



***Plan Hidrológico de la parte
española de la demarcación
hidrográfica del Duero.
2015-2021***

Anejo 8.2 Valoración del estado de las masas de agua



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL DUERO

***PLAN HIDROLÓGICO DE LA PARTE ESPAÑOLA DE LA DEMARCACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL DUERO (2015-2021)***

PROYECTO DE PLAN HIDROLÓGICO DE CUENCA

ANEJO 8.2 VALORACIÓN DE ESTADO

Valladolid, diciembre de 2015

DATOS DE CONTROL DEL DOCUMENTO:

Título del proyecto:	Plan Hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero (2015-2021)
Grupo de trabajo:	Planificación
Título del documento:	Anejo 8.2 Valoración de Estado
Descripción	
Fecha de inicio (año/mes/día)	2014/12/02
Autor	Jaime Cortes Gonzalez, Pilar Mucientes Herrero (TRAGSATEC)
Contribuciones	Francisco Díaz Garrido, Gloria Martín García, Virginia Gallardo Vigo

REGISTRO DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO

Fecha cambio (año/mes/día)	Autor de los cambios	Secciones afectadas / Observaciones
2014/12/16	Jaime Cortés	Cambios en el índice de explotación y tendencia piezométrica.
2015/07/15	Jaime Cortés	Cambios generales aguas subterráneas
2015/07/29	Jaime Cortés	Revisión general
2015/07/29	Javier Fernández	Revisión general
2015/07/29	Jaime Cortés	Revisión general

APROBACIÓN DEL DOCUMENTO

Fecha de aprobación (año/mes/día)	2015/07/29
Responsable de aprobación	Ángel González Santos

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	13
2. BASE NORMATIVA	15
2.1. Ley de Aguas	15
2.2. Reglamento de Planificación Hidrológica	15
2.3. Instrucción de Planificación Hidrológica.....	15
3. CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES.....	17
3.1. Estado o potencial ecológico.....	17
3.1.1. <i>Condiciones de referencia y tipos de masas de agua superficial</i>	18
3.1.2. <i>Evaluación del estado ecológico en ríos naturales</i>	23
3.1.2.1. Indicadores biológicos.....	24
3.1.2.2. Indicadores físico-químicos	26
3.1.2.3. Indicadores hidromorfológicos.....	31
3.1.3. <i>Evaluación del potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos</i> 35	
3.1.3.1. Indicadores biológicos.....	37
3.1.3.2. Indicadores físico-químicos	37
3.1.3.3. Indicadores hidromorfológicos.....	38
3.1.4. <i>Evaluación del estado ecológico en lagos naturales</i>	39
3.1.4.1. Indicadores biológicos.....	39
3.1.4.2. Indicadores físico-químicos	41
3.1.4.3. Indicadores hidromorfológicos.....	42
3.1.5. <i>Evaluación del potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses)</i>	42
3.1.5.1. Indicadores biológicos.....	43
3.1.5.2. Indicadores físico-químicos	45
3.1.5.3. Indicadores hidromorfológicos.....	45
3.2. Estado químico	46
4. CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS.....	49
4.1. Estado cuantitativo.....	49
4.2. Estado químico	49
5. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES	55
5.1. Estado o potencial ecológico.....	55
5.2. Estado químico	59
5.3. Estado general.....	62
6. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	71
6.1. Estado cuantitativo.....	71
6.1.1. <i>Test de evaluación del índice de explotación y tendencias piezométricas</i>	71

6.1.2.	<i>Test de evaluación respecto a la existencia de alteraciones antropogénicas que impidan alcanzar los objetivos de las masas superficiales asociadas y daños significativos a los ecosistemas terrestres dependientes.....</i>	88
6.1.3.	<i>Test de evaluación alteraciones de flujo que genere salinización u otras intrusiones.....</i>	93
6.1.4.	<i>Evaluación final del estado cuantitativo.....</i>	93
6.2.	Estado químico	95
6.2.1.	<i>Evaluación del estado químico general de la masa</i>	97
6.2.2.	<i>Evaluación del estado químico por salinización de las masas</i>	102
6.2.3.	<i>Evaluación del estado químico por disminución significativa de la calidad química y ecológica de las masas asociadas de aguas superficiales y ecosistemas terrestres dependientes</i>	103
6.2.4.	<i>Evaluación final del estado químico</i>	104
6.3.	Estado general	105

APÉNDICE I. INDICADORES DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL

APÉNDICE II. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL

APÉNDICE III. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

APÉNDICE IV. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES DE LA CATEGORÍA RÍO

APÉNDICE V. VALORACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO A PARTIR DE LOS PECES

APÉNDICE VI. BORRADOR DE INFORME SOBRE LA INTERPOLACIÓN DEL IBMWP E IPS EN LOS TIPOS DE MASAS DE AGUA EN LOS QUE NO SE DISPONE DE INFORMACIÓN DE ESTACIONES DE REFERENCIA

APÉNDICE VII. PROTOCOLOS DE MUESTREO, LABORATORIO Y CÁLCULO DE ÍNDICES

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de masas de agua río natural.	19
Tabla 2. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.	20
Tabla 3. Tipos de masas de agua lago natural.	21
Tabla 4. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses)...	22
Tabla 5. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en ríos (Fuente: IPH).	25
Tabla 6. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en ríos utilizados por la CHD.	25
Tabla 7. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IPS en ríos naturales (Fuente: Borrador de Informe sobre la Interpolación del IBMWP e IPS, Mayo 2009).	26
Tabla 8. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IBMWP en ríos naturales (Fuente: Borrador de Informe sobre la Interpolación del IBMWP e IPS, Mayo 2009).	26
Tabla 9. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en ríos (Fuente: IPH).	27
Tabla 10. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en ríos utilizados por la CHD.	27
Tabla 11. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador oxígeno disuelto (mg/l) en ríos naturales (Fuente: IPH).	28
Tabla 12. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en ríos naturales (Fuente: IPH).	28
Tabla 13. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador pH en ríos naturales (Fuente: IPH).	29
Tabla 14. Límites para el buen estado de algunos indicadores fisicoquímicos de los ríos (Fuente: IPH).	29
Tabla 15. Límites para establecer el buen estado de contaminantes específicos en ríos naturales (Fuente: Anexo II del RD 60/2011).	30
Tabla 16. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos (Fuente: IPH).	31
Tabla 17. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos utilizados por la CHD.	31
Tabla 18. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador QBR en ríos naturales (Fuente: IPH).	32
Tabla 19. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IHF en ríos naturales (Fuente: IPH).	32
Tabla 20. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IAH en ríos naturales (Fuente: CHD).	33
Tabla 21. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IC en ríos naturales (Fuente: CHD).	33
Tabla 22. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador ICLAT en ríos naturales (Fuente: CHD).	34
Tabla 23. Elementos de calidad en la evaluación del Estado Ecológico y disponibilidad de método.	35
Tabla 24. Elementos de calidad en la evaluación del Estado Ecológico y disponibilidad de método.	38
Tabla 25. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en lagos (Fuente: IPH).	39
Tabla 26. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en lagos utilizados por la CHD.	40
Tabla 27. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador QAELS en lagos naturales (Fuente: CHD).	40
Tabla 28. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en lagos (Fuente: IPH).	41
Tabla 29. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en lagos utilizados por la CHD.	42

Tabla 30. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en lagos (Fuente: IPH).....	42
Tabla 31. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en embalses (Fuente: IPH).	43
Tabla 32. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador Clorofila-a (mg/m3) en embalses (Fuente: IPH).....	43
Tabla 33. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador biovolumen (mm3/L) en embalses (Fuente: IPH).	44
Tabla 34. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador porcentaje de cianobacterias en embalses (Fuente: IPH).	44
Tabla 35. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador IGA en embalses (Fuente: IPH).	44
Tabla 36. Marcas de clase del indicador de fitoplancton.	45
Tabla 37. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en embalses (Fuente: IPH).....	45
Tabla 38. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en embalses utilizados por la CHD.	45
Tabla 39. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en embalses (Fuente: IPH).....	46
Tabla 40. Límites para establecer el buen estado químico (Fuente: Anexo I del RD 60/2011).	47
Tabla 41. Valores umbral establecidos en las masas de agua subterránea.	51
Tabla 42. Resultados de estado ecológico en ríos naturales.	55
Tabla 43. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.	56
Tabla 44. Resultados de estado ecológico en lagos naturales.	57
Tabla 45. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses).....	58
Tabla 46. Resultados de estado químico en ríos naturales.	59
Tabla 47. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.	60
Tabla 48. Resultados de estado químico en lagos naturales.	61
Tabla 49. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses).	62
Tabla 50. Resultados de estado en ríos naturales.	63
Tabla 51. Resultados de estado en ríos naturales ubicados en zona protegida.	64
Tabla 52. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.	65
Tabla 53. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos ubicadas en zona protegida.	66
Tabla 54. Resultados de estado en lagos naturales.	67
Tabla 55. Resultados de estado en lagos naturales ubicados en zona protegida.	68
Tabla 56. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses).....	69
Tabla 57. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) ubicadas en zona protegida.	70
Tabla 58 Componentes del cálculo del recurso disponible [hm3/año]. Fuente: Elaboración propia	72
Tabla 59. Índice de explotación de las masas de agua subterránea. Fuente: Elaboración propia	74
Tabla 60. Evolución en la piezometría para cada masa de agua subterránea.	78
Tabla 61. Interpretación de las tendencias piezométricas de las masas de agua.	80
Tabla 62. Evaluación del estado cuantitativo respecto a los test de Índice de explotación y tendencias piezométricas	87

Tabla 63. Zonas protegidas relacionadas con masas en masas con descensos piezométricos.	90
Tabla 64. Evaluación del estado cuantitativo respecto a los objetivos medioambientales superficiales y ecosistemas terrestres.	91
Tabla 65. Evaluación del estado cuantitativo respecto a procesos de salinización.	93
Tabla 66. Evaluación del estado cuantitativo general.	94
Tabla 67. Presentación de resultados del estado químico de las masas de agua subterránea.	97
Tabla 68 Mediciones con exceso en plaguicidas. Fuente: CHD.	100
Tabla 69 Resultado del test de evaluación general del estado químico general de la masa y valores umbral. Fuente: CHD.	101
Tabla 70. Resultado del test de salinización.	102
Tabla 71. Valores de los test de evaluación del estado químico respecto a afección a aguas superficiales y ecosistemas terrestres asociados.	104
Tabla 72. Resultado de los Test de evaluación del estado químico.	104
Tabla 73. Causas del mal estado químico en las masas de agua subterránea.	105
Tabla 74. Evaluación global del estado de las masas de agua subterránea.	106
Tabla 75. Presentación de resultados del estado de las masas de agua subterránea.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Información sobre el estado de las masas de agua accesible a través de Mírame-IDEDuero.	18
Para la asignación de ecotipos, tras un estudio previo por masa de agua se ha utilizado la clasificación recogida en las tablas de tipos que figuran en la IPH. Los tipos de ríos naturales se han extraído de la tabla 1 de la IPH, los tipos de lagos se han extraído de la tabla 2 de la IPH y los tipos de masas de agua muy modificadas y artificiales asimilables a embalses se han extraído de la tabla 5 de la IPH. La clasificación en tipos de las masas de agua muy modificadas asimilables a ríos se ha llevado a cabo de conformidad con los descriptores correspondientes a la categoría de aguas superficiales a la que más se parezcan, basándose en la tabla 1 de la IPH. Las 3 masas de agua artificiales asimilables a río se han asemejado al ecotipo 15 de la tabla 1 de la IPH, entendiéndose que los canales definidos como masas artificiales en la demarcación del Duero guardan ciertas semejanzas con las masas catalogadas como ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados en nuestra cuenca. A continuación se recogen los ecotipos de las masas de agua pertenecientes a las diferentes categorías en la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero. Figura 2. Tipos de masas de agua río (Fuente: CHD).	18
Figura 3. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).	20
Figura 4. Tipos de masas de agua lago natural (Fuente: CHD).	21
Figura 5. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).	22
Figura 6. Esquema de clasificación del estado ecológico en ríos naturales.	24
Figura 7. Esquema de clasificación del potencial ecológico en masas de agua artificiales asimilables a ríos.	36
Figura 8. Esquema de clasificación del potencial ecológico en masas de agua muy modificadas asimilables a ríos.	37
Figura 9. Esquema de clasificación del estado ecológico en lagos naturales.	39
Figura 10. Esquema sintético de la metodología de valoración del potencial ecológico en masas de agua artificiales o muy modificadas.	43
Figura 11. Esquema de clasificación del estado químico en masas de agua superficiales.	46
Figura 12. Test de evaluación general del estado químico de toda la masa de agua subterránea.	52
Figura 13. Test de evaluación de intrusiones y salinizaciones.	53
Figura 14. Test de disminución significativa de la calidad ecológica o química de las masas superficiales asociadas.	54

Figura 15. Test de afección a ecosistemas terrestres asociados.	54
Figura 16. Resultados de estado ecológico en ríos naturales (Fuente: CHD).	55
Figura 17. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).	56
Figura 18. Resultados de estado ecológico en lagos naturales (Fuente: CHD).	57
Figura 19. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).	58
Figura 20. Resultados de estado químico en ríos naturales (Fuente: CHD).	59
Figura 21. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).	60
Figura 22. Resultados de estado químico en lagos naturales (Fuente: CHD).	61
Figura 23. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).	62
Figura 24. Resultados de estado en ríos naturales (Fuente: CHD).	63
Figura 25. Resultados de estado en ríos naturales ubicados en zona protegida. (Fuente: CHD).	64
Figura 26. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).	65
Figura 27. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos ubicadas en zona protegida. (Fuente: CHD).	66
Figura 28. Resultados de estado en lagos naturales (Fuente: CHD).	67
Figura 29. Resultados de estado en lagos naturales ubicados en zona protegida. (Fuente: CHD).	68
Figura 30. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).	69
Figura 31. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) ubicadas en zona protegida. (Fuente: CHD).	70
Figura 32. Índice de explotación de la masa o grupo de masas de agua subterránea.	77
Figura 33. Mapa de la distribución del recurso natural disponible por masa de agua.	78
Figura 34. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea	80
Figura 35. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400009 Tierra de Campos 82	82
Figura 36. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400038 Tordesillas 82	82
Figura 37. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400043 Páramo de Cuéllar 83	83
Figura 38. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400045 Los Arenales 83	83
Figura 39. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400047 Medina del Campo 84	84
Figura 40. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400048 Tierra del Vino 84	84
Figura 41. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400052 Salamanca 85	85
Figura 42. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400055 Cantimpalos 85	85
Figura 43. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400067 Terciario detrítico bajo los páramos 86	86
Figura 44 Registros piezométricos zona central. Fuente: CHD.	86
Figura 45. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea en función de los test de índice de explotación y piezometría 88	88
Figura 46. Masas superficiales con fallo en IAH sobre las que se realiza estudio de afección subterránea.. 89	89
Figura 47. Masas superficiales con fallo caudal ecológico.	90
Figura 48. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea respecto a los objetivos medioambientales superficiales.	93
Figura 49. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea 94	94
Figura 50. Mapa de estado químico de las masas de agua subterránea. Horizonte superior.	96

Figura 51. Mapa de estado químico de las masas de agua subterránea. Horizonte inferior o general.	96
Figura 52. Mapa de cumplimiento o incumplimiento de buen estado químico según la concentración de nitratos.	97
Figura 53 Balance de nitrógeno por hectárea. Fuente PATRICAL (2011).....	98
Figura 54 Evolución de la concentración promedio de amonio/nitrato en la masa Medina del Campo. Fuente: Elaboración propia.	99
Figura 55. Mapa de cumplimiento o incumplimiento de buen estado químico según la concentración de plaguicidas.....	99
Figura 56. Mapa de cumplimiento o incumplimiento de buen estado químico según la concentración de otros contaminantes: amonio.	100
Figura 57 Conductividad eléctrica en masas con índice de explotación elevado. Fuente: CHD.	102
Figura 58. Relación entre masas superficiales y subterráneas afectadas por nutrientes. Fuente CHD.	103
Figura 59. Mapa de estado de las masas de agua subterránea	106

ABREVIATURAS USADAS EN EL DOCUMENTO

AEAS	Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento.
AGUA	Programa promovido por el MMA dirigido a la materialización de Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua.
BOCyL	Boletín Oficial de Castilla y León
BOE	Boletín Oficial del Estado
CCAA	Comunidades autónomas del estado español
CE	Comisión Europea
CEE	Comunidad Económica Europea
CHD	Confederación Hidrográfica del Duero
DG	Dirección General
DGA	Dirección General del Agua del MMA
DHD	Demarcación Hidrográfica del Duero
DI	Documento Inicial en el proceso de EAE
DMA	Directiva Marco del Agua. Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política del agua
DOCE	Diario Oficial de la Comunidad Europea
DR	Documento de Referencia en el proceso de EAE
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EELL	Entes Locales
ENP	Espacios Naturales Protegidos
ET	Escenario tendencial o alternativa “0”
IBA	Área de importancia para las aves
ISA	Informe de Sostenibilidad Ambiental
IPCC	Panel Intergubernamental en el Cambio Climático
JE	Junta de explotación
LBA	Libro Blanco del Agua
LIC	Lugar de Interés Comunitario. Directiva Hábitat (92/43/CEE)
MA	Memoria Ambiental en el proceso de EAE
MAB	Programa Hombre y Biosfera, de la UNESCO
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
OM	Orden Ministerial
PES	Plan Especial de actuación ante situaciones de alerta y eventual Sequía
PH	Plan hidrológico
PHD	Plan hidrológico de la cuenca del Duero
PHN	Plan Hidrológico Nacional
RAPA	Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica
RDPH	Reglamento del Dominio Público Hidráulico
SGPyUSA	Subdirección General de Planificación y Uso Sostenible del Agua, de la DGA del MMA

SPI	Índice de Precipitación Estandarizado, de Mckee y otros (1993)
TRLA	Texto Refundido de la Ley de Aguas. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, con las modificaciones de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y de orden social.
ZEPA	Zona de Especial Protección para las Aves

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Históricamente, se ha considerado al agua como un recurso con una mejor o peor calidad para satisfacer determinados usos, en función de los resultados obtenidos en la medición de algunos parámetros fisicoquímicos.

La Directiva Marco del Agua introduce el concepto de estado de las aguas, que amplía este enfoque de manera sustancial, otorgando al agua un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas hídricos, e integrando aspectos biológicos e hidromorfológicos, además de ampliar los parámetros físico-químicos tradicionalmente considerados. En el caso de las aguas subterráneas, se valora la cantidad de recurso disponible, y su estado químico, que puede tener repercusiones en la calidad ecológica de las aguas superficiales y de los ecosistemas terrestres asociados.

El estado de una masa de agua se define como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales. El estado puede clasificarse como “bueno o mejor” o “peor que bueno”, y se obtiene de forma diferente en las aguas superficiales que en las subterráneas:

- El estado de las masas de agua superficiales naturales está determinado por el peor valor de su estado ecológico y de su estado químico (artículo 26.1 del RPH). En el caso de las masas de agua superficial muy modificadas y de las masas de agua artificiales, el estado está determinado por el peor valor de su potencial ecológico y de su estado químico.
- El estado de las masas de agua subterráneas está determinado por el peor valor de su estado cuantitativo y de su estado químico (artículo 32.1 del RPH).

Uno de los principales objetivos de la planificación hidrológica es conseguir el buen estado de las aguas (artículo 1.1 del RPH):

- En las masas de agua superficiales, el estado “bueno o mejor” se alcanzará cuando tanto su estado (o potencial) ecológico como su estado químico sean, al menos, buenos.
- En las masas de agua subterráneas, el estado “bueno o mejor” se alcanzará cuando tanto su estado cuantitativo como su estado químico sean, al menos, buenos.

Por tanto, la consecución del buen estado en las masas de agua superficial requiere alcanzar un buen estado (o potencial) ecológico y un buen estado químico, mientras que en las masas de agua subterráneas requiere alcanzar un buen estado cuantitativo y un buen estado químico. En cualquier otra combinación de estados ecológico y químico, el estado de la masa de agua superficial se evalúa como “peor que bueno”; y en cualquier otra combinación de estados cuantitativo y químico, el estado de la masa de agua subterránea se evalúa como “peor que bueno”. En el caso de que no se alcance el buen estado, se deberán poner en marcha medidas específicas para su consecución.

Los objetivos medioambientales que se deben alcanzar para conseguir una adecuada protección de las aguas incluyen, entre otros, prevenir el deterioro del estado de las masas de agua superficial y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua subterránea. En el caso de las aguas superficiales, se considerará que se ha producido un deterioro cuando la clasificación del estado ecológico o del estado químico de la masa de agua pase de una clase a otra clase en peor situación. Incluso debe considerarse también que se ha producido un deterioro cuando alguno de los elementos de calidad disminuye de clase, aunque el mismo no sea el determinante del estado de la masa. Además se considera que ha existido un deterioro de la masa de agua inicialmente clasificada como que no alcanza el buen estado químico, si se produce el incumplimiento de normas de calidad ambiental diferentes a las que motivaron la clasificación inicial.

Teniendo en cuenta lo anterior, la valoración del estado se convierte en una herramienta fundamental para dirigir los trabajos de planificación hidrológica, pues proporciona la información de partida necesaria sobre las masas de agua que alcanzan los objetivos y las masas de agua que no los alcanzan, orientan la definición de objetivos para el año horizonte, guían la toma de decisiones en la implantación del programa de medidas para corregir la situación de las masas en estado “peor que bueno” y posibilita el control de la evolución temporal y la evaluación de los resultados obtenidos tras la aplicación de las medidas previstas.

