reiterar que la variabilidad de parámetros en origen y la naturaleza fluvial de los influentes arroja incertidumbres importantes, cuya aclaración requeriría, en su caso, estudios futuros de detalle.

#### **6.3.10.2.1. Pretratamiento**

En general, cuando se deba realizar cualquier tipo de tratamiento, previamente se deben incluir al menos un desbaste y un desarenado para evitar problemas en tratamientos posteriores.

#### **6.3.10.2.2. Tratamiento fisico-químico. Eliminación de Fósforo**

Aunque el objetivo fundamental sería la eliminación del Fósforo, este tratamiento permite la reducción de DBO y materia en suspensión. Las instalaciones básicas constarían de cámaras de mezcla, cámaras de floculación, decantadores y equipos de almacenamiento, seguridad y dosificación de reactivos.

La eliminación de Fósforo por precipitación se puede realizar básicamente mediante el empleo de dos tipos de reactivos distintos: cal y sales de hierro o aluminio (el cloruro férrico es el más empleado).

Los gastos de amortización son muy similares en ambos casos puesto que la diferencia entre los equipos necesarios para la cal y cloruro férrico es despreciable frente al resto de las instalaciones de obra civil y equipos mecánicos y eléctricos. El empleo de cal suele ser más costoso en explotación, sobre todo por el importante volumen de fangos generados.

### 6.3.10.2.3. Eliminación de nitrógeno

Puesto que los compuestos de nitrógeno, allí donde suponen un problema, se encuentran fundamentalmente en su estado reducido (Amonio principalmente), se pueden emplear dos procedimientos básicamente para su eliminación: la cloración al *break-point* y el *stripping*.

El primero consiste en clorar el agua hasta un punto en que se oxida el nitrógeno a  $N_2$  que escapa a la atmósfera. Las instalaciones necesarias serían los equipos de almacenamiento, seguridad y dosificación de Cloro, así como la cámara de contacto. Si es necesario, debe incluir equipos posteriores para declorar el agua.

El *stripping* consiste en elevar el pH del agua, generalmente con cal, de tal forma que el equilibrio entre las especies químicas de Amonio se desplace hacia el amoníaco (no ionizado), que es gaseoso, y posteriormente se pasa por una torre de lavado con aire a contracorriente para provocar el escape del gas. Las instalaciones más importantes consisten en los equipos de dosificación de cal, cámara de mezcla y torres de *stripping* con sus bombas de agua y soplantes, así como la dosificación y clarificación posteriores para reducir la cal y el pH.

En general, se puede decir que los gastos de inversión son mucho más altos en el *stripping* que en cloración, pero los gastos de explotación en el *stripping* son mucho menores. Otra característica es que la dosificación de reactivos en *stripping* (si se excluye el posible tratamiento de gases de escape) no depende de la cantidad de nitrógeno a eliminar, sino del pH original y la capacidad tamponadora del agua, que permitirá elevar el pH con menor o mayor cantidad de cal. De esta forma, un tratamiento por *stripping* se puede decir que es casi independiente de la cantidad de nitrógeno a eliminar. Por el contrario, el método de la cloración es directamente dependiente de esta cantidad.

Considerando gastos de explotación y amortización se puede decir que el *stripping* generalmente resulta más conveniente, salvo que la cantidad de nitrógeno a eliminar sea pequeña y se trate de plantas muy grandes.

### 6.3.10.2.4. Desinfección

La desinfección se puede realizar por dos vías básicamente, cloración y radiación ultravioleta (UV). Comparativamente, la primera supone una inversión mucho menor que la segunda, pero la explotación resulta más ventajosa en el caso de UV, sobre todo si se ha de incluir una decloración posterior, que sería el caso más normal si se quiere verter a un medio natural y no se dedica al abastecimiento.

Considerando amortización y explotación, aún siendo del mismo orden, puede resultar más ventajosa la desinfección por radiación UV. Estas generalidades se deben particularizar en cada caso, puesto que el sistema de UV depende estrechamente de la turbidez del medio.

### 6.3.10.2.5. Tratamiento de fangos

En función de los tratamientos realizados en la línea de aguas se generará una mayor o menor cantidad de fangos.

También dependiendo de los procesos de la línea de aguas y de las características del agua a tratar, el contenido en materia orgánica de los fangos puede variar y, en consecuencia, puede ser necesaria o no una estabilización mediante cal de los mismos.

Lo que sí es necesario es un espesamiento y secado de fangos, con los gastos de instalación y explotación que conlleva. Además, se debe contar con los gastos de transporte y de disposición de estos fangos en vertedero.

### 6.3.10.3. SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO

La línea de tratamiento escogida dependerá fundamentalmente de los parámetros que haya que reducir.

En general, no se ha encontrado ningún caso en que sea necesaria una eliminación de materia orgánica en exclusiva. Cuando resulta conveniente reducir ésta, también es necesario eliminar nutrientes, por lo que no se ha hecho referencia a ningún tratamiento para reducir materia orgánica.

Cuando es necesario eliminar Fósforo, por evitar la eutrofización de algún medio con poca renovación o por dar cumplimiento a los objetivos de calidad, y se aplica un proceso fisicoquímico, a la vez se produce una reducción importante en materia orgánica y sólidos en suspensión.

Si sólo fuera necesario reducir estos parámetros, bastaría con un pretratamiento, mezcla y floculación y decantación en la línea de aguas. Seguramente el reactivo seleccionado sería el cloruro férrico, pero si es necesario estabilizar los fangos por un contenido elevado de materia orgánica, es posible que se optara por la cal.

Si fuera necesario eliminar, además, el nitrógeno, la línea de tratamiento más probable sería el *stripping* con eliminación de fósforo por cal, puesto que estos dos procesos se solapan completamente y con el mismo reactivo se eliminan ambos compuestos.

Si, además, fuera necesaria una desinfección, se produciría un solapamiento con la cloración al *break-point* puesto que este sistema produce un efluente completamente desinfectado, con lo que se ahorraría la desinfección posterior. Los costes de explotación por cloración, teniendo en cuenta que en general las concentraciones de nitrógeno no son muy elevadas (en comparación con un agua residual bruta), pueden ser aceptables y permitir esta solución como la más rentable.

Por otra parte, existen sistemas de depuración basados en plantas hidrófitas para la depuración de aguas. Se están estudiando últimamente, sobre todo como método para eliminar nutrientes en efluentes de depuradora. Son tratamientos muy interesantes para el caso de trasvases, puesto que el largo recorrido por canales podría ser aprovechado por estos sistemas de muy bajo coste de instalación y explotación. Para su implantación deberían ser tenidos en cuenta en el dimensionamiento hidráulico de los canales, puesto que lógicamente supondrían

una pérdida de carga. En cualquier caso, estas técnicas se encuentran actualmente en estudio por lo que no tienen unos resultados tan contrastados como los procesos aquí planteados y no se puede valorar su efectividad ni sus costes.

#### **6.3.10.4. CONSIDERACIONES SOBRE LOS COSTES DE DEPURACIÓN**

Además de las instalaciones descritas en el apartado anterior, una planta de tratamiento de estas características debe contar con una urbanización y viales que den acceso a todas las instalaciones, las obras de conexión entre los distintos procesos de tratamiento, edificios de control, personal, taller, almacén y aquellos que alberguen a los principales equipos.

Por otra parte, estas plantas, en función de los caudales implicados, pueden requerir importantes superficies, sobre todo aquellas soluciones que incluyan algún sistema de decantación, como puede ser la eliminación de fósforo o el *stripping*. La superficie requerida depende directamente del caudal a tratar en todos los casos, puesto que los procesos se dimensionan sobre la base de tiempos de retención o cargas hidráulicas superficiales.

Respecto al dimensionamiento de la planta, además de las posibilidades vistas en el apartado anterior, en el caso en que las limitaciones no obliguen a una reducción total de los parámetros, se puede tratar sólo parte del caudal y mezclar posteriormente los efluentes, con lo que se pueden reducir gastos de amortización.

Respecto a la explotación de la planta, hay que tener en cuenta que el efluente a tratar no es agua residual con características constantes, sino aguas naturales alteradas en mayor o menor grado. Esto supone unas condiciones variables en cuanto a concentraciones de entrada, dependientes del funcionamiento de los sistemas de depuración ubicados aguas arriba y del caudal que discurra por el medio. Si la variabilidad resulta excesiva, el ajuste permanente de los procesos supondrá una menor eficiencia y, por tanto, mayores gastos de explotación.

La vida útil de una planta de tratamiento, debido al desgaste que se produce por la agresividad del agua y las diferentes operaciones de tratamiento y mantenimiento, se debe estimar en unos 25 años para la obra civil y 15 años para equipos mecánicos y eléctricos, o, aproximadamente, en 20 años el global.