Los datos que se utilizan para diagnosticar el estado se obtienen de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua que se describen en el Anejo 8.1, gestionados por el Área de Calidad de las Aguas, dependiente de la Comisaría de Aguas de la CHD.

No se da en la Demarcación ningún caso en el que una masa de agua esté controlada por más de una estación de seguimiento. En caso de que en una misma masa de agua existan varios puntos de control y/o varias medidas anuales para un mismo indicador, se utilizan todos los datos disponibles para calcular el valor medio anual del indicador en la masa, una vez descartados los no representativos.

En la Demarcación del Duero no se han realizado técnicas de agrupación de masas similares para su control y seguimiento, por consiguiente no se incluye en el presente anejo una metodología de extrapolación de mediciones adscrita a esta práctica. El objeto de este anejo es ofrecer una visión general de los criterios aplicados por la CHD para la valoración del estado de las masas de agua superficiales y subterráneas, y presentar los resultados de estado de los que partimos en este ciclo de planificación, tomando como

referencia los registros del año 2013 y aplicado sobre las masas y tipologías actualizadas del horizonte de planificación.

Para la evaluación del estado que se presenta en este capítulo se han utilizado los indicadores, las condiciones de referencia y los límites de cambio de clase de estado o potencial que se recogen en la parte normativa del Plan Hidrológico.

2. BASE NORMATIVA

Como se ha mencionado previamente, el concepto de estado fue introducido con la aprobación de la Directiva 2000/60/CE, más conocida como Directiva Marco del Agua. En el Anexo V de esta Directiva desarrolla los contenidos relativos al estado de las aguas superficiales y subterráneas que han sido transpuestos al ordenamiento jurídico a nivel nacional.

De esta forma, el marco normativo para la valoración del estado en el ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Duero viene definido por el Texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA) y el Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH). Además, la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) detalla los contenidos de la normativa de rango superior y define la metodología para su aplicación.

Este capítulo presenta un breve resumen de los contenidos de estos documentos en lo que se refiere a la valoración del estado.

2.1. Ley de Aguas

El texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA) señala en su artículo 40 los objetivos de la planificación hidrológica, entre los que se incluye la consecución del buen estado.

El artículo 92 ter incorpora también una breve mención al estado, indicando que en relación con los objetivos de protección se distinguirán diferentes estados o potenciales en las masas de agua, debiendo diferenciarse al menos entre las aguas superficiales, las aguas subterráneas y las masas de agua artificiales y muy modificadas.

2.2. Reglamento de Planificación Hidrológica

El Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH), aprobado mediante el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, en su artículo 3, recoge las definiciones de estado de las aguas superficiales, estado de las aguas subterráneas, estado ecológico, buen estado ecológico, muy buen estado ecológico, potencial ecológico, buen potencial ecológico, máximo potencial ecológico, estado cuantitativo de las aguas subterráneas, buen estado cuantitativo de las aguas subterráneas, buen estado químico de las aguas superficiales y buen estado químico de las aguas subterráneas.

Además, cabe destacar su Sección 5ª, donde se establecen las directrices para la evaluación del estado de las aguas, dentro de los siguientes contenidos:

- Elementos de calidad para la clasificación del estado ecológico de los ríos y los lagos (artículos 27 y 28).
- Clasificación, evaluación y presentación del estado de las aguas superficiales (artículos 26 y 31).
- Clasificación, evaluación y presentación del estado de las aguas subterráneas (artículos 32 y 33).

Las definiciones normativas de las clasificaciones del estado ecológico están incluidas dentro de su Anexo V.

2.3. Instrucción de Planificación Hidrológica

La ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) recoge y desarrolla los contenidos del Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH) y del Texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA).

En ella se detallan los procedimientos a seguir en este anejo, pues contiene un apartado específico sobre el estado de las aguas. En ese apartado, por un lado, se detallan los indicadores de los elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos para la determinación del estado o potencial ecológico en ríos y lagos naturales y en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos y a lagos, así como los criterios para la clasificación del estado químico y del estado general en las masas de agua superficiales. Por otro lado, incluye el procedimiento y criterios para la clasificación y evaluación del estado cuantitativo y químico de las aguas subterráneas. También se consideran relevantes en esta norma ciertas cuestiones relativas a la presentación de los resultados obtenidos en la evaluación del estado.

Finalmente, resulta de interés su Anexo III, que incluye las condiciones de referencia y límites de cambio de clase para la evaluación del estado ecológico.

3. CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES

El estado de las masas de agua superficiales queda determinado por el peor valor de su estado o potencial ecológico y de su estado químico. En función de ello, el diagnóstico de estado general de una masa de agua superficial podrá ser bueno o mejor o peor que bueno.

Para clasificar el estado o potencial ecológico de las masas de agua superficiales se utilizan indicadores biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos. Dicho estado o potencial ecológico podrá clasificarse como muy bueno o máximo, bueno, moderado, deficiente o malo.

Para clasificar el estado químico de las masas de agua superficiales se utilizan únicamente indicadores de tipo físico-químico, pues lo que se evalúa es el cumplimiento de las normas de calidad ambiental establecidas para sustancias prioritarias y otros contaminantes en el anexo I del RD 60/2011. Dicho estado químico podrá clasificarse como bueno o que no alcanza el bueno.

3.1. Estado o potencial ecológico

El estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales. El estado ecológico de las masas de agua naturales se puede clasificar como muy bueno, bueno, moderado, deficiente o malo.

En el caso de las masas de agua artificiales o muy modificadas, donde no es posible alcanzar un buen estado ecológico, se determina su potencial ecológico, que se puede clasificar como máximo, bueno, moderado, deficiente o malo.

La clasificación del estado o potencial ecológico de las masas de agua superficiales se basa en los indicadores de los elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos establecidos en el punto 5 de la IPH. No obstante, de entre todos ellos, la Confederación Hidrográfica del Duero selecciona aquellos que considera que ofrecen ciertas garantías por disponer de protocolos de muestreo, métricas y condiciones de referencia oficiales. Por otro lado, la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHD, ha establecido algunos indicadores adicionales específicos para los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos, que se justificarán y detallarán más adelante.

La clasificación del estado o potencial ecológico de una masa de agua se determina por el peor valor obtenido para cada uno de los elementos de calidad evaluados (biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos) por separado.

Los indicadores de los elementos de calidad biológicos pueden condicionar la clasificación del estado o potencial ecológico en cualquiera de las 5 clases definidas (muy bueno o máximo, bueno, moderado, deficiente y malo). Por su parte, los indicadores de los elementos de calidad físico-químicos y de los elementos de calidad hidromorfológicos definidos por la Confederación Hidrográfica del Duero, son capaces de diferenciar entre las clases muy bueno o máximo, bueno y moderado. Por último, los indicadores hidromorfológicos para ríos recogidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica únicamente pueden discriminar entre las clases de estado ecológico muy bueno y bueno (no se miden en masas de agua artificiales o muy modificadas). En consecuencia, cuando la valoración de los indicadores de los elementos de calidad biológicos arroja un estado o potencial ecológico moderado, deficiente o malo, el resto de indicadores no van a condicionar el resultado final.

Esto supone que para que una masa de agua superficial alcance el buen estado o potencial ecológico, se debe cumplir simultáneamente que los valores de los indicadores de los elementos de calidad biológicos, de los elementos de calidad físico-químicos, y en el caso de ríos también de los elementos de calidad hidromorfológicos definidos por la Confederación Hidrográfica del Duero, alcancen al menos el umbral de corte entre las clases bueno y moderado.

Interesa completar la información sobre la clasificación del estado o potencial ecológico de las masas de agua con una indicación de la incertidumbre que acompaña cada determinación. Se trata además de un requisito establecido en el apartado 5.1.2.1 de la IPH. La CHD ha tratado de aportar esta información estimando el nivel de confianza asociado a cada resultado de estado o potencial ecológico obtenido. Para asignar el nivel de confianza se han establecido protocolos que realizan un análisis cualitativo de la información disponible para cada masa de agua. Así, a cada dato se le asigna un determinado nivel de confianza (0: sin información, 1: confianza baja, 2: confianza media y 3: confianza alta). Esta información asociada a cada determinación del estado o potencial ecológico, ha sido almacenada y puesta a disposición pública en el sistema de información MÍRAME-IDEDuero de la Confederación Hidrográfica del Duero.

Figura 1. Información sobre el estado de las masas de agua accesible a través de Mírame-IDEDuero

The screenshot shows the Mírame-IDEDuero web interface. The main content area displays the following information for the selected water mass:

- Masa Río - 27 - Río Porma desde confluencia arroyo de Oville hasta confluencia arroyo Val Juncosa, y arroyos del Arbejal, Solayomba y Val Juncosa**
- Naturaleza:** 4 - Natural, candidata a muy modificada
- Ecotipo:** 25 - Ríos de montaña húmeda silíceas
- Año:** 2013

Below this, there are navigation tabs for the years 2009 through 2020. The 2013 tab is selected, showing the following data:

- Estado global:** 2009 (red), 2010 (red), 2011 (red), 2012 (red), 2013 (blue), 2014 (grey), 2015 (grey), 2016 (grey), 2017 (grey), 2018 (grey), 2019 (grey), 2020 (grey)
- Estado ecológico:** 2009 (yellow), 2010 (yellow), 2011 (yellow), 2012 (yellow), 2013 (green), 2014 (grey), 2015 (grey), 2016 (grey), 2017 (grey), 2018 (grey), 2019 (grey), 2020 (grey)
- Estado químico:** 2009 (blue), 2010 (blue), 2011 (blue), 2012 (blue), 2013 (blue), 2014 (grey), 2015 (grey), 2016 (grey), 2017 (grey), 2018 (grey), 2019 (grey), 2020 (grey)

The main section for the year 2013 is titled "AÑO 2013" and contains the following details:

- Estado final de la masa de agua:** 2 - Bueno
- Comentarios:** Masa clasificada como muy modificada debido a alteraciones importantes en su régimen hidrológico (IAH) y a problemas de conectividad longitudinal (IC), que hacen referencia a la existencia de presas o azudes que originan problemas de paso para la fauna piscícola.
- Estado ecológico:**
 - Estado ecológico de la masa: 4 - Bueno
 - Asignación definitiva del estado ecológico: 4 - Bueno
 - Fiabilidad: 2-Confianza media
 - Justificación a la asignación definitiva: (empty text area)

En los siguientes apartados se establecen, para las distintas categorías de masas de agua superficial, los indicadores que deben ser utilizados en la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero, así como los valores de condiciones de referencia y de límites de cambio de clase de estado o potencial ecológico. Estos valores coinciden, con carácter general, con los indicados en la Instrucción de Planificación Hidrológica. También se justifica en algunos casos la utilización de indicadores o valores diferentes de los fijados en dicha Instrucción, garantizándose, en todo caso, unos niveles de calidad y comparabilidad adecuados. Asimismo, se completan con nuevas métricas para algunos indicadores correspondientes a algunos elementos de calidad para los que todavía no se ha establecido una normalización general aplicable, homogéneamente, a las cuencas intercomunitarias españolas.

3.1.1. Condiciones de referencia y tipos de masas de agua superficial

El estado ecológico se evalúa comparando los valores de los indicadores biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos registrados en los programas de seguimiento de cada masa de agua con los resultados que obtendrían dichos indicadores en condiciones inalteradas, que se denominan condiciones de referencia.

Las condiciones de referencia reflejan el estado correspondiente a niveles de presión nulos o muy bajos, sin efectos debidos a urbanización, industrialización o agricultura intensiva, y con mínimas modificaciones biológicas, físico-químicas e hidromorfológicas. Esto supone que cuanto mayor sea la diferencia entre los valores obtenidos para los indicadores de los elementos de calidad en la masa de agua y las condiciones de referencia, mayor alteración habrá sufrido esa masa de agua y peor será su estado ecológico.

Por consiguiente, para poder clasificar el estado ecológico de las masas de agua superficiales, es preciso conocer previamente los valores de referencia. En primer lugar, habrá que asignar un ecotipo a la masa de agua que tenga en consideración las particularidades de cada ecosistema, pues no se puede medir de igual manera, ni exigir los mismos niveles de los diferentes indicadores en ríos de zonas calcáreas que en ríos de zonas silíceas, en tramos fluviales del curso alto que en tramos fluviales más bajos, en lagos de origen cárstico que en lagos de origen alpino, etc.

Para la asignación de ecotipos, tras un estudio previo por masa de agua se ha utilizado la clasificación recogida en las tablas de tipos que figuran en la IPH. Los tipos de ríos naturales se han extraído de la tabla 1

de la IPH, los tipos de lagos se han extraído de la tabla 2 de la IPH y los tipos de masas de agua muy modificadas y artificiales asimilables a embalses se han extraído de la tabla 5 de la IPH. La clasificación en tipos de las masas de agua muy modificadas asimilables a ríos se ha llevado a cabo de conformidad con los descriptores correspondientes a la categoría de aguas superficiales a la que más se parezcan, basándose en la tabla 1 de la IPH. Las 3 masas de agua artificiales asimilables a río se han asemejado al ecotipo 15 de la tabla 1 de la IPH, entendiendo que los canales definidos como masas artificiales en la demarcación del Duero guardan ciertas semejanzas con las masas catalogadas como ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados en nuestra cuenca. A continuación se recogen los ecotipos de las masas de agua pertenecientes a las diferentes categorías en la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero. Figura 2. Tipos de masas de agua río (Fuente: CHD).

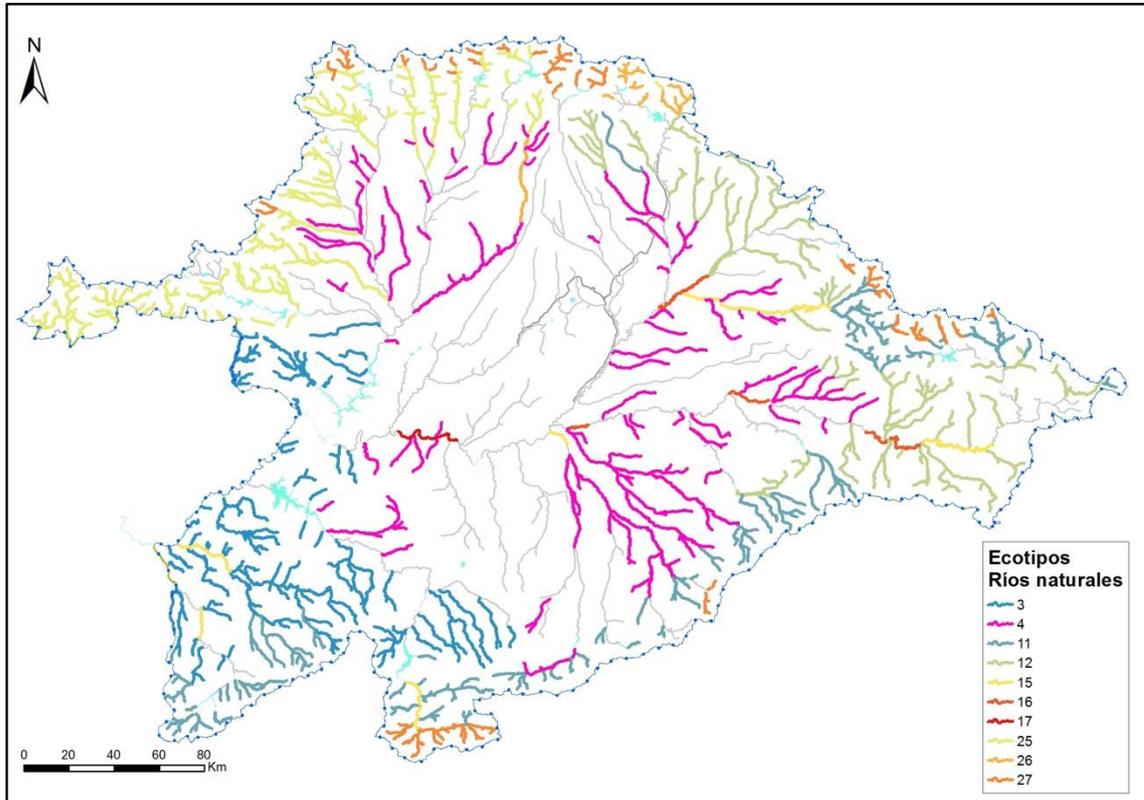


Tabla 1. Tipos de masas de agua río natural.

Nº tipo	Denominación tipo	Nº masas de agua
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la Meseta Norte	79
4	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	99
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	92
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	61
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	8
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	6
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	2
25	Ríos de montaña húmeda silícea	86
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	9
27	Ríos de alta montaña	37
	TOTAL	479

Figura 3. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).

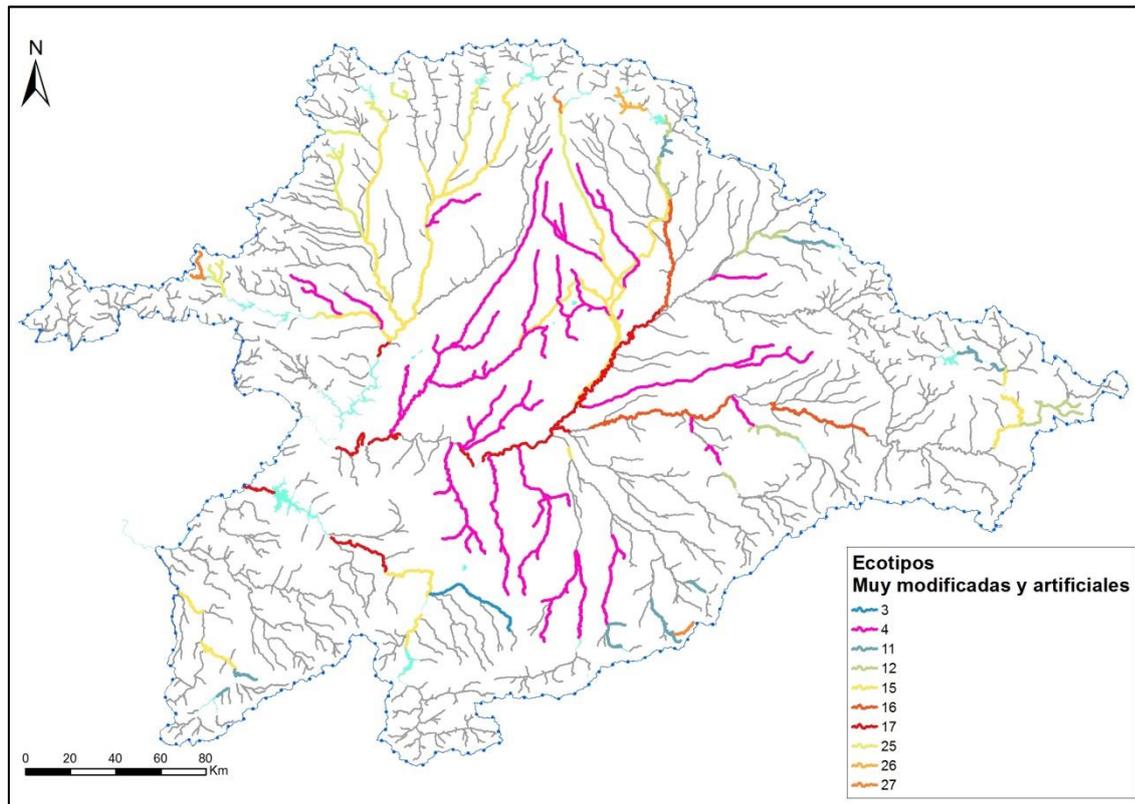


Tabla 2. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.

Nº tipo	Denominación tipo	Nº masas de agua
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	2
4	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	58
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	13
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	9
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	37
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	9
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	20
25	Ríos de montaña húmeda silícea	16
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	2
27	Ríos de alta montaña	3
	TOTAL	169

Figura 4. Tipos de masas de agua lago natural (Fuente: CHD).

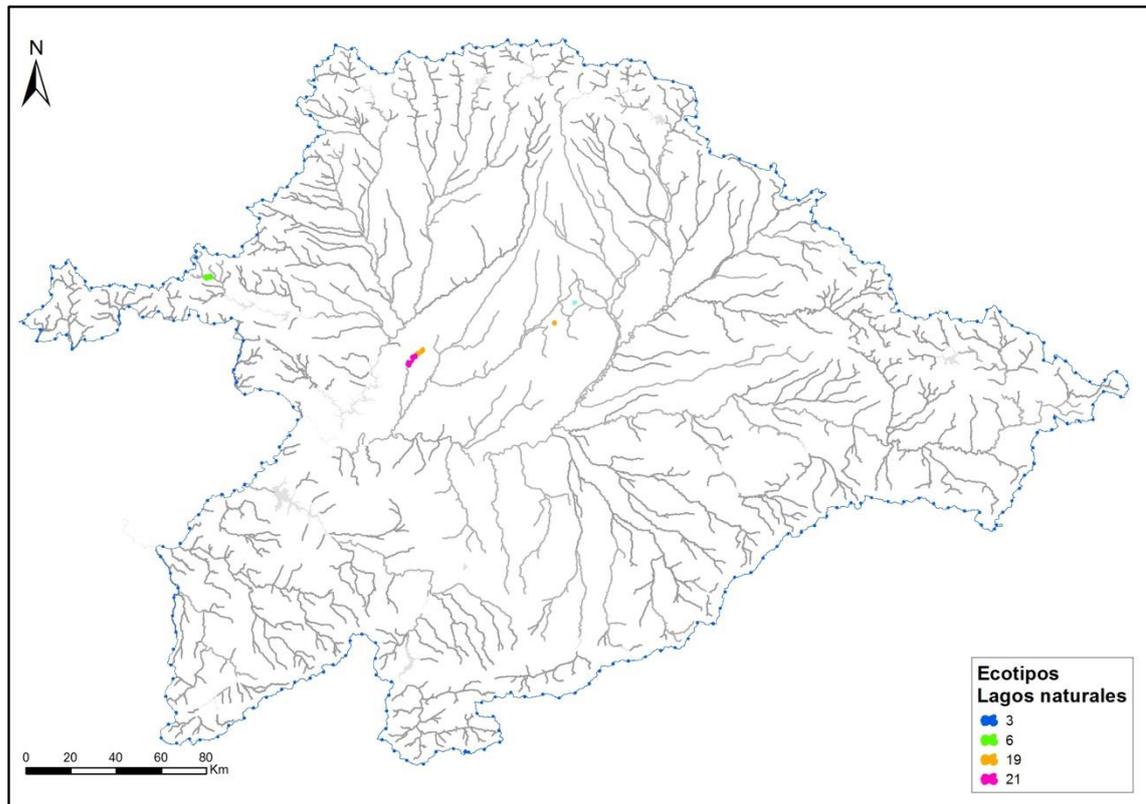


Tabla 3. Tipos de masas de agua lago natural.

Nº tipo	Denominación tipo	Nº masas de agua
3	Alta montaña septentrional, poco profundo, aguas ácidas	2
6	Media montaña, profundo, aguas ácidas	1
19	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización media, temporal	2
21	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, temporal	4
	TOTAL	9

Figura 5. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).

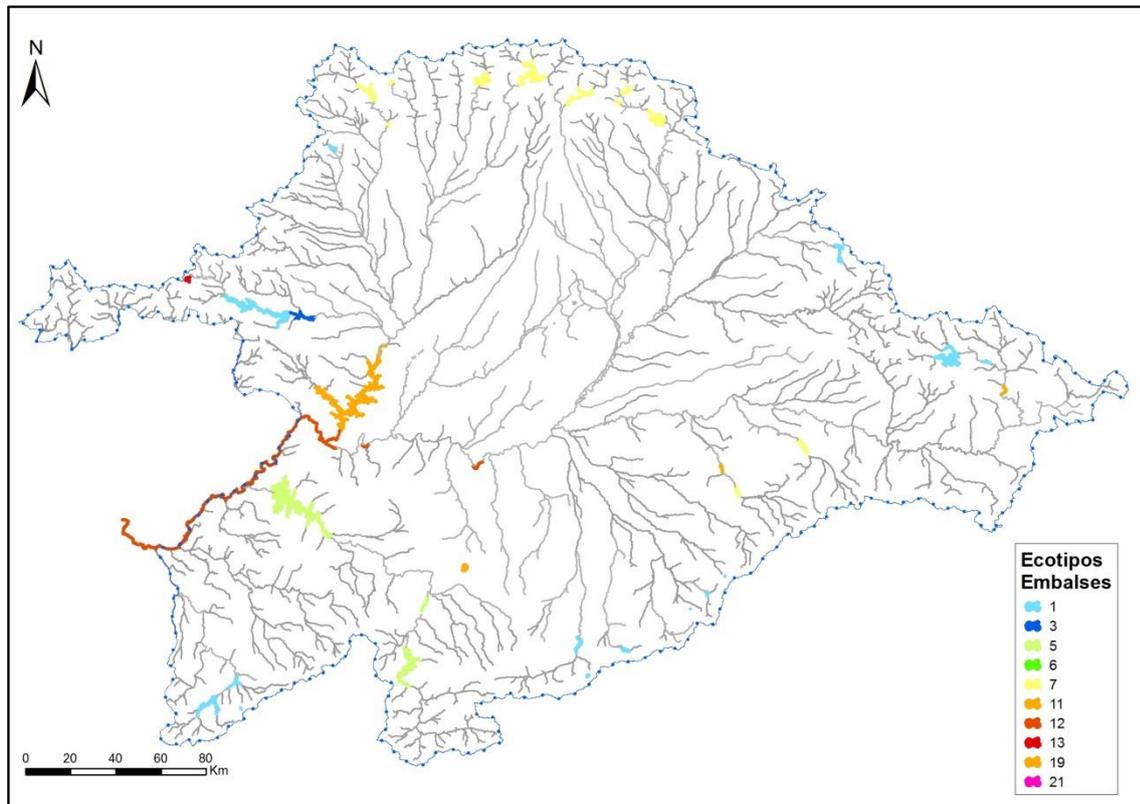


Tabla 4. Tipos de masas de agua de masas artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses)

Nº tipo	Denominación tipo	Nº masas de agua
1	Monomítico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15° C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	16
3	Monomítico, silíceo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal	1
5	Monomítico, silíceo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal	3
7	Monomítico, calcáreo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15° C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos	12
11	Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal	4
12	Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de ejes principales	10
13	Dimítico	5
	TOTAL	51

La caracterización de los lagos se completa con la laguna de La Nava de Fuentes. Se trata de una masa muy modificada puesto que, además de modificaciones morfológicas, entre ellas, varios diques, a día de hoy es una laguna permanente que se llena mayoritariamente con agua de origen fluvial proveniente del canal de Castilla. Su tipo original (en condiciones naturales) se ajustaría al tipo 19: Interior en cuenca de sedimentación, mineralización media, temporal. En la actualidad, con las modificaciones mencionadas, responde al tipo 24: Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización baja o media.

A nivel estatal se han definido condiciones de referencia para algunos indicadores y ecotipos concretos, basados en los datos procedentes de los puntos de control de la red de referencia, situados en áreas donde la influencia antrópica es poco significativa. A partir de ahí, para posibilitar la clasificación de estado ecológico se han asignado valores a cada límite de cambio de clase.

En el caso de los elementos de calidad biológicos, el límite entre bueno y moderado viene determinado por el rango de valores que se entiende que garantiza el funcionamiento del ecosistema. En los indicadores de estos elementos de calidad biológicos, la relación entre los valores observados en la masa de agua y los correspondientes a las condiciones de referencia del tipo al que pertenece dicha masa se expresa mediante un valor numérico normalizado comprendido entre 0 y 1 (Ratio de Calidad Ecológica, RCE).

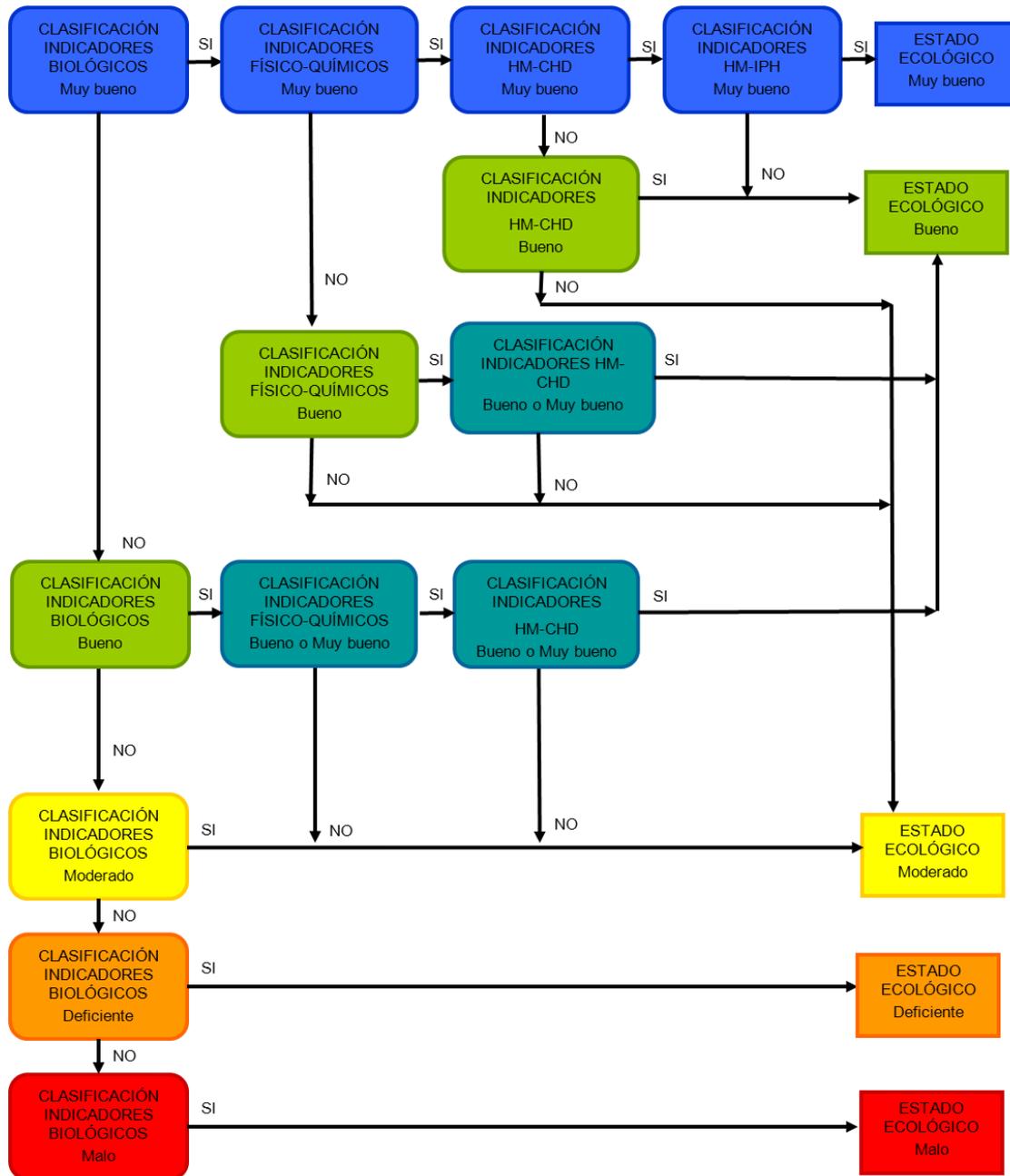
Los elementos de calidad y los indicadores aplicables a las masas de agua artificiales y muy modificadas son los que resultan de aplicación a la categoría de aguas superficiales naturales que más se parece a la masa de agua artificial o muy modificada de que se trate. Dichos indicadores y sus valores de cambio de clase se han calculado tras determinar las condiciones de referencia para el máximo potencial, cuando esto no ha sido posible se han tomado los mismos umbrales de límite de cambio de clase que para las masas naturales.

Los valores disponibles de condiciones de referencia y umbral de corte entre clases se incluyen en los apartados posteriores de este anejo. Cuando el valor del indicador en la masa de agua coincide con el valor de corte entre dos categorías de estado, sin que esté especificado a cuál de ellas corresponde, se ha adoptado el criterio de asignarle la clase superior.

3.1.2. Evaluación del estado ecológico en ríos naturales

En la evaluación del estado ecológico de ríos naturales que realiza la CHD intervienen indicadores biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos. El siguiente esquema muestra el diagnóstico de estado ecológico resultante de esa evaluación en función de la clasificación obtenida para los 3 grupos de indicadores mencionados:

Figura 6. Esquema de clasificación del estado ecológico en ríos naturales.



3.1.2.1. Indicadores biológicos

En la IPH se recogen los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos de los ríos que aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en ríos (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Flora acuática: organismos fitobentónicos	Índice de Poluosensibilidad específica (IPS) Multimétrico de diatomeas (MDIAT)
Fauna bentónica de invertebrados	Iberian Biomonitoring Working Party (IBMWP) Multimétrico específico del tipo
Fauna ictiológica	Proporción de individuos de especies autóctonas

En el marco de los programas de seguimiento del estado de la CHD, los elementos de calidad muestreados actualmente los ríos naturales son fauna bentónica de invertebrados, organismos fitobentónicos, fauna ictiológica y macrófitos. Sin embargo, únicamente se están utilizando para la evaluación del estado aquellos elementos biológicos que disponen de indicadores para los que se han establecido métricas, condiciones de referencia y límites de cambio de clase, que son los reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 6. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en ríos utilizados por la CHD.

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
Flora acuática: organismos fitobentónicos	Índice de Poluosensibilidad específica (IPS)	QE1-2-4
Fauna bentónica de invertebrados	Iberian Biomonitoring Working Party (IBMWP)	QE1-3

En los muestreos de macrófitos y fauna ictiológica se está recopilando información que aún no se puede incorporar a la valoración del estado, en espera de que se establezcan indicadores adecuados y se completen los correspondientes ejercicios de intercalibración que permitan definir las condiciones de referencia y los límites de corte entre clases.

La CHD utiliza el IPS como indicador de organismos fitobentónicos (diatomeas) porque ha resultado ser el más adecuado a las características de la cuenca, ya que considera el valor autoecológico de todos los taxones presentes en cada una de las muestras. Los protocolos oficiales, aprobados por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013 y disponibles en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/protocolos-de-muestro-laboratorio-y-calculo-de-indices.aspx>), que se aplican a este elemento de calidad para la clasificación del estado ecológico son:

- PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE FLORA ACUÁTICA (ORGANISMOS FITOBENTÓNICOS) EN RÍOS. CÓDIGO: ML-R-D-2013.
- PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE POLUSENSIBILIDAD ESPECÍFICA. CÓDIGO: IPS-2013.

El Iberian Biomonitoring Working Party (IBMWP) es el indicador de fauna bentónica de invertebrados se ha utilizado para la evaluación del estado en ríos. Se trata de un índice semicuantitativo en el que la puntuación obtenida depende de la tolerancia a la contaminación de cada familia de macroinvertebrados presente en el medio acuático. Los protocolos oficiales, aprobados por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013 y disponibles en el mencionado link a la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, que se aplican a este elemento de calidad para la clasificación del estado ecológico son:

- PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE FAUNA BENTÓNICA DE INVERTEBRADOS EN RÍOS VADEABLES. CÓDIGO: ML-Rv-I-2013.
- PROTOCOLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE IBMWP. CÓDIGO: IBMWP-2013.

En las tablas mostradas seguidamente se incluyen las condiciones de referencia y límites de cambio de clase utilizados para la valoración del IPS y del IBMWP, según las tabla 2 y 1 de la Versión 5.2 del “Borrador de Informe sobre la Interpolación del IBMWP e IPS en los tipos de masas de agua en los que no se dispone de información de estaciones de referencia (Mayo de 2009)”, documento técnico elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico, dependiente de la Dirección General del Agua), que mejora sensiblemente la calidad de los valores recogidos en la tabla 44 de la IPH, y cuya utilización ha sido recomendada desde el propio Ministerio.

Tabla 7. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IPS en ríos naturales (Fuente: Borrador de Informe sobre la Interpolación del IBMWP e IPS, Mayo 2009).

Tipo	Denominación tipo	Condición de referencia	Valores límite			
			Muy bueno/ Bueno	Bueno/ Moderado	Moderado/ Deficiente	Deficiente/ Malo
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la Meseta Norte	18,6	17,1	12,9	8,6	4,3
4	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	17,4	16,0	12	8,0	4,0
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	16,5	16,2	12,2	8,1	4,1
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	17,0	16,0	11,9	8,0	3,9
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	16,4	15,1	11,3	7,6	3,8
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	15,4	14,2	10,6	7,1	3,5
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	13	11,7	8,8	5,9	3,0
25	Ríos de montaña húmeda silícea	19,8	19,4	14,5	9,7	4,7
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	17,7	16,3	12,2	8,1	4,1
27	Ríos de alta montaña	18,7	17,4	13,1	8,8	4,3

Tabla 8. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IBMWP en ríos naturales (Fuente: Borrador de Informe sobre la Interpolación del IBMWP e IPS, Mayo 2009).

Tipo	Denominación tipo	Condición de referencia	Valores límite			
			Muy bueno/ Bueno	Bueno/ Moderado	Moderado/ Deficiente	Deficiente/ Malo
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la Meseta Norte	103	85,5	52,2	30,8	12,8
4	Ríos mineralizados de la Meseta Norte	106	87,9	53,6	31,6	13,2
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	180	140,4	85,6	50,5	21,1
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	150	133,5	81,4	48,1	20,0
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	110	91,3	55,7	32,9	13,7
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	101	83,3	50,8	30,0	12,5
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	75	58,5	35,7	21,1	8,8
25	Ríos de montaña húmeda silícea	178	149,5	91,2	53,8	22,4
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	161	127,2	77,6	45,8	19,1
27	Ríos de alta montaña	158	135,9	82,9	48,9	20,4

Los resultados de los indicadores biológicos IPS e IBMWP de cada masa de agua, obtenidos a partir del valor medio de los datos representativos procedentes de los diferentes puntos de muestreo de la misma masa, se comparan con los valores límite de cambio de clase recogidos en las anteriores tablas, para determinar la clase de estado ecológico asociada a cada uno de estos indicadores.

La valoración final de los elementos de calidad biológicos en su conjunto para cada masa de agua vendrá condicionada por la clase de estado ecológico más desfavorable de IPS o IBMWP, en aplicación del principio “one out - all out”, según el cual se debe escoger el peor valor obtenido para cada uno de los elementos de calidad biológicos por separado.

3.1.2.2. Indicadores físico-químicos

En la IPH se recogen los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos de los ríos que aparecen en la siguiente tabla, dividiéndolos en indicadores de condiciones generales e indicadores de contaminantes específicos.

Tabla 9. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en ríos (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Condiciones generales: Condiciones térmicas	Temperatura media del agua
Condiciones generales: Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto Tasa de saturación del oxígeno DBO ₅
Condiciones generales: Salinidad	Conductividad eléctrica a 20° C media Opcional: dureza total, cloruros y sulfatos
Condiciones generales: Estado de acidificación	pH Opcional: alcalinidad
Condiciones generales: Nutrientes	Amonio total Nitratos Fosfatos Opcional: Nitrógeno total y Fósforo total
Contaminantes específicos no sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes no sintéticos del anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y sustancias no sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del Reglamento de la Planificación Hidrológica, para los que no existan normas europeas de calidad
Contaminantes específicos sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes sintéticos del anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y sustancias sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del Reglamento de la Planificación Hidrológica, para los que no existan normas europeas de calidad

La CHD muestrea y utiliza 5 de los indicadores de condiciones generales de la tabla anterior para la evaluación del estado en ríos naturales. Respecto a los contaminantes específicos, se consideran como tales, a efectos de cálculo del estado ecológico, las 16 sustancias preferentes incluidas en el anexo II del RD 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas (sustancias preferentes).

Tabla 10. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en ríos utilizados por la CHD.

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
Condiciones generales: Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto DBO ₅	QE3-1-3
Condiciones generales: Salinidad	Conductividad eléctrica a 20° C media	QE3-1-4
Condiciones generales: Estado de acidificación	pH	QE3-1-5
Condiciones generales: Nutrientes	Amonio total Nitratos Fósforo total	QE3-1-6
Contaminantes específicos	Clorobenceno Diclorobenceno (suma isómeros orto, meta y para) Etilbenceno Metolacoloro Terbutilazina Tolueno 1,1,1-tricloroetano Xileno (suma isómeros orto, meta y para) Cianuros totales Fluoruros Arsénico total Cobre disuelto Cromo total disuelto Cromo VI	QE3-3

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
	Selenio disuelto Zinc total	

Además de los parámetros anteriores, dado que el cumplimiento de los objetivos de calidad para los contaminantes específicos cobre y zinc está condicionado por la dureza del agua, en los puntos de muestreo donde se miden estos parámetros también se analiza la dureza, para poder obtener un valor de estado asociado a los datos de Cobre y Zinc. En cuanto a los nutrientes, para alcanzar el objetivo de buen estado se han establecido como límites los que especifica la IPH (Tabla 14). A parte de este objetivo genérico, se han establecido objetivos más específicos en las zonas declaradas sensibles (en aplicación de la Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas) donde se exige que los vertidos tengan un tratamiento adicional para la reducción de los nutrientes.

Así mismo en aquellas masas en las que, aun existiendo medidas de aplicación para aminorar la carga de nutrientes, los niveles siguen manteniéndose elevados sin que exista un foco localizado de contaminación, se están planteando medidas tipo “buffer strips” cuyo objetivo es preservar de actividad agraria los terrenos colindantes a las masas.

Las medidas establecidas en esta u otras líneas de actuación pueden consultarse dentro del Programa de Medidas de la IDE Duero MIRAME.

Las condiciones de referencia y las marcas de cambio de clase de los indicadores de condiciones generales oxígeno disuelto, conductividad, y pH, se definen conforme a la tabla 44 del anexo III de la IPH, para todos los tipos de masa río presentes en la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero, tal y como se refleja en las tablas incluidas a continuación.