El régimen de explotación de las diversas transferencias, como ya se ha señalado en otros epígrafes, no es constante a lo largo del año. Esto supone que las plantas deban dimensionarse para los caudales máximos, permaneciendo paradas parte del año. Dado el elevado coste de construcción de estas plantas y los cortos períodos de amortización, la carga de la misma sobre el precio final del agua es muy alta, aunque depende del tipo de tratamiento, por lo que el precio será muy sensible al número de meses en los que funcione el trasvase. Además, parte de los gastos de explotación son fijos y dependen más del tamaño de la planta que de los caudales o cargas tratados.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones precedentes, resulta evidente la dificultad de predecir un coste de tratamiento de la unidad de volumen transferida. Lo que se ha intentado ha sido establecer unos ordenes de magnitud razonables en torno a los cuales se estima que puede situarse el coste en cada caso concreto.

### **6.3.10.5. NECESIDADES DE TRATAMIENTO EN CADA POSIBLE TRANSFERENCIA**

#### **6.3.10.5.1. Alto Duero**

Se estima que no sería necesario ningún tratamiento previo, debido al buen estado de calidad, que incluso podría mejorar en el momento del trasvase si se llevara a cabo la construcción de alguno de los embalses catalogados, aguas arriba y en la zona de captación.

#### **6.3.10.5.2. Bajo Duero**

El único problema de calidad en sus aguas es el nivel de nutrientes ligeramente elevado (en comparación con otras zonas), lo que provoca la eutrofización del propio embalse de Villalcampo y podría suponer un aporte perjudicial para el embalse de Bolarque en el Tajo que se encuentra oligotrófico.

De todas formas, la reciente construcción de las depuradoras de Valladolid y León, así como la próxima finalización de las depuradoras de Palencia, Aranda de Duero, Medina del Campo y, sobre todo, Zamora, supondrá una mejora en la calidad de toda la cuenca vertiente a dicho embalse y una reducción en los nutrientes aportados al mismo. Se debe tener en cuenta, además, que la mayoría de estas plantas incluye tratamiento de eliminación de nutrientes. En concreto, en Zamora está previsto un proceso A2O que reduce nitrógeno y fósforo.

Además, en el embalse de Bolarque se dan dos circunstancias que pueden atenuar su posible eutrofización. Por una parte, el agua de Villalcampo se mezclaría con las aguas del Tajo, muy bajas en nutrientes, por lo que se produciría una importante dilución. Por otra, el embalse de Bolarque, de sólo 30 hm<sup>3</sup>, se ve sometido a una fuerte renovación que incluso aumentaría con el aporte de nuevas aguas, por lo que sería menos sensible a los nutrientes.

Aguas abajo de dicho embalse, ya sea en el Tajo o en el ATS, la concentración habría disminuido lo suficiente como para no producir problemas.

En consecuencia, a priori se estima que no sería necesario ningún tipo de tratamiento para realizar el trasvase desde este punto.

#### **6.3.10.5.3. Jarama**

El estado de la calidad del agua en el curso bajo del Jarama se puede catalogar como extremadamente mala. El valor de sus parámetros denota que, más que un río, es un efluente residual con un grado de depuración muy variable, llegando a alcanzar en determinados momentos unas condiciones pésimas.

La estrecha relación de sus características con el funcionamiento de las grandes depuradoras de Madrid, genera una variabilidad muy marcada en casi todos los parámetros.

El Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo, para el tramo del río Tajo comprendido entre el embalse de Bolarque y Aranjuez, impone unos niveles de calidad A2,

Salmonícola y Apto, en función de las normativas de prepotables, vida piscícola y baño respectivamente. Además, actualmente el estado de calidad en Bolarque es muy bueno y se encuentra oligotrófico.

La única opción, por tanto, en este caso pasaría por hacer un tratamiento de las aguas a trasvasar. Una planta de este tipo sería de difícil diseño y explotación. Por una parte se deben tener en cuenta los condicionantes de la variabilidad de las aguas de entrada. Por otra, se deberían reducir los compuestos de nitrógeno y fósforo, no existiendo posibilidad de realizarlo por vía biológica, dado que se trata ya de efluentes depurados que no cuentan con el aporte necesario de materia orgánica fácilmente biodegradable, necesaria para los procesos de desnitrificación y de eliminación biológica del fósforo. En consecuencia, debería optarse, como ya se ha mencionado, por procesos fisicoquímicos. Además, para cumplir con los objetivos de baño, muy probablemente debería incluirse una desinfección.

El coste estimado de tratamiento, incluyendo amortización, para los volúmenes de agua y duración del período de trasvase indicados en el documento de análisis de la cuenca del Tajo, se estima que puede estar entre 18 y 22 ptas/m<sup>3</sup>, por lo que lo fijaremos, de forma conservadora, en unas 25 pts/m<sup>3</sup>. La irregularidad del influente podría a su vez requerir costes superiores, cuya evaluación requeriría posteriores estudios de detalle. Las características del tratamiento son las siguientes: proceso compuesto por pretratamiento, eliminación de Fósforo y Nitrógeno por procesos fisicoquímicos y desinfección final. Incluye, además, tratamiento y disposición de fangos.

#### **6.3.10.5.4. Tajo en Toledo**

Como se indicó, el estado de la calidad del agua en el Tajo a la altura de Toledo es deficiente. Aquí llega todavía la influencia de Madrid y se ve agravada por los propios vertidos de la ciudad de Toledo.

El contenido en materia orgánica y nutrientes es muy elevado, estando el embalse de Castrejón, en consecuencia, eutrófico.

El destino de este posible trasvase sería aportar recursos a la Mancha o al ATS a la altura de La Roda, es decir, aguas abajo del embalse de Alarcón y aguas arriba del Talave. Se utiliza como paso intermedio el embalse de Finisterre, prácticamente vacío en la actualidad.

Las necesidades de tratamiento previsibles varían según el destino final de la transferencia, tal y como se muestra seguidamente.

En la opción de destinar el agua a las tablas de Daimiel, se debe considerar que, como se dijo, el agua, en su mayor parte, va a llegar a las Tablas y que de allí o en su discurrir por el río se va a infiltrar en el acuífero. De la misma forma, el aporte de agua que se haga para aliviar la sobreexplotación del acuífero y recuperar los niveles originales, no puede contribuir al deterioro del mismo. Es más, lo ideal sería aportar aguas poco salinas y sin contenidos en compuestos del nitrógeno para disminuir cuanto antes las elevadas concentraciones que se han registrado.

En consecuencia, sería necesario disminuir la carga orgánica y el contenido en Fósforo para evitar la degeneración y eutrofización de las Tablas y, por otra parte, sería necesario limitar los compuestos de nitrógeno para no cargar el acuífero de nitratos.

Comparativamente con el caso del Jarama, aquí el contenido en nutrientes es algo inferior. Además, el paso intermedio por el embalse de Finisterre, que por supuesto estará eutrófico, puede disminuir en cierta medida el contenido en nutrientes, pero se estima que no será suficiente. Por otra parte, la dilución del medio será despreciable.

El coste estimado de tratamiento, incluyendo amortización, se estima que puede estar entre 14 y 20 ptas/m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta, como hipótesis tentativas, un volumen anual en torno a 100 hm<sup>3</sup>, y un proceso compuesto por pretratamiento, eliminación de Fósforo y Nitrógeno por procesos físico-químicos, incluyendo, además, tratamiento y disposición de fangos.

En el caso de llevar las aguas directamente a su uso en agricultura, la eliminación de nutrientes no sería necesaria. Por el contrario, es un aporte beneficioso que reduciría los gastos del agricultor en aportación de abonos. La recarga del acuífero con nitratos no sería mayor que la que aportara el propio riego.

Los condicionantes más importantes en este caso serían de tipo sanitario y la necesidad de una reducción podría afectar sólidos en suspensión, materia orgánica y, fundamentalmente, microorganismos. Esta necesidad está estrechamente ligada al tipo de cultivo (consumo en crudo o no) y al sistema de riego (aspersión o inundación).

La estancia del agua en el embalse de Finisterre, sin embargo, con un elevado tiempo de retención, previsiblemente aportará una reducción importante en los parámetros microbiológicos por el efecto de la decantación, la depredación y la acción bactericida de la luz ultra violeta. Por otra parte, el previsible estado eutrófico del embalse puede producir que las condiciones no sean tan adversas para este tipo de microorganismos y su reducción no sea suficiente.

En consecuencia, resulta difícil determinar a priori si existe la necesidad de una desinfección de las aguas, por lo que en principio no se considera este coste y sería el propio funcionamiento del trasvase el que determinara su necesidad.

En cuanto a la hipotética llegada al ATS y aporte al Segura, el condicionante esencial, como ya se ha señalado, es no empeorar sus condiciones actuales. En este caso, y teniendo en cuenta los objetivos de calidad del Plan del Segura, el estado trófico del embalse de Talave, nudo de especial importancia en la distribución de agua de esta cuenca. En consecuencia, como mínimo y condicionado a la realización de estudios detallados del grado de dilución resultante de la mezcla de aguas de diferentes orígenes que tenga lugar en este embalse, sería necesario disminuir el contenido en Fósforo y, en su caso, Nitrógeno.

El coste estimado de tratamiento, incluyendo amortización, para los volúmenes de agua y duración del período de trasvase indicados en el documento de análisis de la cuenca del Tajo, se estima que puede estar entre 7 y 9 ptas/m<sup>3</sup>. Las características del tratamiento serían las de un proceso compuesto por pretratamiento y

eliminación de Fósforo por procesos físico-químicos, incluyendo tratamiento y disposición de fangos. Si se equipara el proceso al requerido para las Tablas y acuífero, los costes serían similares a los allí indicados.

En definitiva, y considerando cuanto se ha expuesto, es prudente adoptar, como estimación inicial del coste de tratamiento en origen, una cuantía del orden de las 20 pts/m<sup>3</sup>.

#### **6.3.10.5.5. Tajo en Azután**

La calidad de las aguas que llegan al embalse de Azután se puede catalogar como deficiente, aunque no lo es tanto como la de Toledo o Jarama. Tiene una importante carga de materia orgánica y compuestos de nitrógeno y fósforo. En consecuencia, el embalse de Azután se encuentra eutrófico.

Si el destino final de las aguas fuese el Guadalquivir sería necesario efectuar una reducción de nutrientes, tanto de compuestos de nitrógeno como de fósforo. El coste de un tratamiento de estas características podría ser algo menor que en el caso de Toledo debido a unos niveles inferiores sobre todo en fósforo.

En consecuencia el coste de tratamiento, considerando caudales entre 50 y 200 hm<sup>3</sup>/año, puede estar entre 13 y 18 ptas/m<sup>3</sup>.

A su vez, si el destino fuese aportar recursos al ATS a la altura de La Roda, aguas abajo del embalse de Alarcón y aguas arriba del de Talave, al igual que en el caso del Tajo en Toledo, el condicionante fundamental es no empeorar el estado trófico del embalse de Talave. Por consiguiente, y al igual que entonces, sería necesario efectuar una reducción de nutrientes, fundamentalmente de fósforo, quedando condicionada su necesidad al grado de dilución que finalmente presenten la mezcla de aguas de diferente origen en Talave, así como a la reducción que su paso por el embalse de Uso pueda suponer.

Asimismo también es previsible una mejora de la calidad por la mezcla con la aportación al embalse del propio río Uso. Sin embargo, puesto que el agua trasvasada, que procede de un embalse eutrófico, representa una parte significativa de la aportación total al embalse, es difícilmente evaluable esta mejora y, por tanto, la reducción del coste del tratamiento en origen que puede generar, sin conocer el detalle de la explotación de la transferencia (volúmenes y períodos de derivación).

Por ello, para quedar del lado de la seguridad, a efectos de estimar el tratamiento en origen, se supondrá que acabará existiendo un estado eutrófico en el embalse de Uso, de manera que las condiciones no sean tan adversas para este tipo de microorganismos y su reducción no sea tan alta como se desearía.

El coste de un tratamiento de estas características podría ser algo menor que en el caso de Toledo debido a unos niveles inferiores sobre todo en fósforo. En consecuencia el coste estimado de tratamiento, incluyendo amortización, para los volúmenes de agua y duración del período de trasvase indicados en el documento de análisis de la Cuenca del Tajo, se estima que puede estar entre 6 y 8 ptas/m<sup>3</sup>. Asimilar el tratamiento al anterior implicaría un similar aumento de los costes previstos.



En definitiva, y considerando cuanto se ha expuesto, cabe esperar costes de tratamiento ligeramente inferiores a los de la captación de Toledo. No obstante, parece prudente adoptar, como estimación inicial del coste de tratamiento en origen, una cuantía similar a quella, del orden de las 20 pts/m<sup>3</sup>.

#### **6.3.10.5.6. Tiétar**

El estado de calidad en el Tiétar es bueno, ligeramente afectado por vertidos orgánicos, siendo lo más destacable su baja mineralización.

A pesar de que la baja mineralización puede ocasionar algún problema para el riego, puesto que la dilución a la que se verá sometida con las aguas del Tajo es elevada, se puede esperar que la mezcla final no esté muy alejada de las condiciones actuales. Además, la mezcla posterior del ATS con las aguas del Segura corregiría en parte esta situación.

El único problema que podría generar sería que el bajo contenido en sales y las fuertes oscilaciones de pH provocasen procesos de disolución y corrosión de los materiales empleados en el trasvase.

Debería hacerse un estudio sobre el particular previamente a la ejecución de las obras, para determinar si es necesario el empleo de materiales especiales o, incluso, una remineralización de las aguas.

Otra opción sería introducir una mezcla de aguas en el trasvase, tomando parte de ellas de una fuente más cargada en sales y que se sitúe cercana al recorrido del mismo, como puede ser el embalse de Azután en el Tajo. Sin embargo, las malas características del agua en este embalse requerirían un estudio específico de las posibles afecciones en la calidad del agua, sobre todo en lo relativo al elevado contenido en nutrientes.

A pesar de lo visto, puesto que las posibles afecciones serían para el propio trasvase y no para el medio receptor, en principio no se considera necesaria la inclusión de ningún proceso de tratamiento previo al trasvase.

#### **6.3.10.5.7. Embalse de Tarn**

La calidad del agua en el embalse de Tarn se puede considerar como buena, siendo apta para todos los usos. En consecuencia, no sería necesario ningún tipo de tratamiento.

#### **6.3.10.5.8. Bajo Ebro**

La calidad del agua en el Bajo Ebro se puede calificar como media, aunque mejor, comparativamente, que la de la mayoría de posibles zonas receptoras de la transferencia. Básicamente se ve influida por los vertidos orgánicos, con presencia de compuestos reducidos de nitrógeno y fósforo.

De las múltiples alternativas planteadas para este posible trasvase, las más sensibles desde el punto de vista de la calidad del agua son las que utilizan el embalse de Tous, en el río Júcar, como elemento de tránsito.

Los compuestos reducidos de nitrógeno tienen valores solo ligeramente elevados, por lo que el nivel de incumplimiento de las normativas no es grande. Además, se produciría una evolución favorable a lo largo del trasvase, con lo que su vertido al embalse de Tous no supondría, en principio, ningún problema. De la misma forma, se prevé una mejora por autodepuración en la materia orgánica y en el número de microorganismos.

Respecto a los valores de Fosfatos se debe destacar que, si bien el valor medio de fosfatos considerando todo el período de estudio (1990-1998) es algo superior en el Ebro que en el Júcar, se ha producido una clara tendencia a la mejoría, llegando en los últimos tres años a concentraciones similares en ambos ríos. En consecuencia, su efecto sobre el estado trófico del embalse de Tous se puede considerar nulo frente al cumplimiento de las normativas.

La única afección que puede esperarse sería una ligera elevación del contenido en sales disueltas de las aguas y, consecuentemente, de la conductividad.

Por otra parte, considerando la variación estacional de los parámetros analizados, el hecho de que las derivaciones se produzcan fuera del verano es favorable desde el punto de vista de la calidad de las aguas trasvasadas.

En definitiva, no se considera necesario ningún tratamiento de las aguas previo a su trasvase.

## **6.4. EFECTOS ECOLÓGICOS SOBRE LA BIOTA**

### **6.4.1. INTRODUCCIÓN**

Los ecosistemas están constituidos por un conjunto de elementos bióticos y abióticos que interaccionan entre sí. El medio abiótico constituye de algún modo el soporte que determina la composición de las comunidades bióticas que lo habitan. En un río, lago, embalse, etc. se pueden cuantificar una serie de variables ambientales (temperatura, concentración de diferentes sustancias químicas en el agua, velocidad de la corriente, transparencia, etc.) y los valores que alcanzan pueden a su vez relacionarse estadísticamente con las especies que se desarrollan en el mismo. Incluso, pueden determinarse especies relacionadas muy significativamente con alguna de las variables ambientales de la que será, por tanto, buena indicadora.

La alteración de estas características ambientales puede dar lugar, dependiendo del tipo e intensidad de las afecciones, a cambios más o menos profundos en las comunidades igualmente características de dichos ecosistemas. Evidentemente, una especie muy relacionada con determinada variable será más sensible a la variación de la misma, llegando a desaparecer cuando la modificación resulta demasiado intensa o si se produce muy rápidamente.

El hecho de alterar (en la cantidad y/o en el régimen) los caudales en un río o embalse, o la transferencia de agua entre diferentes cuencas, con distintas características fisicoquímicas, afectará en mayor o menor medida a las especies que habitan los ecosistemas origen o destino de tales transferencias. Los efectos más directos, por tanto, que sobre la biota pueden tener las transferencias de agua entre cuencas se han clasificado en dos grupos:

- Migración de especies a través de trasvases entre diferentes cuencas.
- Consecuencias de la modificación de caudales sobre las especies en los ecosistemas afectados por las transferencias.