Tabla 11. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador oxígeno disuelto (mg/l) en ríos naturales (Fuente: IPH).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite			
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	8,2	7	6,2		
4	Ríos mineralizados de la meseta norte					
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	10	8,5	7,5		
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	9,7	8,2	7,2		
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados					
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados					
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo					
25	Ríos de montaña húmeda silícea	9,2	7,8	6,9		
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	8,8	7,4	6,6		
27	Ríos de alta montaña	9,4	7,9	7		

Tabla 12. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador conductividad (µS/cm) en ríos naturales (Fuente: IPH).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite			
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	150	< 300	< 500		
4	Ríos mineralizados de la meseta norte					
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	80	< 250	< 500		
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	510	300-1.000	250-1.500		
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados					
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados					
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo					
25	Ríos de montaña húmeda silícea	30	< 150	< 350		

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite			
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	230	200-400	100-600		
27	Ríos de alta montaña	60	< 200	< 300		

Tabla 13. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador pH en ríos naturales (Fuente: IPH).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite			
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	6,8	6,1-7,5	6-8,2		
4	Ríos mineralizados de la meseta norte					
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	8,1	7,3-9	6,5-9		
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	8,2	7,4-9	6,5-9		
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados					
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados					
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo					
25	Ríos de montaña húmeda silícea	6,5	6-7,2	6-9		
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	8,2	7,4-9	6,5-9		
27	Ríos de alta montaña	7,5	6,7-8,3	6-9		

Para los tipos 4, 15, 16 y 17, que no tienen establecidas condiciones de referencia, su oxígeno disuelto y pH se valoran en función del límite para el buen estado recogido en la tabla 11 de la IPH, no siendo posible la evaluación del estado a partir de la conductividad. Además, en la IPH no hay condiciones de referencia para ningún ecotipo de los indicadores DBO₅, amonio, nitrato y fósforo total, por lo que también se aplican los umbrales máximos para la consecución del buen estado definidos la tabla 11 de la IPH, para todos los tipos.

Tabla 14. Límites para el buen estado de algunos indicadores fisicoquímicos de los ríos (Fuente: IPH).

Límite para establecer el buen estado
Oxígeno disuelto \geq 5 mg/l
60 % < Tasa de saturación de Oxígeno < 120 %
6 \leq pH \leq 9
DBO ₅ \leq 6 mg/L O ₂
Nitrato \leq 25 mg/l NO ₃
Amonio \leq 1 mg/l NH ₄
Fósforo total \leq 0,4 mg/l P

Los umbrales indicados en la tabla anterior se definen en la IPH como marcas de clase entre el estado moderado y el bueno. En consecuencia, se ha interpretado y asumido que estos indicadores no permiten diferenciar el estado bueno del muy bueno. Sin embargo, se entiende que una masa de agua para la que el resto de indicadores señala que puede encontrarse en muy buen estado, debe clasificarse en esa situación, de forma que se asociará un estado moderado a los indicadores incluidos en dicha tabla 11 que no alcanzan el umbral establecido, y un estado muy bueno a los que sí llegan a ese umbral.

Para los contaminantes específicos, independientemente del tipo al que pertenezca la masa de agua río, se utilizan como valores umbral del buen estado las normas de calidad ambiental establecidas para aguas superficiales continentales en el anexo II del Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, que transpone a nuestro ordenamiento las Directivas 2008/105/CE y 2009/90/CE, derogando el anterior Real Decreto 995/2000.

Tabla 15. Límites para establecer el buen estado de contaminantes específicos en ríos naturales (Fuente: Anexo II del RD 60/2011).

Contaminantes específicos	Nº CAS	Valor medio anual (µg/l)	
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	100	
Arsénico	7440-38-2	50	
Cianuros totales	74-90-8	40	
Clorobenceno	108-90-7	20	
Cobre	7440-50-8	Dureza en mg/l de CaCO ₃	VMA
		CaCO ₃ ≤ 10	5
		10 < CaCO ₃ ≤ 50	22
		50 < CaCO ₃ ≤ 100	40
		CaCO ₃ > 100	120
Cromo	7440-47-3	50	
Cromo VI	18540-29-9	5	
Diclorobenceno (suma isómeros)	25321-22-6	20	
Etilbenceno	100-41-4	30	
Fluoruros	16984-48-8	1.700	
Metolacoloro	51218-45-2	1	
Selenio	7782-49-2	1	
Terbutilazina	5915-41-3	1	
Tolueno	108-88-3	50	
Xileno (suma isómeros)	1330-20-7	30	
Zinc	7440-66-6	Dureza en mg/l de CaCO ₃	VMA
		CaCO ₃ ≤ 10	30
		10 < CaCO ₃ ≤ 50	200
		50 < CaCO ₃ ≤ 100	300
		CaCO ₃ > 100	500

Como se ha comentado, el cobre y el zinc precisan un dato de dureza para su valoración. En caso de que no se dispusiera del mismo, se aplicaría el valor menos restrictivo.

Todos los contaminantes específicos recogidos en la tabla anterior se valoran conjuntamente, de forma que en el momento en que uno de ellos supera el valor medio anual establecido en la tabla anterior, se identifica un incumplimiento en la masa de agua que conlleva la asignación de un estado ecológico moderado, y si todos ellos cumplen las normas de calidad ambiental, el estado ecológico asociado será muy bueno.

En síntesis, de acuerdo a los indicadores de los elementos de calidad físico-químicos, el estado ecológico de una masa de agua río se puede clasificar como moderado, bueno (si se dispone de datos de oxígeno, conductividad y pH para ecotipos con referencia) o muy bueno, según el peor valor obtenido para los indicadores de condiciones generales considerados individualmente y para el conjunto de los contaminantes específicos.

Para obtener este diagnóstico a nivel de masa, es necesario previamente calcular la media anual de cada parámetro. A efectos de este cálculo, se considera que tanto para los parámetros del grupo de condiciones generales como para los parámetros del grupo de los contaminantes específicos, los valores que se encuentren por debajo del límite de cuantificación (LC) se deberán considerar como la mitad de dicho límite, en aplicación lo establecido en el art. 5 de la Directiva 2009/90/CE y su trasposición en el apartado 2 del anexo V del RD 60/2011. En el caso del selenio, cuando todos los valores obtenidos en el año para una misma masa se encuentran por debajo del límite de cuantificación, no se aplica esta regla general, pues la mitad del límite de cuantificación superaría el valor medio anual (VMA), por lo que este parámetro no se consideraría en la valoración del estado ecológico. Asimismo, a la hora de calcular la suma para los parámetros que estén constituidos por una suma de varias sustancias (diclorobenceno y xileno, en este caso), se han tomado los resultados inferiores al LC como cero, en aplicación de lo establecido en la citada normativa. En el apéndice 8.2 se describe pormenorizadamente la casuística en la aplicación de estas normas de calidad.

3.1.2.3. *Indicadores hidromorfológicos*

La IPH contempla como indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos de los ríos los que aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 16. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Régimen hidrológico	Caudal ecológico Indicadores de alteración hidrológica Conexión con las aguas subterráneas
Continuidad del río	Longitud media libre de barreras artificiales Tipología de las barreras
Condiciones morfológicas	Índice de vegetación de ribera (QBR) Índice de hábitat fluvial (IHF)

No obstante, en la actualidad únicamente se han establecido condiciones de referencia y límites de cambio de clase para los indicadores de condiciones morfológicas (QBR e IHF), por lo que el resto de indicadores recogidos en la tabla anterior no se van a tener en cuenta para la valoración del estado.

A mayores, la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHD, ante la carencia de indicadores normalizados a nivel estatal que sean sensibles a las presiones hidrológicas y morfológicas a las que están sometidos nuestros ríos (los indicadores hidromorfológicos QBR e IHF solo se ven afectados por alteraciones concretas, y por su parte, los indicadores biológicos IBMWP e IPS reflejan el nivel de contaminación del agua, pero no se dispone de índices oficiales de peces, que son los que mejor responden a este tipo de presiones), ha establecido una serie de indicadores hidromorfológicos propios: IAH (Índice de Alteración Hidrológica), IC (Índice de Compartimentación) e ICLAT (Índice de Continuidad Lateral del Cauce). El conjunto de indicadores que, por tanto, utiliza la CHD para valorar el estado ecológico en función de los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos naturales se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 17. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos utilizados por la CHD.

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
Régimen hidrológico	Índice de alteración hidrológica (IAH)	QE2-1-1
Continuidad del río	Índice de compartimentación (IC) Índice de continuidad lateral (ICLAT)	QE2-2
Condiciones morfológicas	Índice de hábitat fluvial (IHF)	QE2-3-2
	Índice de vegetación de ribera (QBR)	QE2-3-3

El índice de vegetación de ribera (QBR) incorpora a la valoración del estado la cuantificación de la calidad ambiental de la zona de ribera, considerando el grado de cobertura de la ribera, la estructura de la cobertura, la calidad de la cubierta y el grado de naturalidad del canal fluvial. No obstante, presenta el inconveniente de ser un indicador un tanto subjetivo, pues la puntuación obtenida puede variar en función del criterio aplicado por el muestreador. Además, es un índice diseñado para una tipología de ríos concretos (presentes en las cuencas catalanas), por lo que no se ajusta completamente a los ríos de la demarcación del Duero, y no es aplicable en las zonas más altas de la cuenca, donde no existe de forma natural vegetación arbórea.

La diversidad de hábitats se evalúa mediante el índice de hábitat fluvial (IHF), en el que se puntúan 7 condiciones: inclusión rápidos – sedimentación pozas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática. Este índice valora aspectos físicos del cauce que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente, lo que aporta información para interpretar adecuadamente los resultados de los indicadores biológicos (las comunidades de flora y fauna acuáticas pueden estar empobrecidas sin causa antrópica cuando de forma natural los ríos presentan una baja heterogeneidad de hábitats), pero tampoco se considera un índice objetivo ni robusto para la valoración del estado ecológico en ríos.

Los índices QBR e IHF se limitan a considerar condiciones morfológicas de los ríos, por lo que necesitamos acudir a otros indicadores para la valoración de los elementos de calidad referentes al régimen hidrológico y

la continuidad del río. Es aquí donde entran en juego los indicadores hidromorfológicos complementarios incorporados por la CHD desde la aprobación del anterior Plan Hidrológico.

El índice de alteración hidrológica (IAH) se utiliza como medida del régimen hidrológico, y se calcula como el cociente, para una determinada masa de agua, entre la aportación en régimen natural (obtenido en base a las series de aportaciones naturales del modelo SIMPA, restituidas según la información de aforos disponible en la CHD) y el caudal circulante (obtenido restando las demandas y los retornos). Los datos con los que se trabaja tienen paso anual y los modelos de manejo son de *raster*, a través de ArcGIS (Model Builder).

En relación con la continuidad, una masa de agua no se considera en muy buen estado si la longitud media libre entre barreras artificiales es menor de 2 km, o si alguna de las barreras artificiales existentes no es franqueable para los peces presentes en el tipo de masa de agua. Para valorar estos aspectos, la Confederación Hidrográfica del Duero ha desarrollado trabajos específicos que han permitido la definición de unos índices integradores explicativos del elemento de calidad que describen: índice de franqueabilidad, índice de compartimentación (IC) e índice de continuidad lateral (ICLAT).

El índice de franqueabilidad valora la franqueabilidad de las barreras en ascenso y en descenso para distintos grupos de especies piscícolas, y se necesita como dato de entrada para calcular el índice de compartimentación (IC). El IC se utiliza para analizar el grado de fragmentación de la masa de agua. Este indicador está definido como el cociente entre el promedio de los índices de franqueabilidad y la distancia promedio entre barreras (azudes), que se calcula como la longitud del tramo analizado dividida por el número de barreras. Simplificando la expresión, el cálculo queda como el cociente entre la suma de los índices de franqueabilidad de las barreras y la longitud de la masa de agua expresada en kilómetros.

Finalmente, el índice de continuidad lateral (ICLAT) expresa el porcentaje de la longitud total de una masa de agua que está afectado por protecciones de márgenes, canalizaciones, motas u otras modificaciones significativas de carácter longitudinal. Con ello, se pretende evaluar el grado de conectividad del cauce con su ribera a partir de la alteración de la morfología natural del cauce.

La tabla presentada a continuación muestra los valores de cambio de clase, entre el muy bueno y el bueno, para los indicadores QBR e IHF, en aquellos tipos de ríos para los que se encuentran definidos.

Las condiciones de referencia y el límite entre las clases de estado ecológico bueno y muy bueno de los indicadores de condiciones morfológicas (QBR e IHF) se obtienen a partir de los RCE (Ratio de Calidad Ecológica) incluidos en la tabla 44 del anexo III de la IPH para los tipos de ríos 3, 11, 12, 26 y 27 (para el resto de tipos no se puede obtener su estado ecológico).

Tabla 18. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador QBR en ríos naturales (Fuente: IPH).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Muy bueno / bueno
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	64	46,72
4	Ríos mineralizados de la meseta norte		
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	87,5	77,87
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	85	69,70
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados		
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados		
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo		
25	Ríos de montaña húmeda silícea		
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	72,5	65,25
27	Ríos de alta montaña	94	88,36

Tabla 19. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IHF en ríos naturales (Fuente: IPH).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	71	63,19
4	Ríos mineralizados de la meseta norte		
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	72	66,24
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	74	59,94
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados		
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados		
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo		

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite
25	Ríos de montaña húmeda silíceas		
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	63,5	57,15
27	Ríos de alta montaña	72	68,40

La condición de referencia de los índices de continuidad del río (IC e ICLAT) es, lógicamente, igual a cero, para todos los tipos de río. Para el índice de alteración hidrológica (IAH), la condición de referencia se considera igual a uno. Los límites de clase entre el estado muy bueno, bueno y moderado, se han definido por la CHD mediante criterio de experto para estos 3 índices, aunque todavía en proceso de consolidación. En cualquier caso, y hasta que puedan ser ajustados con mejor información, se consideran los valores que se presentan en las tablas siguientes.

Tabla 20. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IAH en ríos naturales (Fuente: CHD).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite	
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	1	0,9-1,1	0,5-1,5
4	Ríos mineralizados de la meseta norte	1	0,9-1,1	0,5-1,5
11	Ríos de montaña mediterránea silíceas	1	0,9-1,1	0,5-1,5
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	1	0,9-1,1	0,5-1,5
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	1	0,9-1,1	0,5-1,5
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	1	0,9-1,1	0,5-1,5
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	1	0,9-1,1	0,5-1,5
25	Ríos de montaña húmeda silíceas	1	0,9-1,1	0,5-1,5
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	1	0,9-1,1	0,5-1,5
27	Ríos de alta montaña	1	0,9-1,1	0,5-1,5

Tabla 21. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador IC en ríos naturales (Fuente: CHD).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite	
			Muy bueno/ Bueno	Bueno/ Moderado
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	0	0	6
4	Ríos mineralizados de la meseta norte	0	0	6
11	Ríos de montaña mediterránea silíceas	0	0	6
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	0	0	6
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	0	0	6
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	0	0	6
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	0	0	6
25	Ríos de montaña húmeda silíceas	0	0	6
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	0	0	6
27	Ríos de alta montaña	0	0	6

Tabla 22. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador ICLAT en ríos naturales (Fuente: CHD).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite	
			Muy bueno/ Bueno	Bueno/ Moderado
3	Ríos de las penillanuras silíceas de la meseta norte	0	10	60
4	Ríos mineralizados de la meseta norte	0	10	60
11	Ríos de montaña mediterránea silícea	0	10	60
12	Ríos de montaña mediterránea calcárea	0	10	60
15	Ejes mediterráneo-continentales poco mineralizados	0	10	60
16	Ejes mediterráneo-continentales mineralizados	0	10	60
17	Grandes ejes en ambiente mediterráneo	0	10	60
25	Ríos de montaña húmeda silícea	0	10	60
26	Ríos de montaña húmeda calcárea	0	10	60
27	Ríos de alta montaña	0	10	60

Como puede extraerse de las tablas anteriores, los indicadores hidromorfológicos incluidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica (QBR e IHF) únicamente pueden diferenciar las clases de estado ecológico bueno y muy bueno, por lo que no pueden condicionar, por sí mismos, un resultado final de estado ecológico o de estado global peor que bueno. Sin embargo, los indicadores hidromorfológicos complementarios que ha introducido la CHD (IAH, IC e ICLAT) se han dotado de capacidad para clasificar el estado ecológico como moderado, además de como bueno o muy bueno. Esto implica que, a diferencia del QBR y el IHF, el IAH, IC e ICLAT pueden llevar a la masa de agua a un incumplimiento del estado ecológico y, por consiguiente, del estado general o global.

Otra diferencia a considerar entre ambos grupos de indicadores, es que los índices de condiciones morfológicas (QBR e IHF) se evalúan a nivel de punto de muestreo, de forma que para obtener el dato a nivel de masa es preciso calcular la media de los datos obtenidos en los diferentes puntos incluidos en la misma masa de agua, mientras que los índices de régimen hidrológico (IAH) y de continuidad del río (IC e ICLAT) se evalúan para la totalidad de la masa, obteniéndose directamente un único valor anual a nivel de masa.

Los resultados de los 5 indicadores hidromorfológicos evaluados se comparan con las marcas de clase definidas para cada uno de ellos, a fin de obtener un valor de estado ecológico asociado a cada indicador y, posteriormente, se selecciona el peor de ellos para ofrecer una valoración conjunta de los elementos de calidad hidromorfológicos.

A modo de resumen la siguiente tabla muestra información sobre los indicadores evaluados y la disponibilidad de método para las categorías de río y de lago en la evaluación del estado ecológico.

Tabla 23. Elementos de calidad en la evaluación del Estado Ecológico y disponibilidad de método.

Categoría	Elemento de calidad	Disponibilidad de método	Indicador evaluado (Sí/No)
RW	Fitoplancton	---	No
	Macrófitos		No
	Fitobentos		Sí
	Invertebrados bentónicos		Sí
	Peces		No
	Físico-químicos		Sí
	Hidromorfológicos		Sí
LW	Fitoplancton		No
	Macrófitos		No
	Fitobentos		No
	Invertebrados bentónicos		Sí
	Peces		No
	Físico-químicos		Sí
	Hidromorfológicos		No
	Métodos de valoración no desarrollados		
	Métodos de valoración parcialmente desarrollados o en fase de desarrollo para todos o algunos elementos de calidad biológicos		
	Métodos de valoración totalmente desarrollados e implementados para todos los elementos de calidad biológicos		
-	No relevante para la categoría de masa de agua		

3.1.3. Evaluación del potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos

Para las masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos, la IPH determina los criterios para definir el máximo potencial ecológico y señala que la selección de elementos e indicadores, así como la evaluación de dichos indicadores, se realizará de acuerdo a las condiciones establecidas en la designación de la masa como artificial o muy modificada. En tanto que se completa la configuración de las señaladas metodologías, desde la CHD se ha adoptado por realizar una evaluación del potencial ecológico en las masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos de forma análoga a la evaluación del estado ecológico de ríos naturales, con algunas particularidades que se detallan en los epígrafes incluidos a continuación. Estas salvedades se deben a que, a nivel ecológico, el funcionamiento de los ríos muy modificados (cauces canalizados, ríos con importantes modificaciones hidrológicas, etc.) y artificiales (diferentes tramos del Canal de Castilla), difiere sustancialmente del de los ríos con escasa o nula presencia de alteraciones físicas debidas a obras civiles.

Tal y como se indica en la tabla 7 del Apéndice I, se ha seguido la Estrategia Común de Implantación (Enfoque CIS) para la determinación del potencial ecológico. No se ha aplicado el enfoque de Praga y por tanto no se han establecido medidas de mitigación ni comparativas entre ambas metodologías. A continuación se muestra esquematizada la metodología de valoración del estado en los ríos artificiales, por un lado, y muy modificados, por otro, donde se puede apreciar que la mayor diferencia entre ambas se debe a la no consideración de ningún indicador hidromorfológico para la clasificación del potencial de las masas de agua artificiales.

Figura 7. Esquema de clasificación del potencial ecológico en masas de agua artificiales asimilables a ríos.