El estudio de ambos se aborda en los epígrafes posteriores. Cabe destacar que, en general, las consecuencias ecológicas de las transferencias entre cuencas sobre los sistemas naturales están poco documentadas. No se puede olvidar que el propio trasvase constituirá un nuevo nicho que las especies más próximas (normalmente las del ecosistema cedente) tenderán naturalmente a ocupar, tal como se ha podido comprobar en los canales de transferencias entre diferentes cuencas del suroeste de Estados Unidos en los que se ha encontrado una fauna de peces comparable a la que aparece en pequeños ríos de la misma área. Debe señalarse que las comunidades más estudiadas en este sentido son las de los peces.

#### **6.4.2. MIGRACIÓN DE ESPECIES A TRAVÉS DE TRASVASES ENTRE DIFERENTES CUENCAS: EL *EFEECTO CORREDOR***

El efecto corredor, como se señala en el Libro Blanco del Agua en España, da lugar a la incorporación de especies de diferentes grupos biológicos (peces, macroinvertebrados, plancton, vegetación, etc.) procedentes de la cuenca cedente y que, con anterioridad al trasvase, no se hallaban en la cuenca receptora.

Hay que señalar que cuando se trata de peces, las especies que llegan a la cuenca receptora deben provenir de la cuenca cedente, dada la imposibilidad de tener accesos intermedios obviamente al no poder vivir fuera del agua. Sin embargo, en el caso de anfibios y reptiles, pueden introducirse en cualquier punto del canal que esté abierto al exterior, por lo que el flujo de especies no tiene que producirse en exclusiva desde la cuenca cedente.

La información disponible sobre el fenómeno de la migración de especies a través de transferencias entre cuencas es escasa y dispersa, tratándose frecuentemente como un pequeño aspecto de estudios sobre la distribución de peces. A continuación se señalan los posibles impactos, el reflejo que este problema tiene en la normativa española, las posibles soluciones y, por último, se aborda con más detalle la problemática generada en este campo por la experiencia más destacada en cuanto a transferencias en España, el acueducto Tajo-Segura.

### 6.4.2.1. IMPACTOS

El principal problema que plantea la migración de especies a través de los trasvases entre cuencas es la introducción de especies exóticas en la cuenca receptora. En teoría se asume que una elevada capacidad de adaptación y de explotación de los nuevos hábitats favorece la supervivencia y expansión de las especies invasoras en comparación con las autóctonas, en igualdad de condiciones. En el caso de animales, se puede producir el desplazamiento e incluso la sustitución de la especie autóctona cuando la especie exótica es un competidor por el alimento. Esta capacidad superior de adaptación puede estar propiciada por la voracidad de las especies exóticas, un mayor espectro alimenticio que les lleva a mejorar la explotación de los recursos alimenticios, conductas más agresivas, la predación sobre estados larvarios de especies autóctonas, la expulsión de sus territorios y zonas de reproducción y freza, etc. Tanto en animales como en plantas, ciclos vitales más cortos llevan a alcanzar el estado adulto más rápidamente, o simplemente ciclos más adelantados a lo largo del año pueden implicar una ventaja competitiva. Hay también una serie de estrategias encaminadas a aumentar el éxito reproductivo. A veces las especies exóticas pueden ser portadoras de enfermedades contagiosas, con lo que pueden afectar al estado sanitario de las especies autóctonas que comparten su hábitat natural.

Por ejemplo, como consecuencia del trasvase Garrison Diversion Project (EEUU) diversas especies de peces nativas del río Missouri han invadido los lagos canadienses de Manitoba y Winnipeg. En particular se teme que si tres de las especies exóticas (cacho de Utah, *Gila atraria*; sáballo, *Dorosoma cepedianum*; y esperinque arcoiris, *Osmerus mordax*), procedentes del río Missouri se asentaran definitivamente en ambos lagos, ciertas especies autóctonas desaparecerían (perca de ojos saltones, *Stizostedion vitreum*; perca, *S. canadense*; y el corégono, *Coregonus clupeaformis*) (Keys, 1984; Meador 1996).

También existen problemas de contaminación genética (hibridación de especies) al cruzarse las especies exóticas con las autóctonas, concretamente en el caso de salmónidos (Doadrio *et al.* 1991). A nivel nacional se conoce que la introducción de la boga (*Chondrostoma polylepis*) en la cuenca del Júcar ha llevado consigo la producción de híbridos con la especie próxima propia de dicha cuenca, la loina (*Chondrostoma arrigonis*) (Elvira 1987, 1995).

Los ecosistemas se caracterizan por el equilibrio establecido por las interacciones de las especies entre sí y con el medio abiótico. Por tanto, los efectos de las especies exóticas pueden producirse sobre otras comunidades acuáticas, como en el caso de las especies de peces (carpa, *Cyprinus carpio*, carpín, *Carassius auratus*, y sus híbridos) introducidos en la laguna de Zóñar (Córdoba) sobre las aves acuáticas de la misma (Fernández-Delgado 1997). Otro caso similar es la alteración de la ecología del río Stour en Inglaterra por el efecto de la diatomea *Stephanodiscus* sp. y cierta variedad de perca (*Stizostedion lucioperca*) como resultado del trasvase de Great Ouse (Meador 1992).

Finalmente, también pueden incluirse otros impactos de tipo recreacional y comercial, por las implicaciones que los impactos señalados anteriormente pueden generar sobre la pesca deportiva (Meador 1996).

### 6.4.2.2. NORMATIVA ESPAÑOLA

Dado el riesgo de la introducción de especies exóticas sobre las especies fluviales autóctonas, en la Ley 4/1989 de 27 de marzo, de conservación de los Espacios naturales y de la Flora y la Fauna silvestres, en su artículo 27, apartado b, establece la obligación de *evitar la introducción y proliferación de especies, subespecies o razas geográficas distintas a las autóctonas, en la medida que puedan competir con éstas, alterar su pureza genética o los equilibrios ecológicos.*

### 6.4.2.3. SOLUCIONES

El modo de evitar esta afluencia de especies desde la cuenca cedente es, obviamente, mediante la interposición de barreras. En el caso de los peces, el paso aislado de unos pocos ejemplares de determinada especie no tiene por qué constituir un serio riesgo para el ecosistema destino de la transferencia, dada la alta mortalidad que debe producirse como consecuencia de los turbinados, bombeos, etc. de que es objeto el agua a lo largo de la transferencia. Por otra parte, estos ejemplares se dispersarán en el medio receptor, dificultando la reproducción. El problema es el paso constante de ejemplares que dé lugar a un aporte suficiente en el ecosistema receptor de las transferencias, más aún si la recepción se realiza en embalses, dificultando la dispersión de los ejemplares. Una vez que se verifica la reproducción habitual de una especie en un medio, su eliminación es muy costosa y a menudo imposible en la práctica. Esta problemática entre las especies vegetales es mucho más compleja, dada la dificultad para evitar que sus formas de dispersión pasen las barreras, y la resistencia de dichas formas a malograrse a lo largo del trasvase.

#### 6.4.2.3.1. Barreras al efecto corredor

Se trata de barreras físicas, que impiden el paso de los peces obstruyendo el camino con su presencia, y barreras comportamentales, que no constituyen barreras materiales pero provocan un cambio en el comportamiento del pez que conduce a una alteración de su recorrido.

La solución más común para evitar el paso de los peces es por medio de rejillas de abertura inferior a su talla. El problema de este dispositivo es la acumulación de peces en la rejilla y su aplastamiento contra la misma cuando las velocidades son muy altas. Hay rejillas temporales, pantallas tipo "Eicher", pantallas hidrodinámicas, pantallas estáticas y pantallas rotatorias.

La ventaja de las barreras comportamentales estriba en que su coste económico suele ser inferior y que están especialmente indicadas para peces pequeños y frágiles, difíciles de proteger con barreras físicas. Se trata de pantallas de burbujas, luminosas, sonoras y eléctricas (pueden encontrarse un buen número de los dispositivos mencionados hasta aquí en (Elvira *et al.* 1998).

Meador (1996) propone el uso de pantallas y sistemas de filtros de arena para evitar el problema de traslocación de biota a través del trasvase Garrison Diversion Project, de EEUU, que comunica el río Missouri con los lagos Manitoba y Winnipeg, de Canadá.

Sea cual sea el dispositivo utilizado para evitar la entrada de los peces, es necesario disponer de canales de desviación que eviten la acumulación de los peces, así como controlar la eficacia de los dispositivos de barrea para evaluar su conveniencia (funcionamiento hidráulico y mecánico del dispositivo) y eficacia (impidiendo el movimiento de los peces). Los cuerpos a la deriva, como troncos, ramas u hojas, obstruyen constantemente los dispositivos y pueden impedir un buen funcionamiento. Existen diversos métodos para contabilizar los peces que transitan por un paso en un determinado momento. Los peces pueden contarse de manera directa (colocación de trampas, contadores de peces, recuento visual e hidroacústica) o indirecta (marcado y recaptura). Por otro lado, el comportamiento de los peces dentro y fuera de la transferencia puede controlarse por medio de técnicas de radiotelemetría, valorando así la eficacia del diseño de la obra.

#### **6.4.2.3.2. Control de especies invasoras**

Una vez que se ha producido la invasión de una especie exótica, su control es muy complejo, más en medios como los ríos, donde la falta de barreras hace muy difícil la delimitación geográfica de la invasión. Hasta el momento sólo está documentado un caso en España en el que se está realizando con métodos científicos. Se trata del control por pesca selectiva de las carpas, carpines y sus híbridos en la laguna de Zóñar, en Aguilar de la Frontera (Córdoba). Al poco tiempo de la actuación ya se aprecia una mejora notable de la vegetación acuática, de los macroinvertebrados y de las aves (Fernández Delgado, 1997).

#### **6.4.2.4. CASOS DE MIGRACIONES A TRAVÉS DEL TRASVASE TAJO-SEGURA**

Por el momento, en España los movimientos artificiales de fauna autóctona entre cuencas son todavía limitados (Elvira 1995, 1997), debido obviamente a la escasez de estas infraestructuras. El trasvase más importante de agua es el Tajo-Segura y es por ello el más documentado. Uno de los ejemplos más sobresalientes de la posible migración de especies a través de este trasvase es el de la boga, *Chondrostoma polylepis* (Steindachner 1865). Es un ciprínido endémico de la península Ibérica, distribuido en el centro y oeste peninsular, en las cuencas que drenan hacia el Atlántico, y también en el Júcar, donde fue probablemente introducido. En un estudio desarrollado por Mas (1986) de las poblaciones de peces en el río Segura, no aparece ninguna cita de boga ni en la revisión ni en las muestras. Sin embargo se han recogido, entre junio de 1996 y marzo de 1997 algunos ejemplares de esta especie en el río Mundo, principal afluente del Segura, cerca de Liétor (Albacete). El lugar de recogida de las especies es el embalse de Talave, primer embalse en la transferencia Tajo-Segura, por lo que cabe pensar que la boga ha sido introducida desde el Tajo a través del trasvase Tajo-Segura (Torralva y Oliva-Paterna, 1997).

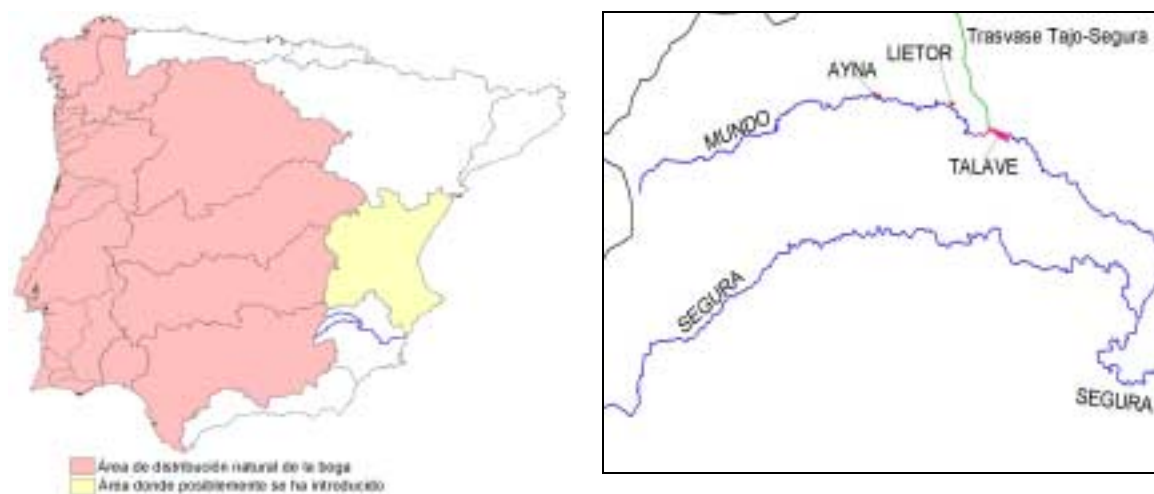


Figura 109. Distribución de la boga (*Chondrostoma polylepis* Steindachner, 1865) en la península Ibérica y localización geográfica del río Mundo, donde se ha citado por primera vez en la cuenca del Segura

Otras especies que han sufrido fenómenos similares son el gobio (*Gobio gobio* L., 1758) y el carpín (*Carassius auratus* L., 1758), de las cuales no había citas antes del trasvase en la cuenca del Segura y sí se han recogido en esta cuenca posteriormente al mismo (Mas 1986, García de Jalón *et al.* 1992). Por otra parte, los servicios de vigilancia fluvial han confirmado que estas especies no se han introducido en los cotos de pesca del Talave, no habiéndose detectado tampoco en el río Mundo entre Liétor y Ayna (Figura 1), aguas arriba del embalse citado (Torralva y Oliva-Paterna, 1997). El trasvase Tajo-Segura aparece también como probable vía de introducción de la boga y del calandino (*Tropidophoxinellus alburnoides*) en la cuenca del Júcar y de la bermejuela (*Rutilus arcasii*) en la del Guadiana (Elvira 1997).

Por otra parte, seguimientos específicos realizados no han constatado ningún efecto de migración de especies en el Guadiana como consecuencia de los aportes procedentes del Tajo a través del acueducto Tajo-Segura.

### 6.4.3. CONCLUSIONES

Muchos autores advierten que no es posible predecir con seguridad los impactos de una transferencia de agua antes o durante su construcción. En especial, cabe señalar la dificultad de evaluar el efecto de las especies exóticas sobre los peces autóctonos. Por tanto, es necesario, habida cuenta de la escasa información disponible sobre las consecuencias ambientales de los trasvases, que se aborden de manera rigurosa, primero, la identificación y el análisis de las mismas, para lo que es necesario un plan de seguimiento y evaluación y, en segundo lugar, la puesta en práctica de medidas correctoras o compensatorias que aminoren dichas consecuencias ambientales. Estos planes de seguimiento y evaluación deben centrarse principalmente en el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bénticos en las cuencas cedentes y receptoras, por ser estos organismos buenos indicadores de las propiedades del agua. Igualmente es aconsejable estudiar la composición y estructura de las comunidades de peces, para detectar cambios en la composición de

las comunidades y actuar en la explotación de la transferencia para adecuarla de algún modo a las exigencias de los ecosistemas implicados.

En cuanto a los dispositivos de barrera, es necesario controlar su funcionamiento para evaluar su conveniencia (funcionamiento hidráulico y mecánico del dispositivo) y eficacia (impidiendo el movimiento de los peces), contabilizando el número de ejemplares que los atraviesan.

Por último, es recomendable llevar a cabo estudios de seguimiento a largo plazo de los ecosistemas afectados por las transferencias (tanto en las cuencas cedentes como en las receptoras), con el objetivo de abarcar cierta variabilidad y disponer de un número de datos estadísticamente significativo. Concretamente sugiere un periodo de estudio de 3 años antes de la construcción, un año de ensayos con diferentes regímenes de caudales tras la construcción, y otros 3 años para el seguimiento de la transferencia (Meador, 1992).

## **6.5. EFECTOS SOCIOECONÓMICOS**

Una vez analizados los efectos de las transferencias sobre la calidad del agua en las áreas receptoras y de tránsito, y los impactos ecológicos sobre la biota en estas áreas, procede considerar el efecto de las transferencias sobre el medio socioeconómico de las áreas receptoras.

En la introducción a este capítulo ya se enumeraron algunos de los previsibles impactos sobre el medio socioeconómico de estas áreas.

Como puede comprenderse, los graves efectos socioeconómicos indicados del abandono de tierras y disminución inducida en las producciones agrícolas, de pérdida de puestos de trabajo, y de profunda degradación del tejido social y económico productivo, son de muy compleja cuantificación. Ello no obsta para que puedan acotarse con el estudio de las producciones agrarias, la constatación directa de la reducción de superficies regadas y pérdida de plantaciones, y de los decrementos de los rendimientos económicos de superficie agrícola y del empleo de mano de obra.

Por otra parte, aún siendo evidente que –como se ha señalado– la pérdida de valor añadido y capital del sector agrícola se extendería a otros sectores productivos, intentar una cuantificación de tal efecto multiplicador resulta aventurado, especialmente en una economía desarrollada y claramente abierta a los mercados nacionales e internacionales. No obstante, tal y como se verá, existen algunas aproximaciones al efecto que también comentaremos. Igualmente compleja resultaría la valoración, desde un punto de vista cuantitativo, de los daños ambientales enunciados.

En el documento específico de análisis económicos de las transferencias se abordan todos estos aspectos, remitiéndonos allí para tales determinaciones, y limitándonos aquí a su mera enunciación.



Como simple referencia previa, y para centrar los órdenes de magnitud del problema, puede señalarse que en el marco del Plan Hidrológico del Segura se generaron diversas hipótesis que se corresponden con escenarios futuros caracterizados por distintos volúmenes trasvasados a la cuenca, manteniéndose, en todas ellas, una disponibilidad de recursos propios acorde con las previsiones de la planificación del Segura para el horizonte del largo plazo. Estas determinaciones del Plan, a las que nos referimos, están sometidas a incertidumbres y pueden experimentar algunas desviaciones, máxime considerando la fecha de su realización (1995), pero los órdenes de magnitud ofrecidos se pueden suponer básicamente encajados y representativos de todas las zonas afectadas por las transferencias.