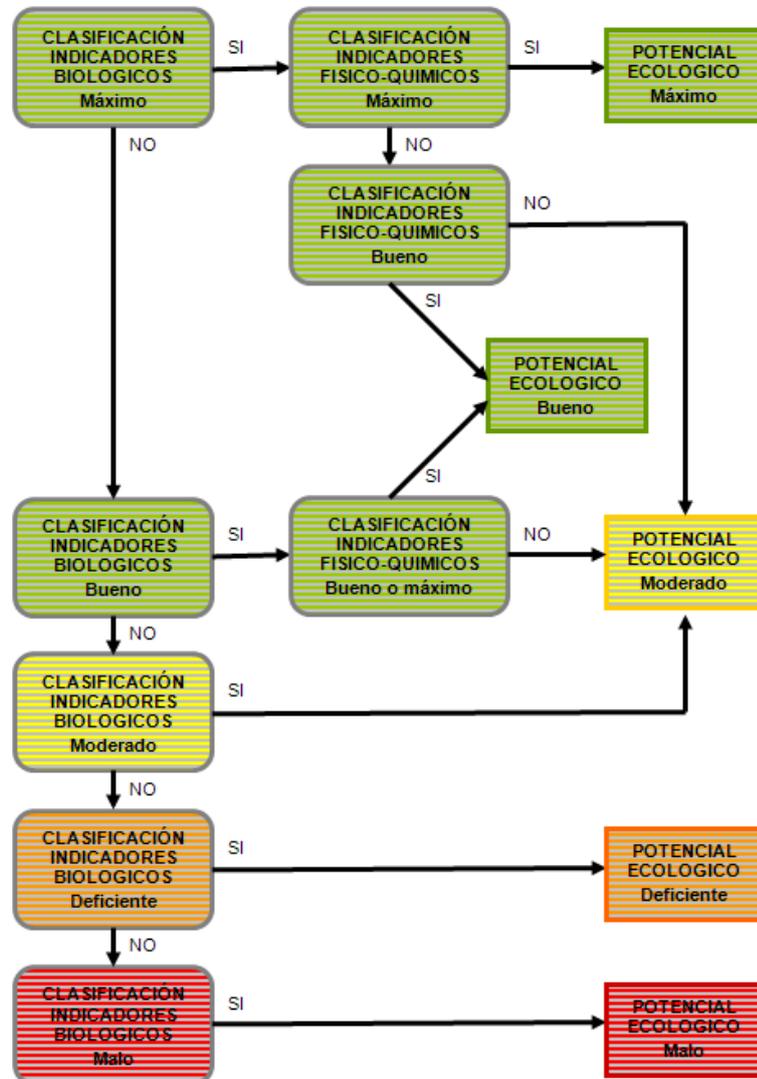
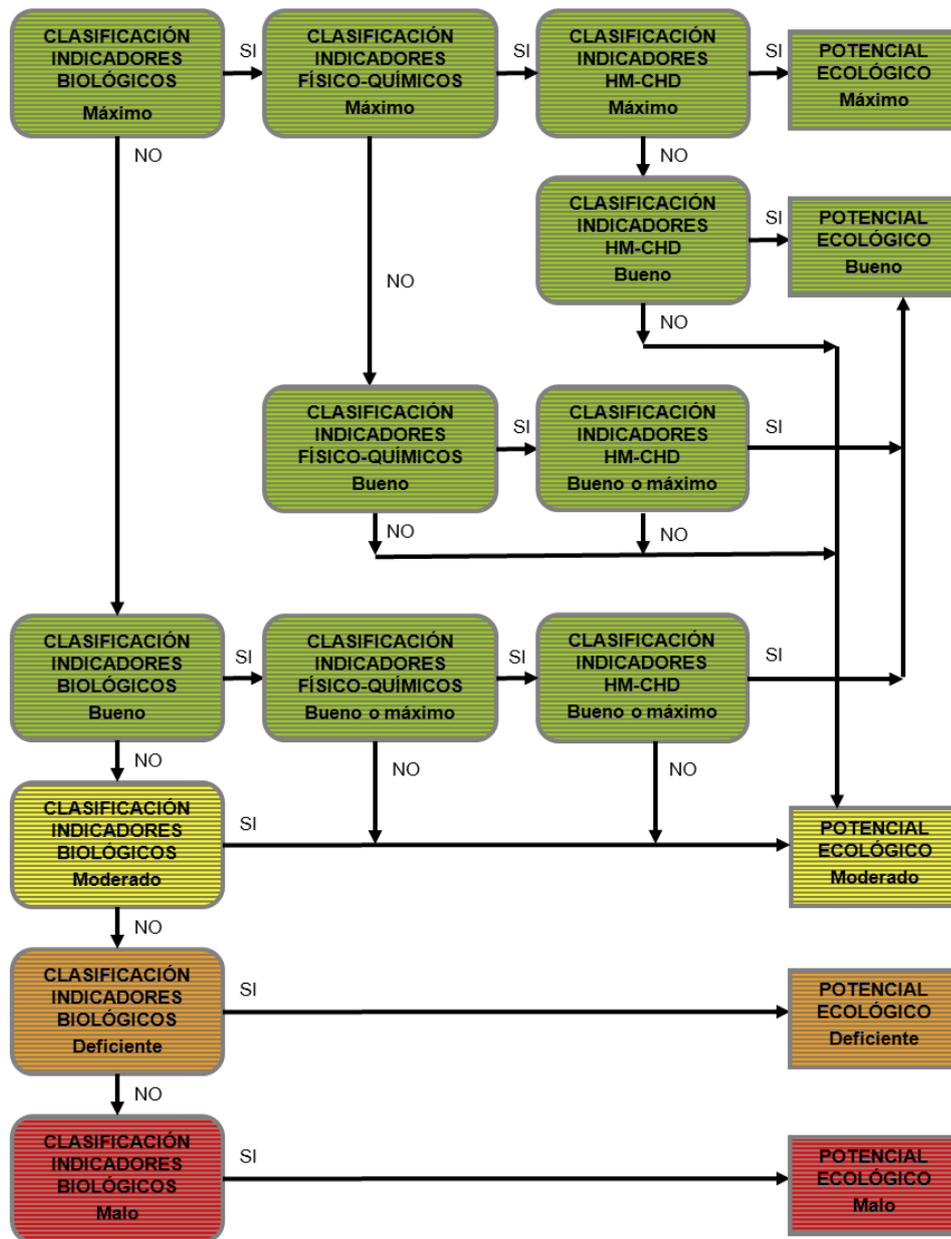


Figura 8. Esquema de clasificación del potencial ecológico en masas de agua muy modificadas asimilables a ríos.



3.1.3.1. Indicadores biológicos

Para el cálculo del potencial ecológico de los ríos muy modificados se tienen en cuenta los mismos indicadores biológicos y se aplican los mismos protocolos que para ríos naturales (IPS e IBMWP). Sin embargo, en los ríos artificiales (canales) se prescinde del IBMWP porque la propia estructura del canal dificulta e introduce un fuerte sesgo en los muestreos de macroinvertebrados, valorándose únicamente los organismos fitobentónicos a través del IPS.

Tanto para las masas de agua muy modificadas, como para las artificiales asimilables a río, se utilizan las mismas condiciones de referencia y valores umbral entre clases que para ríos naturales, en función del ecotipo asignado a la masa de agua, pero tomando el límite de corte muy bueno/bueno como límite de corte máximo/bueno, ya que en este caso se debe valorar el potencial en lugar del estado ecológico.

3.1.3.2. Indicadores físico-químicos

Los indicadores físico-químicos se aplican de la misma forma que para ríos naturales, a partir de las marcas de clase establecidas para los ríos naturales del mismo ecotipo, adoptando la clasificación como potencial máximo en lugar de como estado muy bueno.

3.1.3.3. *Indicadores hidromorfológicos*

Para las masas de agua fuertemente modificadas asimilables a ríos (ambientes lóticos), no se valora ninguno de los indicadores hidromorfológicos previstos por la IPH (QBR e IHF). Sin embargo, la consideración o no de los indicadores hidromorfológicos incorporados por la CHD depende del tipo de modificación sufrida por la masa de agua, de forma que en las masas muy modificadas por el efecto de una presa no se aplica el indicador IAH, y las muy modificadas por canalización o protección de márgenes no se aplica el indicador ICLAT. En el resto de casos, los indicadores de los elementos de calidad hidromorfológicos propios de la CHD se emplearían siguiendo el mismo procedimiento, condiciones y marcas de clase que para los ríos naturales.

En las masas de agua artificiales, dado que han sido creadas por la actividad antrópica, directamente no se consideran de aplicación ninguno de los indicadores hidromorfológicos descritos para ríos naturales.

A modo de resumen la siguiente tabla muestra información sobre los indicadores evaluados y la disponibilidad de método para las categorías de río y de lago en la evaluación del potencial ecológico.

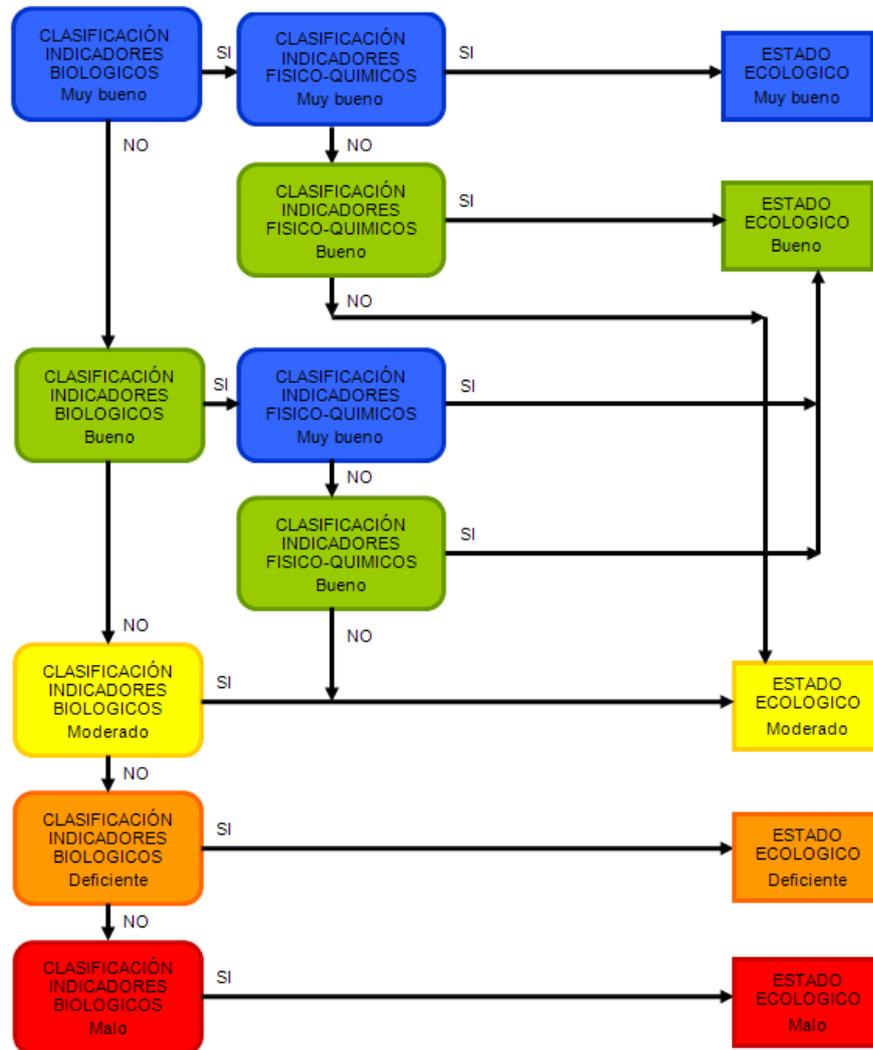
Tabla 24. Elementos de calidad en la evaluación del Estado Ecológico y disponibilidad de método.

Categoría	Elemento de calidad	Disponibilidad de método	Indicador evaluado (Sí/No)
Ríos	Fitoplancton	---	No
	Macrófitos		No
	Fitobentos		Sí
	Invertebrados bentónicos		Sí (solo masas muy modificadas)
	Peces		No
	Físico-químicos		Sí
	Hidromorfológicos		Sí (solo algunas masas muy modificadas)
Lagos	Fitoplancton		Sí
	Macrófitos		No
	Fitobentos		No
	Invertebrados bentónicos		No
	Peces		No
	Físico-químicos		Sí
	Hidromorfológicos		No
	Métodos de valoración no desarrollados		
	Métodos de valoración parcialmente desarrollados o en fase de desarrollo para todos o algunos elementos de calidad biológicos		
	Métodos de valoración totalmente desarrollados e implementados para todos los elementos de calidad biológicos		
	-- No relevante para la categoría de masa de agua		

3.1.4. Evaluación del estado ecológico en lagos naturales

La clasificación del estado ecológico que se realiza en los lagos naturales sigue un esquema similar al indicado para los ríos naturales, pero en este caso aún no es posible aplicar ningún indicador hidromorfológico, y solo se utilizan indicadores biológicos de fauna bentónica de invertebrados y físico-químicos de contaminantes específicos, como se detallará más adelante.

Figura 9. Esquema de clasificación del estado ecológico en lagos naturales.



3.1.4.1. Indicadores biológicos

La siguiente tabla muestra los indicadores que de forma orientativa pueden ser empleados para la evaluación de los elementos de calidad biológicos de los lagos.

Tabla 25. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en lagos (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Fitoplancton	Clorofila a Biovolumen Porcentaje de cianobacterias
Flora acuática: Macrófitos	Presencia de macrófitos introducidos Porcentaje de cobertura de vegetación típica
Fauna bentónica de invertebrados	Índice de Shannon Riqueza taxonómica
Fauna ictiológica	Proporción de individuos de especies autóctonas

La CHD muestrea de forma periódica el fitoplancton, la fauna bentónica de invertebrados, los macrófitos y el fitobentos (diatomeas). La fauna ictiológica se ha muestreado de manera puntual en el lago de Sanabria, pudiendo afirmarse que en el resto de las masas de agua de la categoría lago es inexistente o poco representativa.

No obstante, a la hora de evaluar el estado ecológico, únicamente se están utilizando para la valoración del estado ecológico aquellos indicadores biológicos para los que actualmente se han establecido métricas, condiciones de referencia y límites de cambio de clase, que son los contemplados en la tabla siguiente.

Tabla 26. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en lagos utilizados por la CHD.

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
Fauna bentónica de invertebrados	QAELS-Duero	QE1-3

El muestreo de fauna bentónica de invertebrados se realiza de conformidad con lo dispuesto en el siguiente protocolo, aprobado por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013 y disponible en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/protocolos-de-muestro-laboratorio-y-calculo-de-indices.aspx>):

- PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE INVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAGOS. CÓDIGO: ML-L-I-2013.

Siguiendo los criterios del Plan Hidrológico 2009-2015, a pesar de haberse calculado otros índices como el IBCAEL (que ha presentado diversas incertidumbres metodológicas), la CHD ha seguido aplicando el índice QAELS (*Index de qualitat de l'aigua d'ecosistemes lenitics somers*), elaborado en origen para la determinación del estado ecológico de los sistemas lagunares someros de Cataluña (ACA, 2004). Este índice cuenta con la ventaja, sobre el resto de índices existentes para otros elementos de calidad biológicos en lagos, de su consistencia como índice, ya que integra la abundancia y la composición (diferenciando el grado de tolerancia de las especies) y también cuenta con el conocimiento que se dispone de la fauna bentónica de lagos en España, cuyos elementos indicadores más explicativos de su estado resultan ser los microcrustáceos bentónicos. Este índice se ha adaptado a los lagos de la cuenca del Duero introduciendo los taxones específicos que aparecen en nuestro territorio, que no se habían inventariado en Cataluña, y adaptando los valores de todos los taxones a los diferentes tipos de lagos. El índice se calcula a partir de dos métricas: ACCO (basada en la abundancia de cladóceros, copépodos y ostrácodos) y RIC (basado en la riqueza de insectos y crustáceos). El valor asignado a cada taxón se fundamenta en su grado de estenoicidad (preferencias de hábitat especializado) o de fidelidad a cada tipo de lago, de forma que obtienen mayor puntuación las especies que primero desaparecen cuando las condiciones que definen el tipo se desvirtúan. El procedimiento seguido ha consistido en identificar, en una primera fase del trabajo, las comunidades propias de cada tipo de masa de agua de la categoría lago siguiendo los criterios de Alonso (1998). Seguidamente, dentro de cada comunidad, se identifican los taxones indicadores fijando el valor de calidad de cada taxón según criterio experto; por último se calcula el índice.

De acuerdo con la IPH, para poder clasificar el estado, debe establecerse una relación entre los valores observados y las condiciones de referencia del tipo al que pertenece la masa de agua evaluada para obtener un valor de RCE (Ratio de Calidad Ecológica). El valor de índice QAELS de referencia se ha obtenido, asimilándolo al mejor valor, registrado entre 2006-2009, del índice calculado para cada tipo, considerando únicamente humedales no intervenidos. Los resultados de este procedimiento se resumen a continuación en forma de tabla.

Tabla 27. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico para el indicador QAELS en lagos naturales (Fuente: CHD).

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite			
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
			0,8	0,6	0,4	0,2
1	Alta montaña septentrional, profundo, aguas ácidas	9,90	7,92	5,94	3,96	1,98
3	Alta montaña septentrional, poco profundo, aguas ácidas	9,00	7,2	5,4	3,6	1,8
6	Media montaña, profundo, aguas ácidas	13,80	11,04	8,28	5,52	2,76
19	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización media, temporal	8,70	6,96	5,22	3,48	1,74

Tipo	Denominación tipo	Condición de Referencia	Valores límite			
			Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
			0,8	0,6	0,4	0,2
21	Interior en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, temporal	11,03	8,82	6,62	4,41	2,21
24	Interior en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización baja o media	10,96	8,77	6,58	4,38	2,19

Los datos recabados para los diferentes indicadores biológicos en lagos no se combinan entre sí, si no que el resultado final que se considera para la evaluación del estado ecológico es el obtenido únicamente a partir del QAELS-Duero, tal y como establece el Plan Hidrológico 2009-2015.

En cuanto al fitoplancton, en la CHD se utilizan los indicadores clorofila-a y biovolumen total de fitoplancton, de forma que la clorofila-a se mide en todos los tipos de lago, pero el biovolumen solo en los tipos 1, 3 y 6, quedando los tipos 19, 21 y 24 sin datos de este indicador asociados. Estos indicadores se evalúan en base a unas condiciones de referencia que aún se están testando, por lo que los resultados obtenidos son provisionales y no se pueden integrar en la valoración del estado ecológico. Adicionalmente, también se calculan para este elemento de calidad las métricas IGA y % de cianofíceas, aunque por el momento tampoco se puedan emplear en la valoración, dada la ausencia de condiciones de referencia y valores de corte entre clases para ellas.

Los protocolos de muestreo y cálculo que se utilizan para el elemento fitoplancton, aprobados por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013 y disponibles en el mencionado link a la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, son:

- PROTOCOLO DE MUESTREO DE FITOPLANCTON EN LAGOS Y EMBALSES. CÓDIGO: M-LE-FP-2013.
- PROTOCOLO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO DE MÉTRICAS DE FITOPLANCTON EN LAGOS Y EMBALSES. CÓDIGO: MFIT- 2013.

El caso de los macrófitos es similar, pues se dispone de protocolos oficiales para su valoración, aprobados por instrucción del Secretario de Estado de Medio Ambiente de fecha 22 de noviembre de 2013 y disponibles en el mencionado link a la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, pero aún no se han establecido unas condiciones de referencia definitivas:

- PROTOCOLO DE MUESTREO DE OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS. CÓDIGO: M-L-OFM-2013.
- PROTOCOLO DE LABORATORIO Y CÁLCULO DE MÉTRICAS DE OTRO TIPO DE FLORA ACUÁTICA (MACRÓFITOS) EN LAGOS. CÓDIGO: OFALAM-2013. Versión 1.

3.1.4.2. Indicadores físico-químicos

Los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos de los lagos que prevé la IPH son los incluidos en la tabla mostrada seguidamente.

Tabla 28. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en lagos (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Condiciones generales: Transparencia	Profundidad de visión del disco de Secchi
Condiciones generales: Condiciones térmicas	Temperatura del agua
Condiciones generales: Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto Tasa de saturación del oxígeno
Condiciones generales: Salinidad	Conductividad eléctrica a 20° C
Condiciones generales: Estado de acidificación	pH Alcalinidad
Condiciones generales: Nutrientes	Amonio total Nitratos Fosfatos Opcional: Nitrógeno total y fósforo total

Elemento de calidad	Indicador
Contaminantes específicos no sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes no sintéticos del anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y Sustancias no sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del Reglamento de Planificación Hidrológica, para los que no existan normas europeas de calidad
Contaminantes específicos sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes sintéticos del anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y Sustancias sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del Reglamento de Planificación Hidrológica, para los que no existan normas europeas de calidad

Tal y como puede observarse en la siguiente tabla, solo los indicadores de contaminantes específicos son utilizados para la evaluación del estado ecológico de los lagos en la CHD.

Tabla 29. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en lagos utilizados por la CHD.

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
Contaminantes específicos no sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes del anexo II del Real Decreto 60/2011 (sustancias preferentes)	QE3-3

3.1.4.3. Indicadores hidromorfológicos

Según la IPH, los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos de los lagos son los incluidos en la tabla siguiente.

Tabla 30. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en lagos (Fuente: IPH).

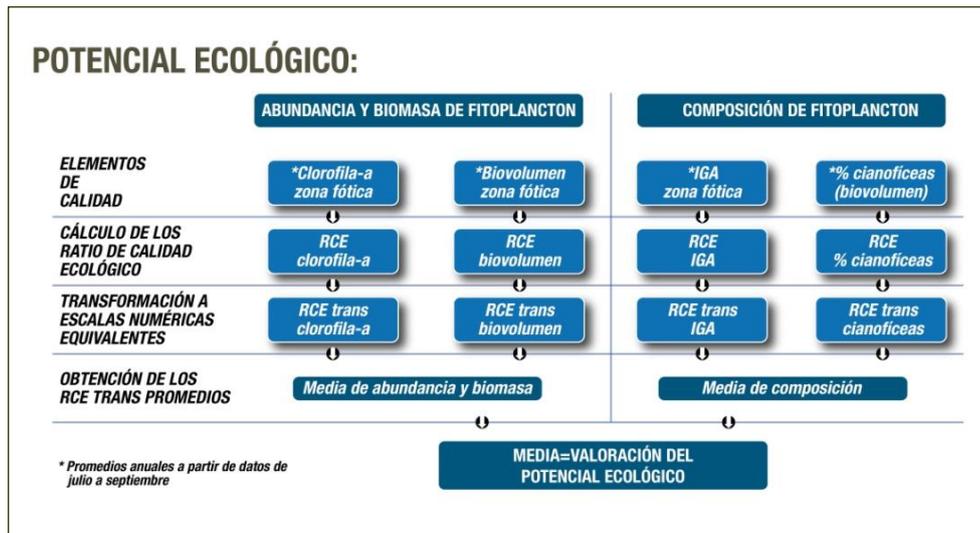
Elemento de calidad	Indicador
Régimen hidrológico	Requerimiento hídrico ambiental Fluctuación del nivel
Condiciones morfológicas	Variación media de la profundidad Indicador de vegetación ribereña

Hasta el momento, la ausencia de condiciones de referencia para estos indicadores ha impedido su aplicación.