Así, bajo la hipótesis extrema de supresión de transferencias externas, y mantenimiento exclusivo de las existentes para abastecimientos, la inspección de los balances hídricos futuros resultantes mostró que las superficies regables actuales experimentarían a largo plazo una drástica reducción hasta valores del orden del 50% de las existentes. Ello supone que, en términos de superficie, solo podrían consolidarse con esta alternativa unas 130.000 hectáreas de las 270.000 existentes, debiendo abandonarse las restantes. La pérdida de la producción agrícola de la cuenca, de la que el regadío supone más del 90%, superaría ampliamente los 100.000 Mpts/año, en gran medida en forma de divisas de exportación, además de implicar una pérdida patrimonial de riqueza irrecuperable del orden de 500.000 Mpts, y ello a costa de estrictas limitaciones de otros usos hídricos, y sin actividades económicas alternativas que puedan consolidar a la población rural regante y a la vinculada indirectamente al regadío no industrializado, sino como medio de vida para su subsistencia.

En el breve análisis precedente se ha supuesto la situación más desfavorable de transferencia externa nula para los riegos. Los resultados obtenidos pueden extenderse simplíficadamente a todas las zonas deficitarias considerando que el Segura y sus zonas adyacentes conectadas supone aproximadamente la mitad del total afectado.

Siguiendo la exposición de resultados de estos estudios previos para el Plan del Segura, una estimación media en aquella fecha (1995) de la producción económica del regadío podría cifrarse aproximadamente en 1 Mpts/ha, y 200 pts/m<sup>3</sup> aplicado. Suponiendo la hipótesis de proporcionalidad de efectos, verificada empíricamente, resultó inmediato comprobar las gravísimas repercusiones directas que una alternativa de transferencias nulas tendría sobre el sector agrario. Se perderían, respecto a la situación actual, entre 30.000 y 50.000 millones de pesetas de producción agrícola, y entre 10.000 y 20.000 empleos, o su equivalente en jornales. Si la alternativa de referencia es la hipótesis básica de satisfacción plena de las demandas, las pérdidas directas podrían situarse por encima de los 100.000 millones de pesetas y 50.000 empleos equivalentes.

Considerando el supuesto de que no se diponga de nuevos recursos habilitados por el Plan Hidrológico Nacional, la diferencia podría suponer unas pérdidas del orden de 30.000 Mpts/año de producción agrícola y unos 25.000 empleos.

Los efectos inducidos en el resto de la economía (medios de producción, transporte y servicios, comercialización, etc.) son difícilmente cuantificables, aunque, sin duda,

extraordinariamente importantes. La descapitalización, pérdida de inversiones y endeudamiento que generaría un abandono forzado del regadío, afectarían de forma decisiva al tejido productivo y la estructura social de la cuenca.

Obviamente, estos análisis resultan muy esquemáticos y, por tanto, meramente indicativos. No obstante, otros estudios de mayor detalle recientemente realizados ofrecen resultados similares y reveladores de análogas tendencias y órdenes de magnitud. La relativa simplicidad del análisis no parece enervar la robustez de las conclusiones obtenidas, aunque éstas no deban tomarse más que como indiciales órdenes de magnitud.

En todo caso, y como ya se ha indicado, en el documento de análisis económicos se estudian con mayor detalle estos problemas, y a él nos remitimos para su cuantificación más precisa.

Por otra parte, además de los efectos económicos directos antes enunciados, existen otros efectos socioeconómicos indirectos que deben considerarse en la evaluación de impactos de las transferencias. Seguidamente se comentarán muy someramente algunos de estos efectos.

En lo relativo a las pérdidas en transporte y comercialización de productos no transformados, cabe señalar que tales pérdidas son evidentes (basta considerar la diferencia entre precios percibidos por el agricultor y precios pagados por el consumidor) pero difícilmente cuantificables sin abordar estudios más profundos. El transporte de mercancías agrarias, tanto con destino interior como exterior, ha conformado un sector derivado de extraordinaria importancia económica.

Algo similar podría afirmarse de la repercusión en la potente industria agroalimentaria asociada (solo en el Segura viene empleando directamente más de 20.000 personas). La repercusión sobre estos sectores queda, en principio, atemperada por la posibilidad, no deseable, de buscar su suministro fuera estas zonas. La prolongación de tal situación puede producir pérdidas de cuota de mercado, cuya posterior recuperación es bastante problemática.

En el documento de análisis económicos se aportarán algunas cifras sobre estos efectos económicos indirectos, de gran importancia en todas las zonas afectadas por las transferencias.

Otro factor de extraordinaria importancia es la eventual pérdida de capital invertido en la agricultura. Los sistemas de riego localizado, cuya extensión ha ido creciendo año tras año en estas zonas deficitarias, precisaban inversiones, en 1994, en torno al millón de pesetas/hectárea. Únicamente los invernaderos en el Segura, que ocupaban más de 4.000 has de la cuenca, han supuesto una inversión privada global superior a los 50.000 millones de pesetas. Una hectárea de plantación de cítricos o frutales de hueso (la cuenca del Segura dispone de unas 100.000 hectáreas) representa, sólo en factores de producción, la inmovilización del orden del millón de pesetas durante los años de formación.

Todas estas inversiones se plantean con periodos de amortización que oscilan entre los 10 años de las instalaciones de riego y los 30 años de las plantaciones cítricas, pasando por los 20 años de los invernaderos. Las transformaciones acometidas en años previos a periodos de sequía o a expensas de recursos sobreexplotados, serían

particularmente sensibles a un forzado abandono del riego, pues sería imposible afrontar el importante endeudamiento adquirido para su financiación. Los efectos no ya económicos sino sociales de este endeudamiento no son fáciles de predecir pero serían, sin duda, muy importantes.

Además de estos impactos económicos directos e indirectos, ya se ha apuntado la gravedad que tendría el supuesto de no transferencia sobre el medio ambiente, y la secuela de efectos negativos que, ya iniciados, se incrementarían en el futuro. Indudablemente las transferencias externas no son un procedimiento adecuado para paliar deficiencias ambientales relacionadas con los recursos hídricos, pero es cierto que su ausencia exacerbará la degradación existente. La eficacia de medidas como la depuración de vertidos en origen y la mayor depuración de las aguas residuales, necesarias sin más en todas las cuencas, se verá sin duda condicionada por la capacidad de circulación de caudales por los cauces y la disminución de la presión social sobre los escasos recursos existentes.

## **6.6. LA SOSTENIBILIDAD DE LOS REGADÍOS Y LAS DEMANDAS HÍDRICAS**

Para concluir este apartado de impactos en las zonas receptoras, cabe realizar unos breves comentarios sobre sus regadíos y demandas desde el punto de vista de la sostenibilidad agrícola.

La sostenibilidad agrícola es un concepto emergente, que está ocupando cuotas crecientes de atención en el mundo científico-técnico, y empezando a considerarse de forma explícita por las Administraciones públicas concurrentes en la materia. En última instancia, no es sino uno de los aspectos del concepto más general de desarrollo sostenible, cuya consideración resulta obligada en el contexto de este Plan Hidrológico Nacional.

La razón para ello es que las posibles transferencias de recursos intercuencas, que el Plan debe decidir por mandato legal, estarían destinadas en buena medida al mantenimiento de actuales regadíos que se ven comprometidos en el futuro por la precariedad, sobreexplotación y agotamiento de los recursos que ahora los soportan, y parece razonable que esta situación de aprovechamiento sea examinada, siquiera someramente, a la luz de los nuevos conceptos de sostenibilidad mencionados. La complejidad del problema y la novedad de los enfoques aludidos no permite obtener resultados concluyentes, pero sí puede aportar alguna luz que permita tener una visión más perfilada del problema que se estudia.

De forma esquemática puede indicarse que la sostenibilidad de regadíos es el resultado del debate sobre como mantener e incrementar la producción agrícola, conservando los recursos necesarios para esa producción. Los objetivos fundamentales integrados son (Jiménez Díaz, 1998):

La conservación de los recursos naturales y protección del medio ambiente

## La viabilidad económica

### La equidad social

Estos objetivos son interpretados de formas diferentes según las distintas culturas y sociedades, pero en el contexto de los países industrializados del hemisferio norte, la sostenibilidad agrícola se equipara fundamentalmente a sostenibilidad económica, evitando la degradación ambiental y potenciando nuevas tecnologías que amplíen la diversidad y valor de los productos agrícolas. Por el contrario, en países en vías de desarrollo el aspecto dominante de la sostenibilidad agrícola es aliviar la pobreza rural, incrementar la producción de alimentos, y conservar los recursos básicos para ello.

En nuestro caso, supuestos básicos para la sostenibilidad del regadío son su viabilidad económica, y la adecuada conservación del recurso hídrico.

En cuanto a la viabilidad económica, es un requerimiento inicial explícito de este Plan Hidrológico, y los análisis económicos realizados están orientados a su contraste y verificación.