3.1.5. Evaluación del potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses)

El esquema seguido para la valoración del potencial ecológico en masas de agua artificiales o muy modificadas es el que se presenta a continuación, donde se observa que por el momento sólo se puede facilitar la valoración del potencial ecológico en virtud de la Instrucción de Planificación Hidrológica para el elemento de calidad fitoplancton, ya que es el único que cuenta con la definición de las condiciones de referencia y de los valores de corte entre las clases de potencial ecológico.

Figura 10. Esquema sintético de la metodología de valoración del potencial ecológico en masas de agua artificiales o muy modificadas.



Los datos de fitoplancton obtenidos de esta forma se combinan con los datos de los indicadores físico-químicos de contaminantes específicos para conocer el potencial ecológico de la masa de agua embalse, siguiendo el mismo esquema que se ha incluido para las masas de agua artificiales asimilables a río.

3.1.5.1. Indicadores biológicos

Los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos de los embalses son los incluidos en la tabla siguiente, obtenida de la IPH, coinciden con los que se aplican por la CHD.

Tabla 31. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad biológicos en embalses (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Fitoplancton	Clorofila a Biovolumen Índice de Grupos Algales (IGA, Índice de Catalán) Porcentaje cianobacterias

Actualmente, a falta de definición de un indicador para la ictiofauna, para evaluar el elemento de calidad fitoplancton, único que se aplica, se utilizan los valores de las condiciones de referencia y de límites de cambio de clase bueno/moderado de los indicadores que se muestran en la tabla 46 del anexo III de la Instrucción de Planificación Hidrológica.

Las siguientes tablas muestran los valores de referencia y la marca de clase bueno/moderado para estas métricas.

Tabla 32. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador Clorofila-a (mg/m3) en embalses (Fuente: IPH).

Tipo	Condición de Referencia	Límites (RCE)			
		Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
EMBALSES SILÍCEOS (tipos 1, 2 y 3)	2		0,21		
EMBALSES CALCÁREOS (tipos 7 a 11)	2,6		0,43		

Tabla 33. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador biovolumen (mm³/L) en embalses (Fuente: IPH).

Tipo	Condición de Referencia	Límites (RCE)			
		Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
EMBALSES SILÍCEOS (tipos 1, 2 y 3)	0,36		0,19		
EMBALSES CALCÁREOS (tipos 7 a 11)	0,76		0,36		

Tabla 34. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador porcentaje de cianobacterias en embalses (Fuente: IPH).

Tipo	Condición de Referencia	Límites (RCE)			
		Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
EMBALSES SILÍCEOS (tipos 1, 2 y 3)	0		0,91		
EMBALSES CALCÁREOS (tipos 7 a 11)	0		0,72		

Tabla 35. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de potencial ecológico para el indicador IGA en embalses (Fuente: IPH).

Tipo	Condición de Referencia	Límites (RCE)			
		Muy bueno / bueno	Bueno / Moderado	Moderado / Deficiente	Deficiente / Malo
EMBALSES SILÍCEOS (tipos 1, 2 y 3)	0,1		0,97		
EMBALSES CALCÁREOS (tipos 7 a 11)	0,61		0,98		

Para la evaluación del elemento de calidad fitoplancton, los valores de los indicadores de clorofila y de biovolumen se transforman a una escala numérica equivalente en clases de potencial y, seguidamente, se promedian. El resultado de este valor se promedia con el resultado del índice de porcentaje de cianobacterias y del Índice de Grupos Algales, también transformado en una escala equivalente.

Los valores de cambio de clase de la clorofila-a y el biovolumen se calculan de forma inversa al procedimiento general, es decir, como la relación entre las condiciones de referencia y el valor del indicador. Previamente a la obtención de las marcas de clase finales, el valor del IGA se transforma mediante la expresión “400-IGA” y el valor del porcentaje de cianobacterias mediante “100-%cianobacterias”.

Queda pendiente determinar el procedimiento general para la transformación de RCE en los tipos 4, 5, 6, 12 y 13 en España, de todos ellos, los tipos: 5, 12 y 13 corresponden a embalses de la cuenca del Duero. Entre tanto, para llevar a cabo una evaluación del potencial ecológico de estos tipos, los tipos 5 y 13, de características silíceas, se evalúan dentro del grupo de los silíceos (tipos 1, 2 y 3) y el tipo 12 dentro del grupo de los tipos calcáreos (7 a 11) de los definidos en la IPH.

Posteriormente se combinan los valores de los RCE transformados de los 4 indicadores para obtener un único valor de fitoplancton. El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasifica de acuerdo a la escala que se indica en la tabla siguiente.

Tabla 36. Marcas de clase del indicador de fitoplancton.

Límites de cambio de clase para el potencial ecológico	Umbral del RCE transformado
Máximo / Bueno	0,8
Bueno / Moderado	0,6
Moderado / Deficiente	0,4
Deficiente / Malo	0,2

3.1.5.2. Indicadores físico-químicos

Los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos de los embalses, según la IPH, son los incluidos en la tabla siguiente.

Tabla 37. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en embalses (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Condiciones generales: Transparencia	Profundidad de visión del disco de Secchi
Condiciones generales: Condiciones térmicas	Temperatura del agua
Condiciones generales: Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto Tasa de saturación del oxígeno
Condiciones generales: Salinidad	Conductividad eléctrica a 20° C
Condiciones generales: Estado de acidificación	pH Alcalinidad
Condiciones generales: Nutrientes	Amonio total Nitratos Fosfatos Opcional: Nitrógeno total, Nitrógeno Kjeldahl y Fósforo total
Contaminantes específicos no sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes no sintéticos del anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y Sustancias no sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del Reglamento de Planificación Hidrológica, para los que no existan normas europeas de calidad
Contaminantes específicos sintéticos vertidos en cantidades significativas	Contaminantes sintéticos del anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y Sustancias sintéticas de la Lista II Preferente del anexo IV del Reglamento de Planificación Hidrológica, para los que no existan normas europeas de calidad

Sin embargo, la ausencia de condiciones específicas del tipo para los indicadores de condiciones físico-químicas generales impide su aplicación hasta el momento, de forma que solo se valora el potencial ecológico en base a los resultados obtenidos en el muestreo por la CHD de contaminantes específicos (además del fitoplancton).

Tabla 38. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad físico-químicos en embalses utilizados por la CHD.

Elemento de calidad	Indicador	Código del elemento
Contaminantes específicos	Contaminantes del anexo II del real decreto 60/2011 (sustancias preferentes).	QE3-3

3.1.5.3. Indicadores hidromorfológicos

En la IPH se recogen los indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en embalses que contiene la tabla siguiente.

Tabla 39. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en embalses (Fuente: IPH).

Elemento de calidad	Indicador
Régimen hidrológico	Aporte de caudal medio Salidas de embalses Variación de volumen interanual Nivel de agua medio Tiempo de permanencia
Condiciones morfológicas	Variación media de la profundidad

La ausencia de condiciones de referencia y, por consiguiente, de marcas de clase para estos indicadores, impide su aplicación por el momento.

3.2. Estado químico

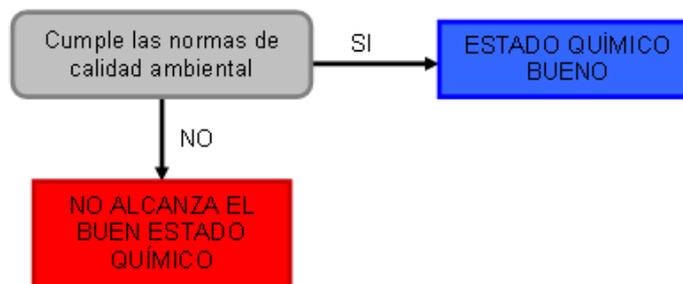
El estado químico es una expresión del grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental, establecidas reglamentariamente, de las sustancias peligrosas presentes en una masa de agua superficial.

Tras haber establecido los criterios para la determinación del estado o potencial ecológico en las distintas categorías de masas de agua superficial presentes en la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero, se abordan ahora los criterios para la evaluación del estado químico, que son comunes para todas las categorías de masas de agua superficiales, ya sean ríos o lagos, tanto naturales como artificiales y muy modificadas.

Puesto que no es viable económicamente realizar un seguimiento del estado químico de todas las masas de agua siguiendo el procedimiento descrito por la normativa vigente, para la selección de las masas de agua objeto de control del estado químico, así como para determinar qué sustancias analizar en cada masa de agua, se han realizado diversos estudios de barrido o *screening*, partiendo de diferentes fuentes de información (analíticas de las diferentes redes de control, inventario de vertidos urbanos e industriales de la cuenca, inventario de zonas regables, inventario de presiones de la cuenca del Duero, Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) etc.). En las masas de agua en las que no se ha realizado el control de sustancias prioritarias, porque no es esperable o probable la aparición de estos contaminantes en base al *screening* previo o en base a cualquier otro motivo o indicio, se presupone su inexistencia y, por lo tanto, su buen estado químico. Es muy importante refrescar periódicamente estos estudios de barrido o *screening* para ir adecuando las redes de control a la situación en cada momento.

El estado químico de las aguas superficiales se clasifica como bueno o como que no alcanza el bueno, según el esquema presentado a continuación.

Figura 11. Esquema de clasificación del estado químico en masas de agua superficiales.



El buen estado químico se alcanza en una determinada masa de agua cuando esta cumple las normas de calidad ambiental establecidas en el Anexo I del Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, así como otras normas comunitarias pertinentes, independientemente del tipo asociado a la masa de agua.

De esta forma, una masa de agua se clasifica en buen estado químico si para cada una de las sustancias referidas se cumplen las condiciones siguientes, que quedan resumidas en la tabla siguiente:

- La media aritmética de las concentraciones medidas en cada punto de control representativo de la masa de agua en diferentes momentos a lo largo del año (MA) no excede el valor de la norma de calidad ambiental expresada como valor medio anual (NCA-MA).
- La concentración medida en cualquier punto de control representativo de la masa de agua a lo largo del año (CMA) no excede el valor de la norma de calidad ambiental expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).
- La concentración de las sustancias no aumenta en el sedimento ni en la biota.

- d) Se cumplen el resto de normas de calidad ambiental incluidas en la Directiva de sustancias prioritarias, o en revisiones posteriores de la misma.

Tabla 40. Límites para establecer el buen estado químico (Fuente: Anexo I del RD 60/2011).

SUSTANCIAS PRIORITARIAS Y OTROS CONTAMINANTES		NCA-MA (µg/L)	NCA-CMA (µg/L)
Alacloro		0,3	0,7
Antraceno		0,1	0,4
Atracina		0,6	2,0
Benceno		10	50
Difeniléteres bromados (Pentabromodifenileter; congéneres nº 28,47,99,100, 153 y 154)		0,0005	No aplicable
Cadmio y sus compuestos	DUREZA (mg/l CaCO₃)	NCA-MA	NCA-CMA
	CaCO ₃ < 50	≤ 0,08	≤ 0,45
	50 ≤ CaCO ₃ < 100	0,09	0,6
	100 ≤ CaCO ₃ < 200	0,15	0,9
	CaCO ₃ ≥ 200	0,25	1,5
Tetracloruro de carbono		12	No aplicable
Cloroalcanos C 10-13		0,4	1,4
Clorfenvinfós		0,1	0,3
Clorpirifós		0,03	0,1
Plaguicidas de tipo ciclodieno: aldrín, dieldrín, endrín e isodrín		∑ = 0,01	No aplicable
DDT total		0,025	No aplicable
p,p´ - DDT		0,01	No aplicable
1,2 - Dicloroetano		10	No aplicable
Diclorometano		20	No aplicable
Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP)		1,3	No aplicable
Diurón		0,2	1,8
Endosulfán		0,005	0,01
Fluoranteno		0,1	1
Hexaclorobenceno		0,01	0,05
Hexaclorobutadieno		0,1	0,6
Hexaclorociclohexano (suma de isómeros)		0,02	0,04
Isoproturón		0,3	1
Plomo y sus compuestos		7,2	No aplicable
Mercurio y sus compuestos		0,05	0,07
Naftaleno		2,4	No aplicable
Níquel y sus compuestos		20	No aplicable
Nonilfenol		0,3	2
4-Nonilfenol		0,3	2
Octilfenol		0,1	No aplicable
Pentaclorobenceno		0,007	No aplicable
Pentaclorofenol		0,4	1
Hidrocarburos aromáticos policíclicos		No aplicable	No aplicable

SUSTANCIAS PRIORITARIAS Y OTROS CONTAMINANTES	NCA-MA (µg/L)	NCA-CMA (µg/L)
Benzo(a)pireno	0,05	0,1
Benzo(b)fluoranteno	$\Sigma = 0,03$	No aplicable
Benzo(k)fluoranteno		
Benzo(g,h,i)perileno	$\Sigma = 0,002$	No aplicable
Indeno(1,2,3,-cd)pireno		
Simazina	1	4
Tetracloroetileno	10	No aplicable
Compuestos de tributilestaño	0,0002	0,0015
Tricloroetileno	10	No aplicable
Triclorometano	2,5	No aplicable
Triclorobencenos (suma de isómeros)	0,4	No aplicable
Trifluralina	0,03	No aplicable

Si se da el caso de que la concentración (valor puntual o media anual), medida en una masa de agua para alguno de los contaminantes que intervienen en la evaluación del estado químico, coincide exactamente con la norma de calidad ambiental (NCA-CMA o NCA-MA), se ha adoptado el criterio de considerarlo como cumplimiento y, por tanto, el estado químico asociado a dicha masa de agua se califica como bueno.

Se debe tener en cuenta que todas las normas de calidad ambiental se refieren a concentraciones totales de los diferentes contaminantes en la muestra de agua, a excepción de los metales (cadmio, plomo, mercurio y níquel), en los que se refieren a concentraciones disueltas (obtenidas por filtración a través de membrana de 0,45 µm u otro pretratamiento equivalente).

Al igual que sucedía con el cobre y zinc, utilizados para la evaluación del estado y potencial ecológicos, las normas de calidad ambiental del parámetro “cadmio y sus compuestos” se aplican en función de la dureza del agua, obtenida a partir de los registros más recientes disponibles en la masa de agua. Por tanto, en aquellas masas de agua sin información sobre la dureza del agua, se aplicaría el valor menos restrictivo.

Para el cálculo del valor medio anual de cada uno de los contaminantes se ha atendido a lo establecido en el anexo V.2 del RD 60/2011; es decir, en el caso de que alguna de las medidas tomadas a lo largo del año sea inferior al límite de cuantificación (LC), se fija su valor en la mitad del LC a efectos del cálculo de la media anual, salvo si el parámetro es suma total de un grupo (hexaclorociclohexano, plaguicidas de tipo ciclodieno, DDT total y triclorobenceno), en cuyo caso los resultados inferiores al LC se consideran cero. En el apéndice IV del anejo 8.2 se describe pormenorizadamente la casuística en la aplicación de estas normas de calidad ambiental.

Cuando la NCA de una determinada sustancia sea inferior a la mitad del valor del límite de cuantificación de esa sustancia, y todos los resultados obtenidos para esa sustancia sean inferiores al límite de cuantificación, no es posible valorar el estado químico para esa sustancia (porque, en caso de hacerlo, se podrían producir falsos positivos de forma sistemática) y el estado químico de la masa de agua se obtiene a partir del resto de parámetros. Esta situación se da para el cadmio y sus compuestos, mercurio y sus compuestos, hexaclorobutadieno, triclorobenceno y, en algunos casos, para el naftaleno.

A fin de obtener un diagnóstico final de estado químico a nivel de masa de agua, por un lado, se compara cada una de las mediciones puntuales de los parámetros analizados en los diferentes puntos de muestreo con la NCA-CMA correspondiente y, por otro, se compara el valor medio anual de cada parámetro con la NCA-MA correspondiente. Si en esta comparación se detecta algún incumplimiento, el estado químico de esa masa de agua no alcanza el bueno. Si, por el contrario, todos los contaminantes analizados cumplen tanto su NCA-CMA como su NCA-MA, la masa de agua se encuentra en estado químico bueno.

4. CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

El estado de las masas de agua subterránea queda determinado por el peor valor de su estado cuantitativo y de su estado químico.

Para clasificar el estado cuantitativo de las masas de agua subterránea se utiliza como indicador el nivel piezométrico, medido en los puntos de control de la red de seguimiento, complementado mediante el uso de indicadores de explotación de los acuíferos (apartado 5.2.3.1 de la IPH). Dicho estado podrá clasificarse como bueno o malo.

Para clasificar el estado químico de las masas de agua subterránea se utilizan indicadores que emplean como parámetros las concentraciones de contaminantes y la conductividad, y la influencia de dichas concentraciones en el medio subterráneo en el medio superficial. Dicho estado se clasifica como bueno o malo.

4.1. Estado cuantitativo

La evaluación del estado cuantitativo de cada masa de agua subterránea se realiza de forma global para toda la masa mediante el uso de indicadores de explotación de los acuíferos y de los valores de los niveles piezométricos. Así, para cada masa de agua subterránea se lleva a cabo un balance entre la extracción y el recurso disponible, que sirve para identificar si se consigue un equilibrio que permita alcanzar el buen estado. Como indicador de este balance se define el índice de explotación de la masa de agua subterránea, que se obtiene como el cociente entre las extracciones y el recurso disponible. Este indicador se calcula con el valor medio del recurso subterráneo y los datos de extracciones representativos de unas condiciones normales de suministro en los últimos años. Dado que se carece de información sistemática sobre los volúmenes realmente extraídos, se toma como valor de la extracción representativa de las demandas de aguas estimadas en cada masa, dato que se ha descrito a nivel general en el anejo 5 (Demandas de agua) y que se ha contrastado con los datos de derechos concedidos en el programa ALBERCA (MAGRAMA).

El recurso disponible en las masas de agua subterráneas se define como el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

Para determinar el estado cuantitativo se han utilizado también como indicadores los niveles piezométricos, que se han medido en puntos de control significativos de las masas de agua subterránea. En los casos en que se encuentren diferencias espaciales apreciables entre los niveles piezométricos dentro de una misma masa de agua subterránea deberán realizarse análisis zonales.

Se considera que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuando el índice de explotación es mayor de 0,8 y además existe una tendencia clara de disminución de los niveles piezométricos en una zona relevante de la masa de agua subterránea.

Asimismo se considera que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuantitativo, cuando está sujeta a alteraciones antropogénicas que impiden alcanzar los objetivos medioambientales para las aguas superficiales asociadas, que puede ocasionar perjuicios a los ecosistemas existentes asociados o que puede causar una alteración del flujo que genere salinización u otras intrusiones.

Entre los indicadores que señala la Guía nº18 de la DMA, dentro de las posibles alteraciones antropogénicas, se ha llevado a cabo el test de intrusión salina u otras intrusiones a través de los muestreos de la red de calidad, si bien este indicador no ha dado muestras de alteración significativa. Este dato se ha tenido también en cuenta en relación con el estado químico.

Asimismo se han realizado los test de afección a aguas superficiales y ecosistemas terrestres dependientes con una confianza en los resultados menor que en los otros test debido a la dificultad de interpretación de algunas componentes necesarias en estos ejercicios. La continua actualización de los datos disponibles y el avance en el conocimiento de la relación río-acuífero permitirá profundizar en estas afecciones y en la mejora de la caracterización de las afecciones provocadas por las aguas subterráneas.

4.2. Estado químico

La evaluación del estado químico de una masa o grupo de masas de agua subterránea se realiza, de forma global para toda la masa, con los indicadores calculados a partir de los valores de concentraciones de contaminantes y conductividad registrados en los puntos de control.

Para evaluar el estado químico de una masa o de un grupo de masas de agua subterránea se utilizan, siguiendo lo expuesto en el R.D. 1514/2009, las normas de calidad siguientes:

- a) Nitratos: 50 mg/l NO₃-.

- b) Sustancias activas de los plaguicidas, incluidos los metabolitos y los productos de degradación y reacción que sean pertinentes: 0,1 µg/l (referido a cada sustancia) y 0,5 µg/l (referido a la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de seguimiento).

Además, se utilizan los valores umbral establecidos para los contaminantes, grupos de contaminantes e indicadores de contaminación que se hayan identificado para clasificar las masas de agua subterránea y que se refieren a las sustancias, iones o indicadores presentes de forma natural o como resultado de actividades humanas (arsénico, cadmio, plomo, mercurio, amonio, cloruro y sulfato), sustancias sintéticas artificiales (tricloroetileno y tetracloroetileno) y parámetros indicativos de salinización u otras intrusiones (conductividad, cloruros o sulfatos).

La determinación de los valores umbral se ha definido en el anterior ciclo de planificación y se ha considerado que los valores resultantes del análisis efectuado en su momento están vigentes actualmente y reflejan la situación general de las masas de agua subterránea. La puesta en marcha de nuevos puntos de control y la obtención de nuevos datos de parámetros químicos podrían resultar en un establecimiento o eliminación de algún valor considerado anteriormente.

De acuerdo con las instrucciones complementarias de la DGA, el cálculo debe realizarse al menos para aquellas masas de agua subterránea identificadas en riesgo químico que se describen en el apéndice III de este mismo anejo, sin embargo, en este trabajo se han incluido otras masas de agua singulares donde la presencia de ciertos elementos (arsénico, por ejemplo) puede aconsejar el establecimiento particular de valores umbral.