En cuanto al segundo, además de suprimir la explotación de reservas hídricas y adaptar las demandas a flujos renovables, reviste la mayor importancia la cuestión de la calidad del agua aplicada al regadío, con los aspectos básicos de salinización y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por pesticidas, nitratos, etc. La salinidad es un problema de primer orden que, aunque puede ser paliado a corto plazo, conlleva a largo plazo el abandono de las tierras afectadas, y su dedicación a otros usos distintos del regadío. De no paliarse la sobreexplotación actual en las áreas receptoras y la contaminación de las aguas superficiales, los efectos a largo plazo pueden ser irreversibles, aún cuando se mantuviese un suministro cuantitativamente idéntico al actual. Los análisis realizados en este Plan Hidrológico muestran la viabilidad de las transferencias desde el punto de vista de la calidad del agua, y las mejoras cuantitativas y cualitativas que previsiblemente se producirán en este sentido, y ello sin perjuicio de la necesaria mejora de la calidad de los recursos propios mediante las oportunas actuaciones de saneamiento y depuración.

En consecuencia, y por su doble efecto sobre la economía de las áreas receptoras y la calidad de sus aguas aplicadas al regadío, las transferencias a las zonas deficitarias pueden contribuir de forma decisiva a la sostenibilidad agrícola de estas zonas, y son plenamente concordantes con este objetivo básico.

## 7. ÍNDICES DE ESPECIES VEGETALES Y ANIMALES CITADAS EN EL TEXTO

A continuación se incluyen los nombres de las especies vegetales mencionadas en el texto, ordenadas alfabéticamente por su nombre científico.

Nombre científico	Nombre común
<i>Acer sp.</i>	Arce
<i>Alnus</i>	Aliso
<i>Alnus glutinosa</i>	Aliso negro
<i>Anirrhinum pertegasi</i>	
<i>Betula alba</i>	Abedul
<i>Bulbocastanum incrassatanum</i>	Castañuelas
<i>Calicotome spinosa</i>	Aulaga negra
<i>Calluna vulgaris</i>	Brezo
<i>Campanula speciosa</i>	Campanillas
<i>Carex sp.</i>	Carrizos
<i>Centosphodrus levantinus</i>	
<i>Ceratonía siliqua</i>	Algarrobo
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmitos
<i>Cistus salvifolius</i>	Jaguarzo morisco
<i>Cistus monspeliensis</i>	Jaguarzo común
<i>Cistus sp.</i>	Jara
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornejo
<i>Corylus avellana.</i>	Avellano
<i>Drosera rotundifolia.</i>	Hierba del rocío
<i>Ephedra major</i>	
<i>Erica arbórea</i>	Brezo blanco
<i>Erica scoparia</i>	Brezo de escobas
<i>Erica sp.</i>	Brezos
<i>Fagus silvatica</i>	Haya
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fresno
<i>Genista anglica</i>	Espino
<i>Genista hirsuta</i>	Aulaga
<i>Genista scorpius</i>	Aulaga común
<i>Genista triacanthos</i>	Aulaga morisca
<i>Ilex aquifolium</i>	Acebo
<i>Iris pseudacorus</i>	Lirio amarillo
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Enebro
<i>Juniperus sabina</i>	Sabina
<i>Juniperus thurifera</i>	Sabina albar
<i>Lavandula latifolia</i>	Espliego
<i>Lonicera pyrenaica</i>	Madreselva
<i>Nerium oleander</i>	Adelfa
<i>Olea europaea</i>	Olivo
<i>Osmunda regalis</i>	Helecho real
<i>Phlomis purpurea</i>	Matagallo
<i>Pinguicula grandiflora var. Dertosensis</i>	Grasilla
<i>Pinguicula lusitanica</i>	Tiraña pálida
<i>Pinus halepensis</i>	Pino carrasco
<i>Pinus Pinaster</i>	Pino marítimo
<i>Pinus Pinea</i>	Pino piñonero
<i>Pinus sylvestris</i>	Pino silvestre
<i>Pinus uncinata</i>	Pino negro
<i>Pistacea lentiscus</i>	Lentisco
<i>Populus</i>	Álamo
<i>Posidonea oceanica</i>	Alga de vidrieros
<i>Prunus lusitanica</i>	Loro
<i>Prunus prostata</i>	

Nombre científico	Nombre común
<i>Pyrola chlorantha</i>	
<i>Pyrola secunda</i>	
<i>Quercus ilex</i>	Encina
<i>Quercus lusitánica</i>	Quejigo
<i>Quercus pyrenaica</i>	Roble melojo
<i>Quercus sessilis</i>	Roble
<i>Quercus suber</i>	Alcornoque
<i>Quercus.coccifera</i>	Carrasca
<i>Rhamnus frangula</i>	Arraclán
<i>Rosa canina</i>	Escaramujo
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero
<i>Rubus</i>	Zarzas
<i>Salix sp.</i>	Sauce
<i>Salix tarraconensis</i>	Sauce
<i>Saxifraga longifolia</i>	Corona de rey
<i>Scirpus sp.</i>	Junco garlitero
<i>Securiniga buxifolia</i>	Tamujo
<i>Speleoharpactea levantina</i>	
<i>Tamarix sp.</i>	Taray
<i>Timus vulgaris</i>	Tomillo
<i>Timus Zygis</i>	Tomillo
<i>Tycobitinus escolai.</i>	
<i>Typha angustifolia</i>	Enea
<i>Ulex parvifolius</i>	Tojo
<i>Ulmus sp.</i>	Olmo

Tabla 9. Especies vegetales

De igual modo, seguidamente se incluyen, en la tabla adjunta, los nombres de las especies animales mencionadas en el texto ordenadas alfabéticamente por su nombre científico.

Nombre científico	Nombre común
<i>Accipiter gentilis</i>	Azor
<i>Aegypius monachus</i>	Buitre negro
<i>Alcedo athis</i>	Martín pescador
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz común
<i>Alytes cisternasii</i>	Sapo partero ibérico
<i>Anaocypris hispanicus</i>	Jarabugo
<i>Anas acuta</i>	Ánade rabudo
<i>Anas clypeata</i>	Pato cuchara
<i>Anas crecca</i>	Cerceta común
<i>Anas penelope</i>	Ánade silbón
<i>Anas platyrhyncha</i>	Pato
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real
<i>Anas strepera</i>	Ánade friso
<i>Apus apus</i>	Vencejo común
<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real
<i>Aquila heliaca</i>	Águila imperial
<i>Ardea purpurea</i>	Garza
<i>Austropotamobius pallipes</i>	Cangrejo de río
<i>Aythya ferina</i>	Porrón común
<i>Aythya fuligula</i>	Porrón moñudo
<i>Aythya marila</i>	Porrón bastardo

Nombre científico	Nombre común
<i>Aythya nyroca</i>	Porrón pardo
<i>Barbus</i>	Barbo
<i>Blanus cireneus</i>	Culebrilla ciega
<i>Borbo zelleri</i>	
<i>Botaurus stellaris</i>	Avetoro común
<i>Bubo bubo</i>	Búho real
<i>Bufo bufo</i>	Sapo común
<i>Bufo calamita</i>	Sapo corredor
<i>Burhinus oediconemus</i>	Alcaraván
<i>Buteo buteo</i>	Ratonero
<i>Canis lupus</i>	Lobo
<i>Capra pyrenaica hispanica</i>	Cabra montés
<i>Capreolus capreolus</i>	Corzo
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Chotacabras gris
<i>Cervus elaphus</i>	Ciervo
<i>Chalcides bedriagai</i>	Eslizón ibérico
<i>Chondostroma polylepis</i>	Boga
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigüeña blanca
<i>Ciconia nigra</i>	Cigüeña negra
<i>Circaetus gallicus</i>	Águila culebrera
<i>Circus aeruginosus</i>	Aguilucho lagunero
<i>Circus pygargus</i>	Aguilucho cenizo
<i>Circus ssp.</i>	Aguiluchos
<i>Cisticola juncidis</i>	Buitrón
<i>Cobitis calderoni</i>	Colmilleja
<i>Coluber hippocrepis</i>	Culebra de herradura
<i>Columba palumbus</i>	Torcaz
<i>Coracias garrulus</i>	Carraca
<i>Corvus monedula</i>	Grajilla
<i>Coturnix coturnix</i>	Codorniz
<i>Cuculus canorus</i>	Cuco
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa
<i>Cyrcus cyaneus</i>	Aguilucho pálido
<i>Discoglossus galganoi</i>	Sapillo pintojo ibérico
<i>Elaphe scalaris</i>	Culebra de escalera
<i>Emberiza schoeniclus</i>	Escribano palustre
<i>Emys orbicularis</i>	Galápago europeo
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino
<i>Falco tinniculus</i>	Cernícalo
<i>Felis lynx</i>	Lince
<i>Felis silvestris</i>	Gato montés
<i>Fulica atra</i>	Focha común
<i>Gallinago gallinago</i>	Agachadiza común
<i>Gallinula chloropus</i>	Polla de agua
<i>Genetta genetta</i>	Gineta
<i>Grus grus</i>	Grulla
<i>Gyps fulvus</i>	Buitre leonado
<i>Herpestes ichneumon</i>	Meloncillo
<i>Hieraetus fasciatus</i>	Águila perdicera
<i>Hieratus pennatus</i>	Águila calzada
<i>Hyla arborea</i>	Rana común
<i>Hyla meridionalis</i>	Ranita meridional
<i>Lacerta lepida</i>	Lagarto ocelado
<i>Lacerta schreiberi</i>	Lagarto verdinegro
<i>Lagopus scoticus</i>	Perdiz roja
<i>Lampetra planeri</i>	Lampreilla
<i>Lepisosteus osseus</i>	Lucio
<i>Lepus capensis</i>	Liebre
<i>Limosa limosa</i>	Aguja colinegra
<i>Locustella luscinioides</i>	Buscarla unicolor
<i>Lutra lutra</i>	Nutria
<i>Malpolon monspesselanus</i>	Culebra bastarda