El procedimiento consistió en conocer la concentración de aquellas sustancias que pudieran impedir el logro de los objetivos ambientales. Adicionalmente, cuando se trata de un contaminante de claro origen antrópico para el que el RD 140/2003, establece valores límite superiores, se tomó como valor umbral el fijado por el citado real decreto.

Para seleccionar las masas de agua subterránea sobre las que realizar la caracterización adicional se tuvieron en cuenta las instrucciones complementarias de la DGA, referidas a las masas en riesgo químico. Además se incluyeron otras masas de agua singulares donde la presencia de ciertos elementos (arsénico, por ejemplo) aconsejaba el establecimiento particular de valores umbral.

Para los indicadores que pueden estar presentes tanto de forma natural como consecuencia de las actividades humanas en las masas de agua, tales como el arsénico, cloruro, conductividad, fluoruro, sodio y sulfato, se han de hallar los valores de fondo para poder calcular los valores umbral.

En aquellos casos en los que se ha excedido las normas de calidad a escala local y el impacto en el estado químico no es representativo de las condiciones que se dan en toda la masa de agua subterránea, no se puede extrapolar el dato a toda la masa de agua y se ha descartado el cálculo; sólo tiene sentido hallar el valor umbral si está generalizado en la masa de agua.

La sistemática seguida para fijar los valores umbral para los parámetros químicos indicativos de una masa o grupo de masas de agua subterránea en riesgo, ha sido la siguiente:

1º Evaluación del estado químico de cada masa de agua subterránea teniendo en cuenta los valores paramétricos establecidos en la DMA y el RD 140/2003.

2º En aquellas masas de agua subterránea identificada en riesgo químico, se ha realizado un cálculo estadístico punto por punto para determinar dónde se localiza la afección natural o la contaminación; si ésta resulta generalizada en más del 20% de la superficie de la masa de agua, o bien una revisión de los valores y bibliografía histórica sobre la zona lo evidencian que el riesgo químico es representativo de toda la masa de agua se ha de calcular el nivel de fondo o valor criterio, que equivale al valor del percentil 90 del total de las medidas de ese parámetro dentro de la masa, en el periodo de confianza de datos que se ha evaluado para estos cálculos que comprende desde el año 2001 hasta el 2009 cuando el número de medidas no excede de 60, o bien del percentil 97,7 cuando la cantidad de datos es superior a 60.

3º Una vez fijados el nivel de fondo (NF) para el parámetro cuya concentración excede el valor paramétrico establecido en la norma de calidad, se compara con el valor paramétrico establecido en la legislación de referencia (VP), de modo tal que en caso de obtener un nivel de fondo inferior al valor paramétrico de referencia, el valor umbral será igual a dicho valor de referencia; si el nivel de fondo resultante es mayor al valor paramétrico, entonces se tomará dicho nivel de fondo como valor umbral:

Si $NF \leq VP \rightarrow VU = VP$

Si $NF > VP \rightarrow VU = NF$

Los datos referidos a los niveles de referencia necesarios a la hora de definir los valores umbral, así como los propios valores umbral definidos y los valores básicos pueden consultarse en la pestaña Calidad Química de la sección masas de agua subterránea del sistema de información Mírame-IDEDuero.

Los valores umbral calculados se convierten así en la norma de calidad de cada parámetro para cada una de las masas en las que se derivan.

Tabla 41. Valores umbral establecidos en las masas de agua subterránea.

Código masa	Nombre de la masa	Parámetro	Criterio de selección	Valor umbral (mg/l)
400038	Tordesillas	Amonio	RD 140/2003	0,5
400045	Los Arenales			
400047	Medina del Campo			
400052	Salamanca			
400055	Cantimpalos			
400045	Los Arenales	Arsénico	Percentil 97,7	0,140
400047	Medina del Campo			0,079
400052	Salamanca			0,047
400053	Vitigudino		Percentil 90	0,204
400058	Campo Charro			0,027
400063	Ciudad Rodrigo			0,630
400031	Villafáfila	Cloruros	Percentil 97,7	303
400038	Tordesillas			441
400031	Villafáfila	Sodio	Percentil 97,7	295
400038	Tordesillas			522
400045	Los Arenales			1.040
400067	Terciario bajo Páramos			404
400016	Castrojeriz			456
400045	Los Arenales	Sulfatos	Percentil 97,7	1.108
400067	Terciario bajo Páramos			1.548

Se considera que una masa de agua subterránea o grupo de masas de agua subterránea tiene un buen estado químico cuando:

- La composición química de la masa o grupo de masas, de acuerdo con los resultados de seguimiento pertinentes, no presenta efectos de salinidad u otras intrusiones, no rebasa las normas de calidad establecidas, no impide que las aguas superficiales asociadas alcancen los objetivos medioambientales y no causa daños significativos a los ecosistemas terrestres asociados.
- No se superan los valores de las normas de calidad de las aguas subterráneas ni los valores umbral correspondientes establecidos, en ninguno de los puntos de control de dicha la masa o grupo de masas de agua subterránea.
- Se supera el valor de una norma de calidad o un valor umbral en uno o más puntos de control, pero una investigación adecuada confirma que se cumplen las condiciones requeridas en la Instrucción de Planificación Hidrológica (apartado 5.2.3.2.2).

Para determinar la composición química de la masa o grupos de masas se utiliza la media aritmética espacial de la concentración en cada punto de control representativo de la masa de agua.

Para cada masa o grupo de masas de agua subterránea se debe identificar toda tendencia significativa y sostenida al aumento de las concentraciones de los contaminantes, grupos de contaminantes o indicadores de contaminación detectados y se definen los puntos de partida de las inversiones de tendencia. El procedimiento de determinación de tendencias significativas y sostenidas al aumento de contaminación se lleva a cabo de la siguiente forma:

- Se eligen frecuencias y puntos de control suficientes.
- Se utilizan métodos de control y análisis acordes con métodos normalizados.
- La evaluación se basa en un método estadístico como el análisis de regresión y se analizan las tendencias en series temporales en puntos de control concretos.
- Para evitar sesgos, todas las mediciones por debajo del límite de cuantificación se cifran en la mitad del valor del límite de cuantificación más alto registrado durante el período, con excepción del correspondiente al valor total de los plaguicidas.

Para cada contaminante, grupo de contaminantes o indicadores de contaminación detectados se define el punto de partida de la inversión de tendencia como porcentaje del nivel de las normas de calidad de las aguas subterráneas y de los valores umbral. Este Plan Hidrológico adopta como punto de partida, para aplicar medidas destinadas a invertir tendencias significativas y sostenidas al aumento de la contaminación,

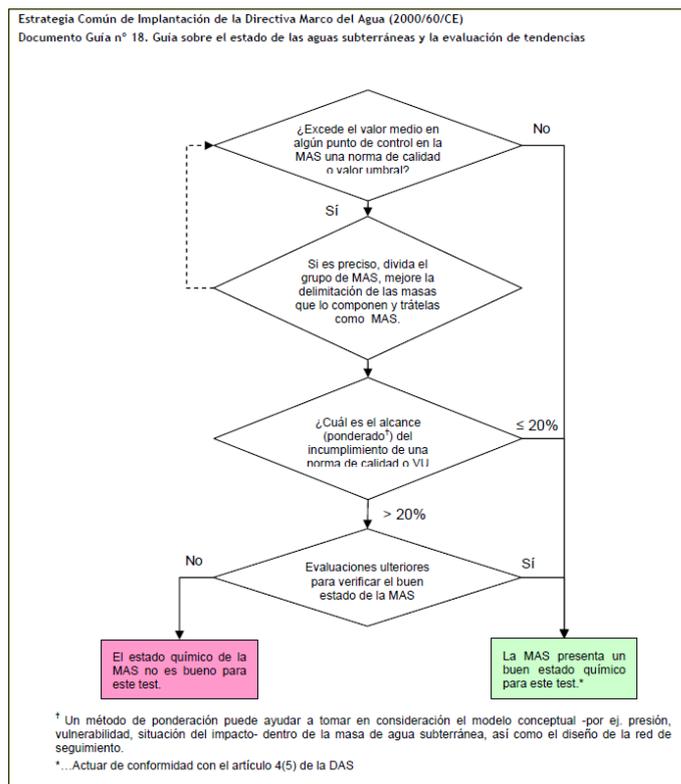
el momento en el cual la concentración del contaminante alcanza el 75% de los valores paramétricos de las normas de calidad de las aguas subterráneas o de los valores umbral establecidos en el presente Plan Hidrológico.

La valoración del estado ha seguido como indicaciones globales las que determina la Estrategia común de implantación de la Directiva Marco del Agua en su Documento Guía nº 18.

En este documento se propone el uso de varios test de valoración del estado de las aguas subterráneas. En la evaluación llevada a cabo actualmente se han tenido en cuenta las indicaciones de los test:

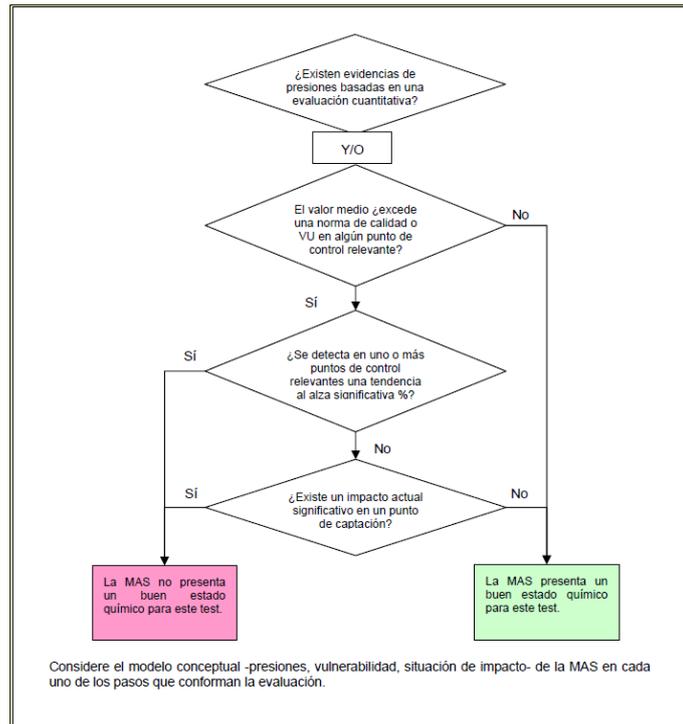
- Test 1. Evaluación general del estado químico de toda la masa de agua subterránea. En el que se estima si la afección provocada por el exceso de concentración en el valor medio de las estaciones de control de una masa de una norma de calidad o de un valor umbral, puede provocar el mal estado general de la masa, tomándose como valor límite del alcance del incumplimiento un 20% de los datos.

Figura 12. Test de evaluación general del estado químico de toda la masa de agua subterránea.



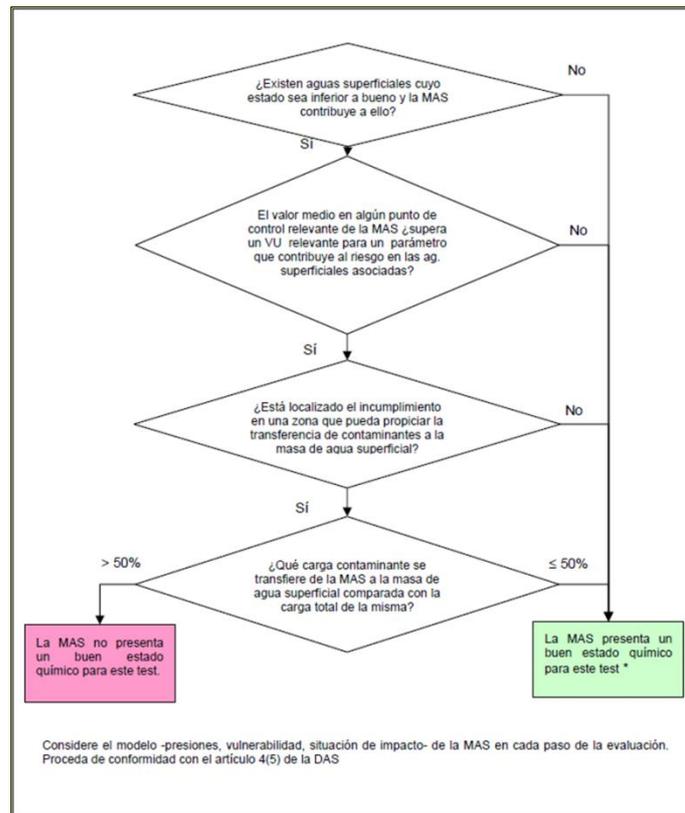
- Test 2. Salinización y otras intrusiones. Llevado a cabo en las masas consideradas en mal estado cuantitativo, o con valores del índice de explotación cercanos a 0,8. Este test se ha realizado por primera vez en la Demarcación en este ciclo de planificación.

Figura 13. Test de evaluación de intrusiones y salinizaciones.



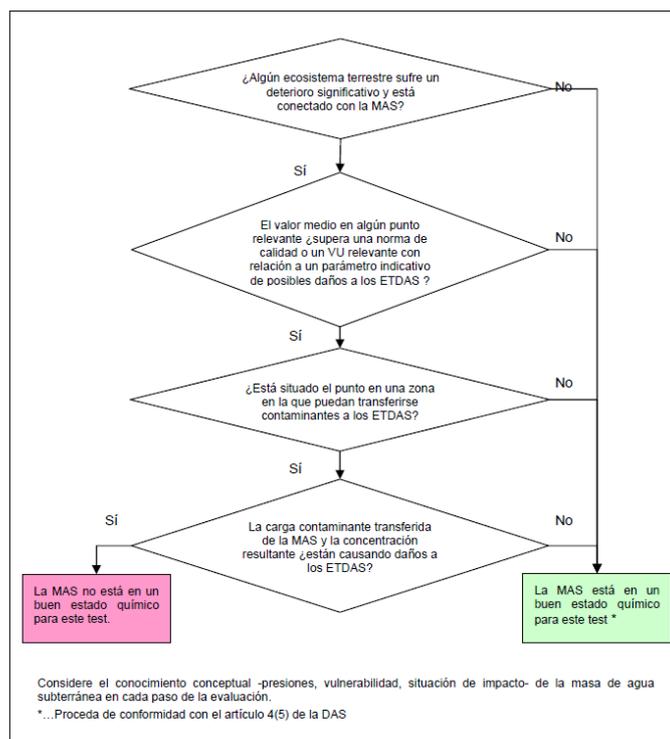
- Test 3. Ausencia de afección significativa a las condiciones químicas y ecológicas del agua superficial por transferencia de contaminantes de las masas subterráneas. En la cuenca se han interpretado asociaciones con las masas de agua superficiales en algunos humedales de origen hipogénico, si bien, zonas vulnerables superficiales por contaminación por nitratos, como la que está en estudio actualmente según la resolución del 24 de marzo de 2011 de la por la que se determinan la situación en riesgo de las masas del río Hornija y sus afluentes, sobre las que se han muestreado niveles de nitrato muy elevados.

Figura 14. Test de disminución significativa de la calidad ecológica o química de las masas superficiales asociadas.



- Test 4. Ausencia de afección Daño significativo a los ecosistemas terrestres dependientes de las aguas subterráneas (ETDAS) producido por la transferencia de contaminantes procedentes de la masa de agua subterránea.

Figura 15. Test de afección a ecosistemas terrestres asociados.



5. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES

En el presente apartado se ofrecen los resultados obtenidos para las masas de agua superficiales en la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero para estado ecológico, estado químico y estado general, tomando como referencia el año 2013.

Los datos aquí presentados deben interpretarse con cautela y, en todo caso, considerarse como aproximaciones provisionales, ya que todavía no ha sido posible implementar todo el conjunto de indicadores requerido para realizar una evaluación del estado o potencial ecológico integral y fiable, y algunos de los que se han implementado aún no han sido completamente testados, al menos en las masas de agua de la cuenca del Duero. En cuanto al estado químico, puesto que no es viable económicamente realizar un seguimiento de todas las sustancias prioritarias en todas las masas de agua, en las masas de agua en las que no se ha realizado dicho control en base a un “screening” previo o a cualquier otro motivo, se simplifica presuponiendo su inexistencia y, por lo tanto, su buen estado químico.

Para la presentación de estos resultados se han tenido en cuenta las especificaciones recogidas en el punto 5.1.5 de la IPH. En el Apéndice II – VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL de este anejo, se puede encontrar información más detallada sobre estos resultados.

5.1. Estado o potencial ecológico

A continuación se ofrecen los resultados de estado ecológico en ríos naturales y en lagos, y de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos y en embalses, tanto en forma de mapa como en forma de tabla.

Figura 16. Resultados de estado ecológico en ríos naturales (Fuente: CHD).

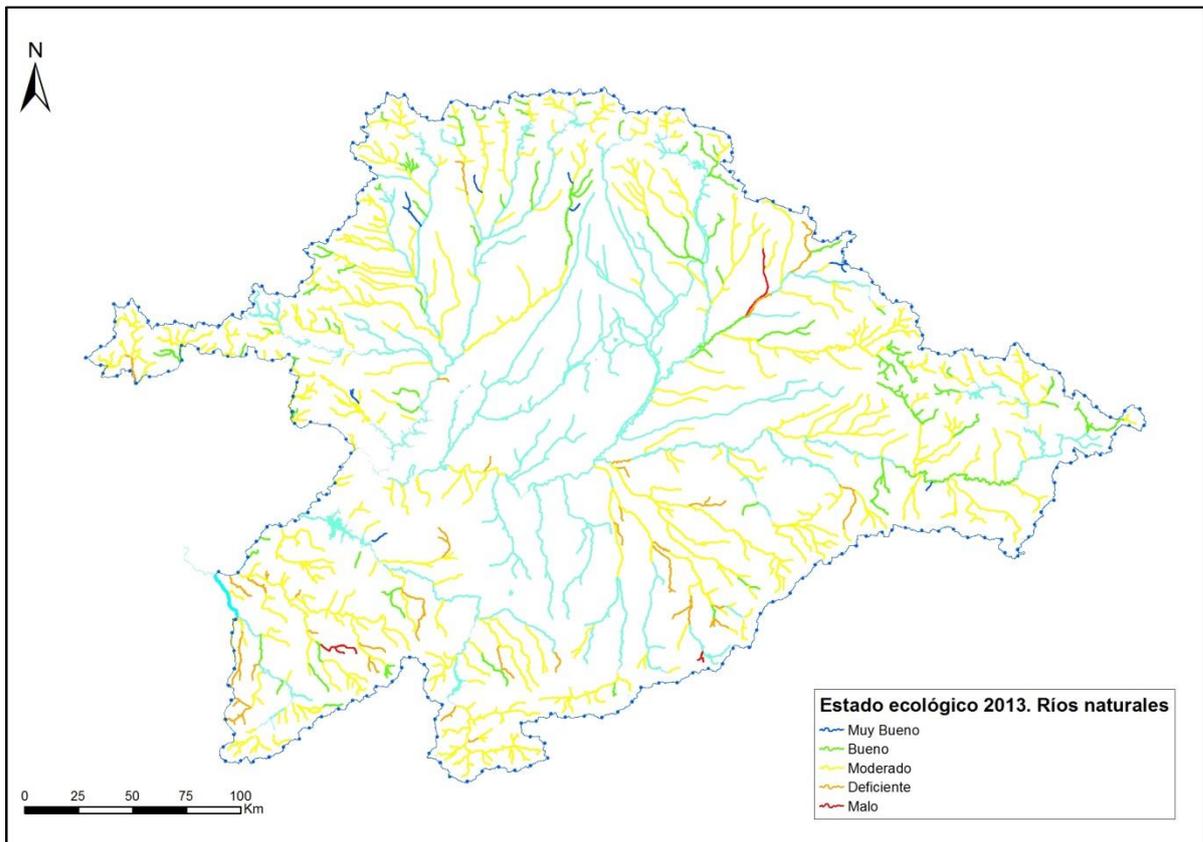


Tabla 42. Resultados de estado ecológico en ríos naturales.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Muy Bueno	9	1,88%
Bueno	85	17,74%
Moderado	345	72,48%
Deficiente	37	7,72%
Malo	3	0,63%
TOTAL	479	100,00%

Figura 17. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).