Nombre científico	Nombre común
<i>Martes foina</i>	Garduña
<i>Mauremys leprosa</i>	Galápago leproso
<i>Meles meles</i>	Tejón
<i>Milvus migrans</i>	Milano negro
<i>Milvus milvus</i>	Milano real
<i>Mustela nivalis</i>	Comadreja
<i>Mustela putorius</i>	Turón
<i>Natrix maura</i>	Culebra acuática viperina
<i>Natrix natrix</i>	Culebra acuática de collar
<i>Neophron percnopterus</i>	Alimoche
<i>Netta rufina</i>	Pato colorado
<i>Numenius arquata</i>	Zarapito real
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Martinete
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Collalba rubia
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Collalba gris
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo
<i>Otis tarda</i>	Avutarda
<i>Otis tetrax</i>	Sisón
<i>Ovis musimon</i>	Muflón
<i>Oxyura leucocephala</i>	Malvasia común
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora
<i>Pelobates cultripes</i>	Sapo de espuelas
<i>Philomachus pugnax</i>	Combatiente
<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamenco
<i>Plegadis falcinellus</i>	Morito
<i>Pluvialis apricaria</i>	Chorlito dorado
<i>Podiceps caspicus</i>	Zampullín cuellinegro
<i>Podraxis hispanica</i>	Lagartija ibérica
<i>Prunella modularis</i>	Acentor común
<i>Psammodromus algirus</i>	Lagartija colilarga
<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	Chova piquirroja
<i>Ragretta garzetta</i>	Garzeta común
<i>Rana perezi</i>	Rana Común
<i>Rutilus alburnoides</i>	Calandino
<i>Rutilus emmingii</i>	Pardilla
<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandra
<i>Sitta europaea</i>	Trepador azul
<i>Sus scrofa</i>	Jabalí
<i>Tarentola mauritanica</i>	Salamanquesa común
<i>Tringa totanus</i>	Archibebe común
<i>Triturus ssp.</i>	Tritón verdinegro
<i>Vanellus vanellus</i>	Avefría
<i>Vipera</i>	Víbora
<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro

Tabla 10. Especies animales



## 8. REFERENCIAS

- Aragüés, R., D. Quílez, I. Ramírez, Riego, calidad del agua y calidad del suelo: la cuenca del Ebro como caso de estudio. Incluido en *Las Aguas Subterráneas en las Cuencas del Ebro, Júcar e Internas de Cataluña y su papel en la planificación hidrológica*. Jornadas de la AIH. Lérida. 1996.
- Bolea Foradada, J.A., *Los riegos de Aragón*. Ed. Grupo Parlamentario Aragonés Regionalista de las Cortes de Aragón. 2ª ed., 1986.
- CEDEX, *Caudales de mantenimiento*. 1999.
- CEDEX, *Reconocimiento limnológico del embalse de Cuevas de Almanzora (Almería)*. Informe para la DGOH (MOPTMA), 1996.
- CHG, *Microcontaminantes en el Agua de las Unidades Hidrogeológicas 04.04 Mancha Occidental y 04.06 Campo de Montiel*. Confederación Hidrográfica del Guadiana, 1994.
- de los Ríos Romero, F., *Cuarenta años de testimonio público por las gentes del campo*, Ed. Cátedra de hidrogeología. Universidad de Zaragoza, 1990.
- Dirección General de Salud Pública, *Calidad de las aguas de baño en España. Informes de síntesis*, años 1990-1998, Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Doadrio, I., B. Elvira, & Y. Bernat, *Peces Continentales Españoles. Inventario y Clasificación de las Zonas Fluviales*. ICONA, Colección Técnica. Madrid, 1991.
- Dolz, J., Gómez, M. y J. Nieto, *El Ebro en el Delta*. Revista de Obras Públicas. Nº 3.368. Año 144. Pág 6 a 14. Septiembre 1997.
- Elvira, B., Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biological Conservation*, 72: 129-136. 1995.
- Elvira, B., G.G. Nicola, A. Almodóvar. *Sistemas de paso para peces en presas*. Monografías del CEDEX, 1998.
- Elvira, B., Impacto y control de los peces exóticos introducidos en España. Resúmenes del Congreso sobre Conservación, Recuperación y Gestión de la Ictiofauna Continental Ibérica. *Publicaciones de la estación de Ecología Acuática de Sevilla*. 139-151. 1997.
- Elvira, B., Taxonomic revision of the genus *Chondrostoma* Agassiz, 1835 (Pisces, Cyprinidae). *Cybium*, 11 (2): 111-140. 1987.
- Fernández-Delgado, C., Proyectos de gestión de ictiofauna continental en Andalucía. *Publicaciones de la estación de Ecología Acuática de Sevilla*. 153-164. 1997.
- García de Jalón, D., M. González del Tánago, C. Casado. Ecology of regulated stream of Spain: an overview. *Limnética*, 8: 161-166. 1992.
- Gaviria, M., y E. Grilló, vol. recopilatorio *Zaragoza contra Aragón*. Los Libros de la Frontera. Col. Realidad Geográfica. Barcelona, 1974.
- Guillén, J. y A. Palanques, *Sediment dynamics and hydrodynamics in the lower course of a river highly regulated by dams: the Ebro river*. *Sedimentology*, 39, 567-579

- Ibañez, C. *Dinámica hidrológica y funcionamiento ecológico del tram estuarí del riu Ebre*. Tesis doctoral. Facultad de Biología, Universidad de Barcelona. 1993.
- Ibañez, C., N. Prat, A. Canicio, y A. Curcó, *El delta del Ebro, un sistema amenazado*. Coagret. Bakeaz, Bilbao, 1999.
- Jiménez Díaz, R.M., Concepto de sostenibilidad en agricultura, incl. en *Agricultura Sostenible*, coords. R.M.Jiménez Díaz y J.Lamo de Espinosa, ed. Mundiprensa, Madrid, 1998.
- Martín-Retortillo, S., L. Martín Rebollo, J. Bermejo Vera, L. Martín-Retortillo, *Aspectos jurídicos del trasvase del Ebro*, Caja de Ahorros de La Inmaculada, Zaragoza, 1975.
- Mas, J., La ictiofauna continental de la cuenca del río Segura, evolución histórica y estado actual. *Anales de Biología*, 8: 3-17. 1986.
- Meador, M. R., Inter-basin Water Transfer: Ecological Concerns. *Fisheries*, 17 (2): 17-22. 1992.
- Meador, M. R., Water Transfer Projects and the Role of Fisheries Biologists. *Fisheries*, 21 (9): 18-23. 1996.
- OCDE (Organization for Economic Cooperation and Development), *Eutrophication of water, monitoring, assesment and control*,. OECD, Paris. 1982.
- Palao, A., Los mal llamados caudales ecológicos. Bases para una propuesta de cálculo. Revista *OP*, num. 28(2), pp. 84-95. 1994.
- Parques Nacionales, *Las Tablas de Daimiel. Ecología Acuática y Sociedad*. Ed. Org. Aut. Parques Nacionales, 1996.
- Pinilla, L. 1997. Evolución de la calidad del agua en el tramo inferior del Ebro. *Revista de Obras Públicas*, n 3.368, pgs. 101-112.
- Sanz Rubiales, I., Las evaluaciones ambientales. Algunos aspectos de su régimen jurídico, incl. en *Desarrollo Sostenible y Evaluación Ambiental*, J. Romano (coord). Ed. Ámbito. 2000.
- SEO/BirdLife, *Plan Delta XXI. Directrices para la conservación y el desarrollo sostenible en el Delta del Ebro*, Tarragona, 1997.
- Stevens, D. E., H. K. Chadwick. 1979. Sacramento-San Joaquin estuary-biology and hydrology. *Fisheries* 4 (4): 2-6.
- Torralva, M. M., F. J. Oliva-Paterna, 1987. Primera cita de *Chondrostoma polylepis* Steindachner, 1865 (Ostariophysi, Cyprinidae) en la cuenca del río Segura, S. E. de España. *Limnetica*, 13 (1): 1-3. 1987.