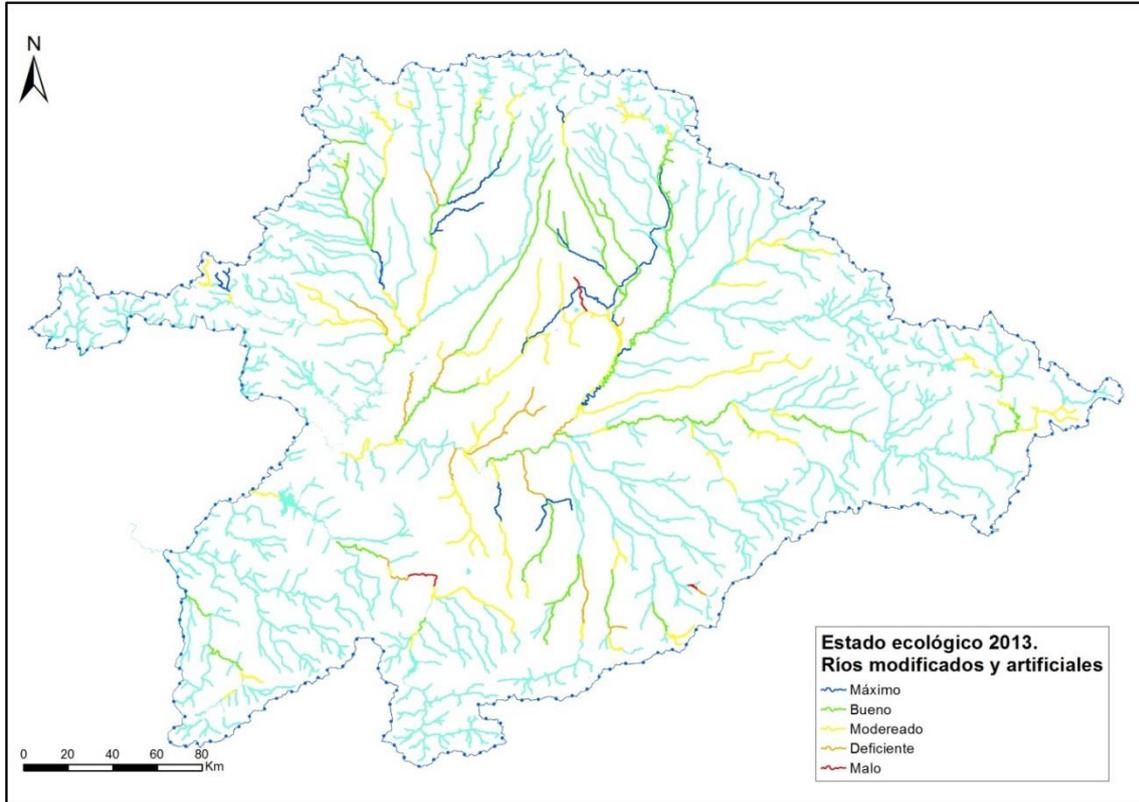


Tabla 43. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Máximo	15	8,88%
Bueno	57	33,73%
Moderado	77	45,56%
Deficiente	17	10,06%
Malo	3	1,78%
TOTAL	169	100,00%

Figura 18. Resultados de estado ecológico en lagos naturales (Fuente: CHD).

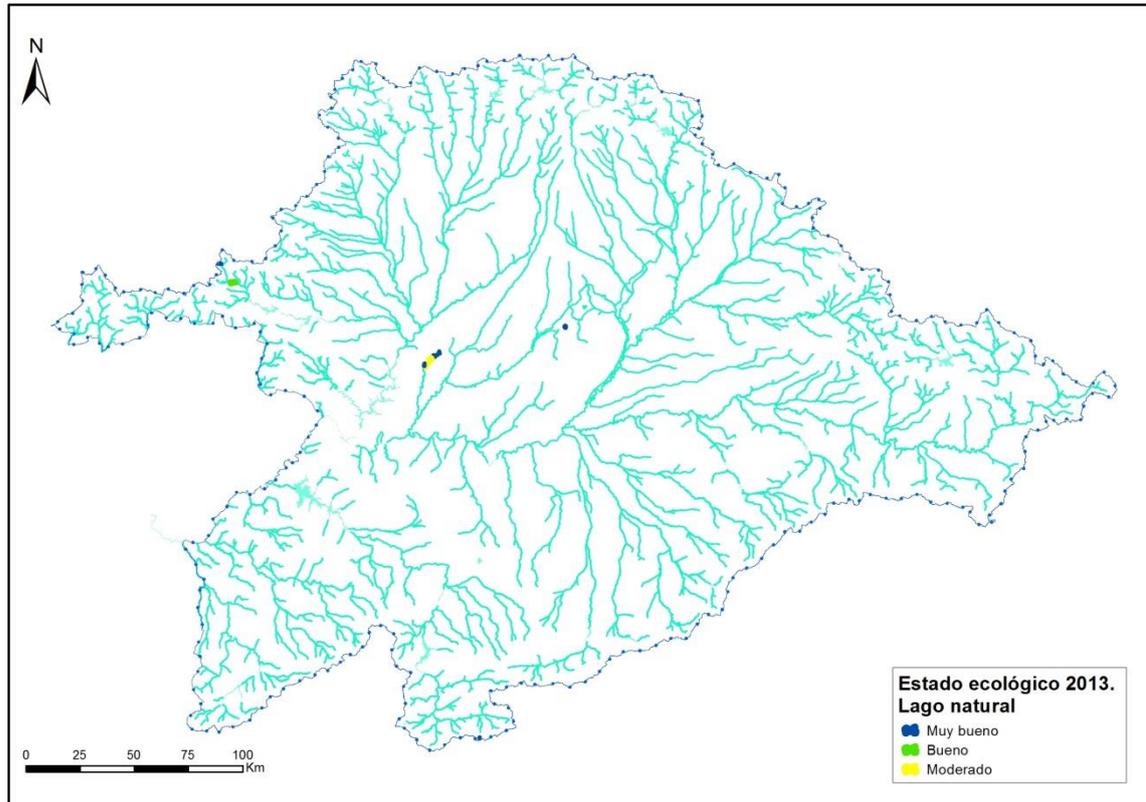


Tabla 44. Resultados de estado ecológico en lagos naturales.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Muy Bueno	5	55,56%
Bueno	1	11,11%
Moderado	3	11,11%
Deficiente	0	22,22%
Malo	0	0,00%
TOTAL	9	100,00%

Figura 19. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).

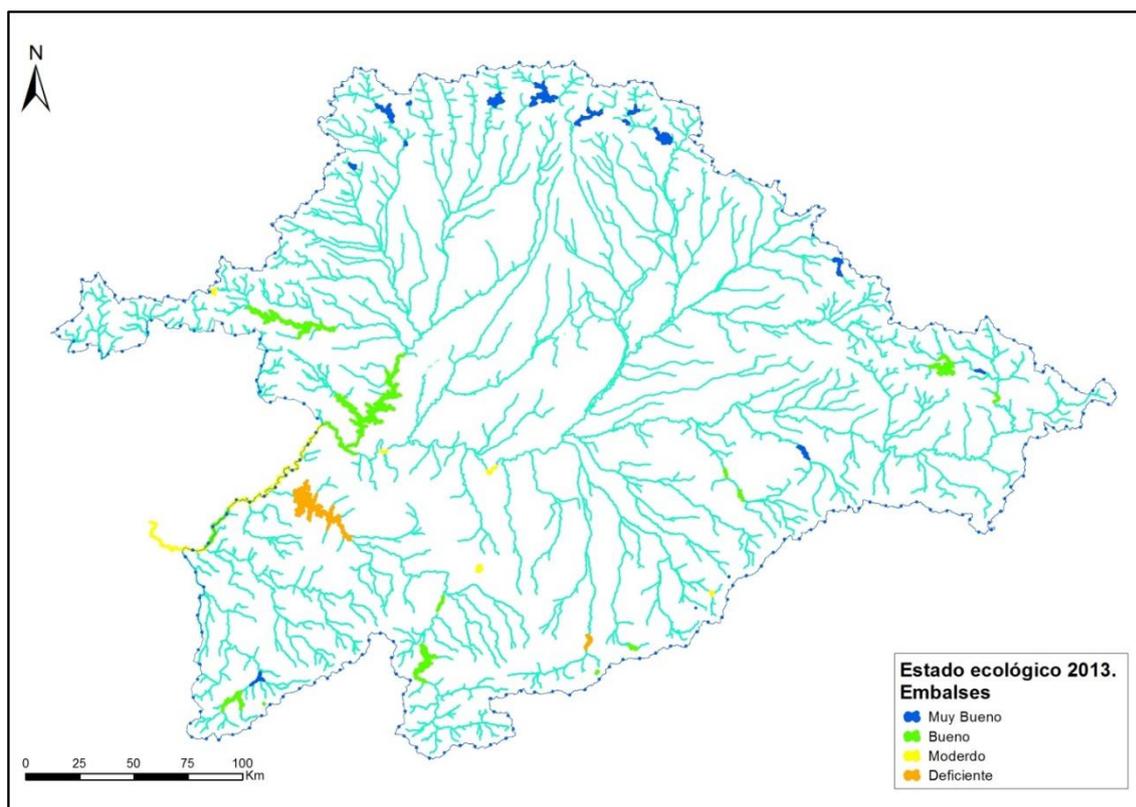


Tabla 45. Resultados de potencial ecológico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses)

Clase	Nº masas de agua	% del total
Máximo	17	36,17%
Bueno	17	36,17%
Moderado	11	23,40%
Deficiente	2	4,26%
Malo	0	0,00%
TOTAL	47	100,00%

5.2. Estado químico

Los resultados de estado químico obtenidos en las masas de agua de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero son los representados en los siguientes mapas y tablas.

Figura 20. Resultados de estado químico en ríos naturales (Fuente: CHD).

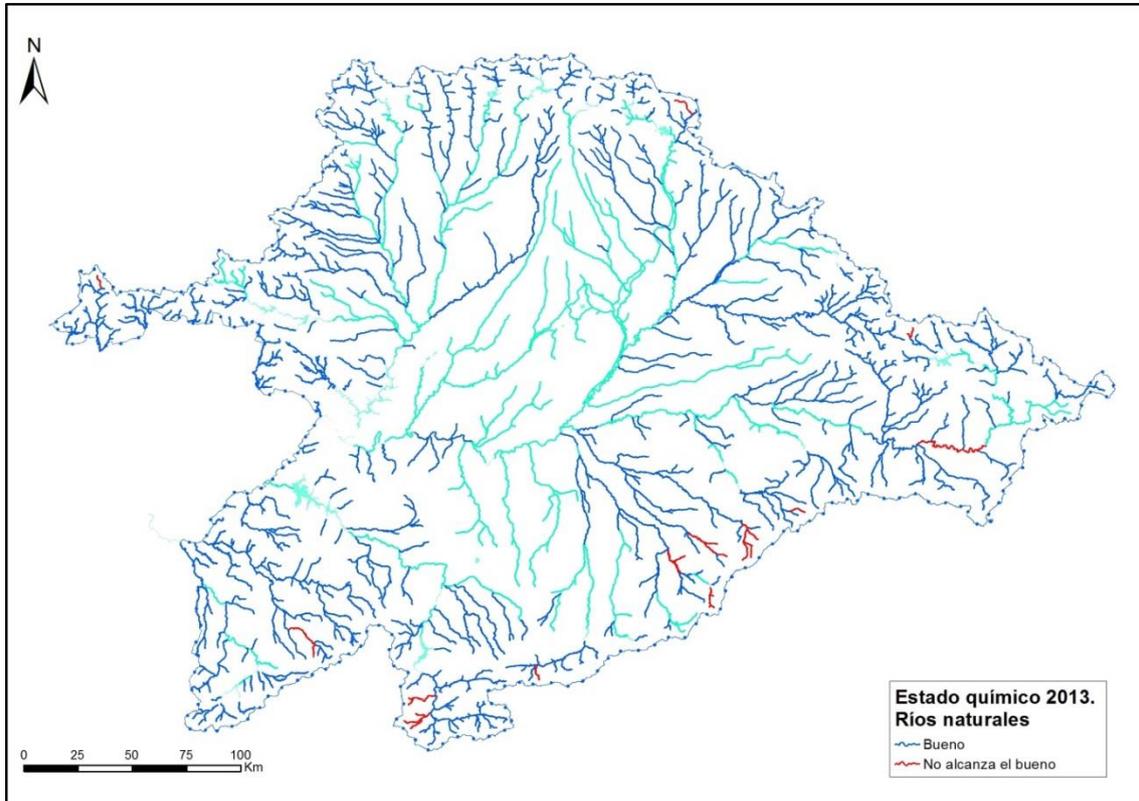


Tabla 46. Resultados de estado químico en ríos naturales.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno	464	96,87%
No alcanza el bueno	15	3,13%
TOTAL	479	100,00%

Figura 21. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).

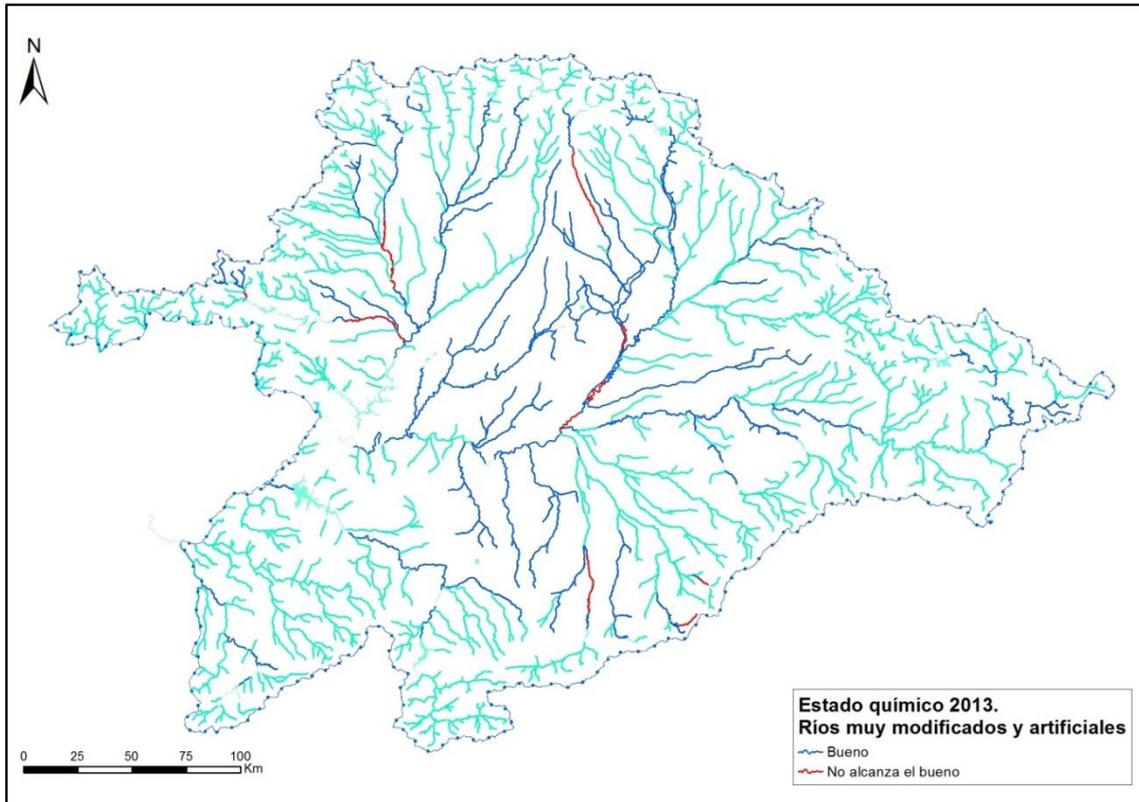


Tabla 47. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno	158	93,49%
No alcanza el bueno	11	6,51%
TOTAL	169	100,00%

Figura 22. Resultados de estado químico en lagos naturales (Fuente: CHD).

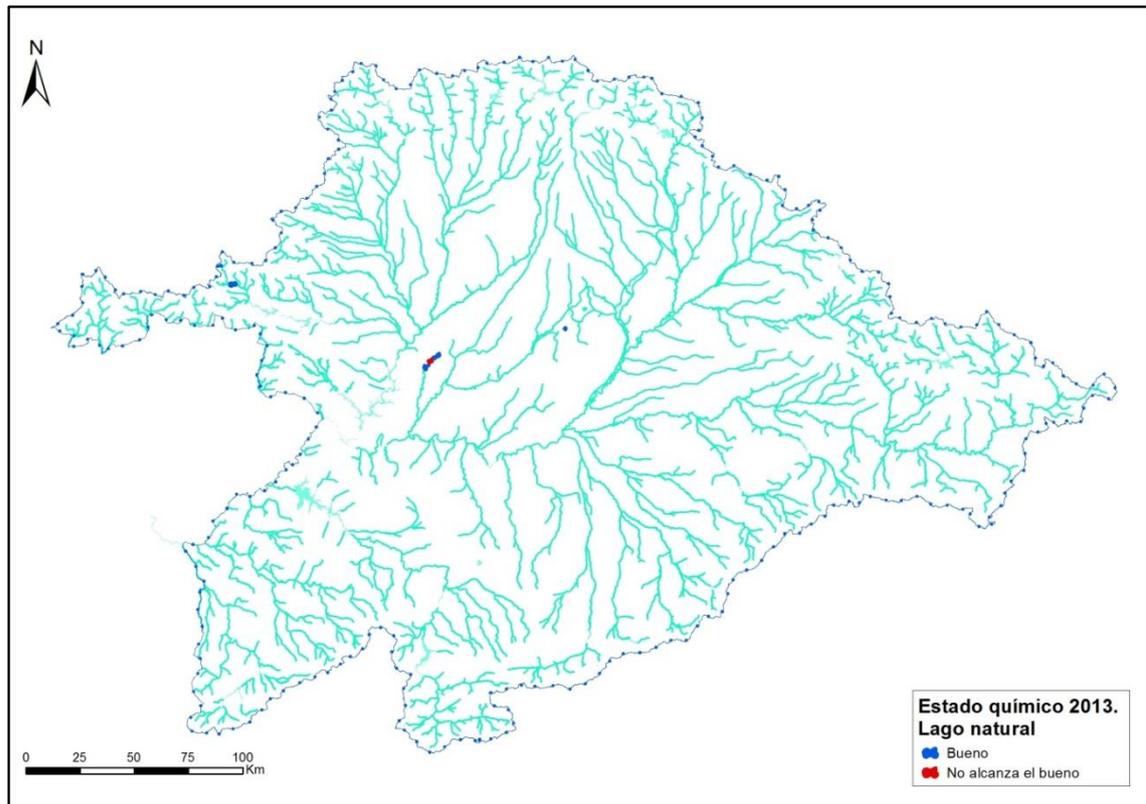


Tabla 48. Resultados de estado químico en lagos naturales.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno	8	88,89%
No alcanza el bueno	1	11,11%
TOTAL	9	100,00%

Figura 23. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).

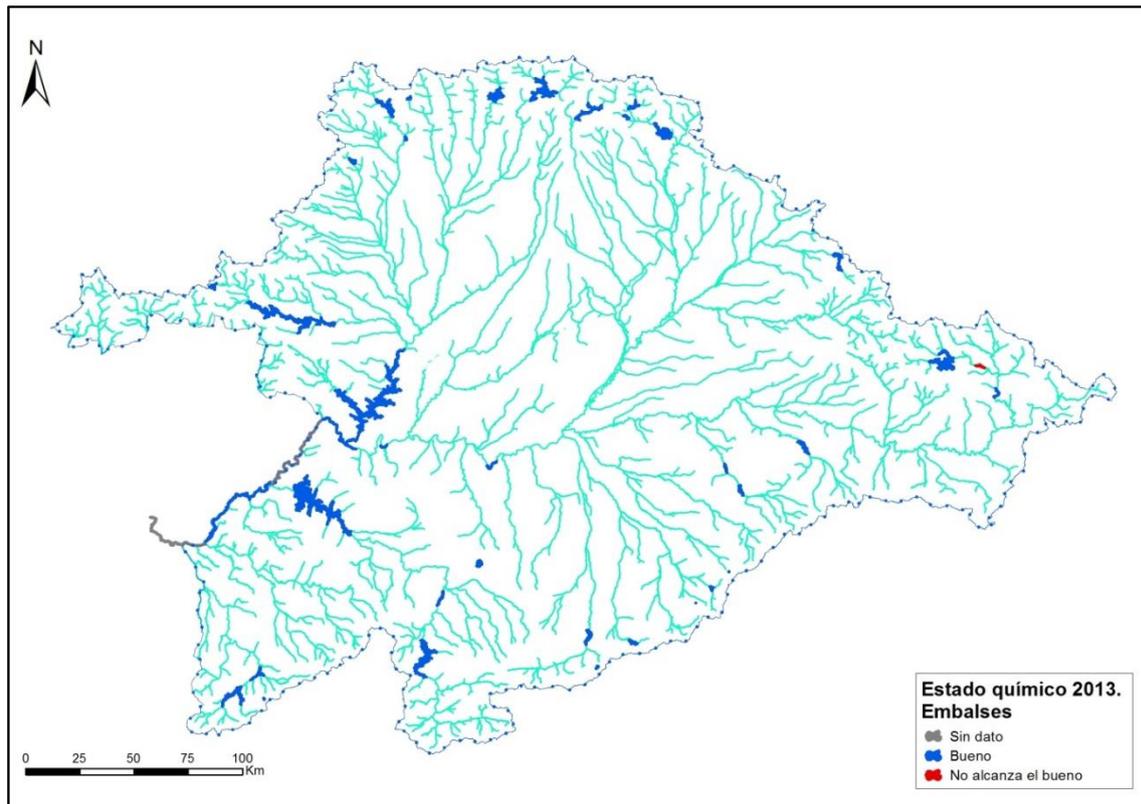


Tabla 49. Resultados de estado químico en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses).

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno	42	89,36%
No alcanza el bueno	1	2,13%
Sin dato	4	8,51%
TOTAL	47	100,00%

5.3. Estado general

El estado general o global de todas las masas de agua superficiales que controla la CHD, diferenciadas por categoría de masa de agua, se refleja en los mapas y tablas presentados a continuación, donde se incluyen específicamente los resultados obtenidos para las masas de agua que se encuentran en zonas protegidas.

A partir de estos resultados se deben identificar las masas de agua en riesgo de empeorar su estado químico e incluir en el programa de medidas aquellas necesarias para evitar el deterioro de dichas masas por presiones antrópicas, tales como limitar los vertidos y otras posibles fuentes de contaminación puntual o difusa.

Figura 24. Resultados de estado en ríos naturales (Fuente: CHD).

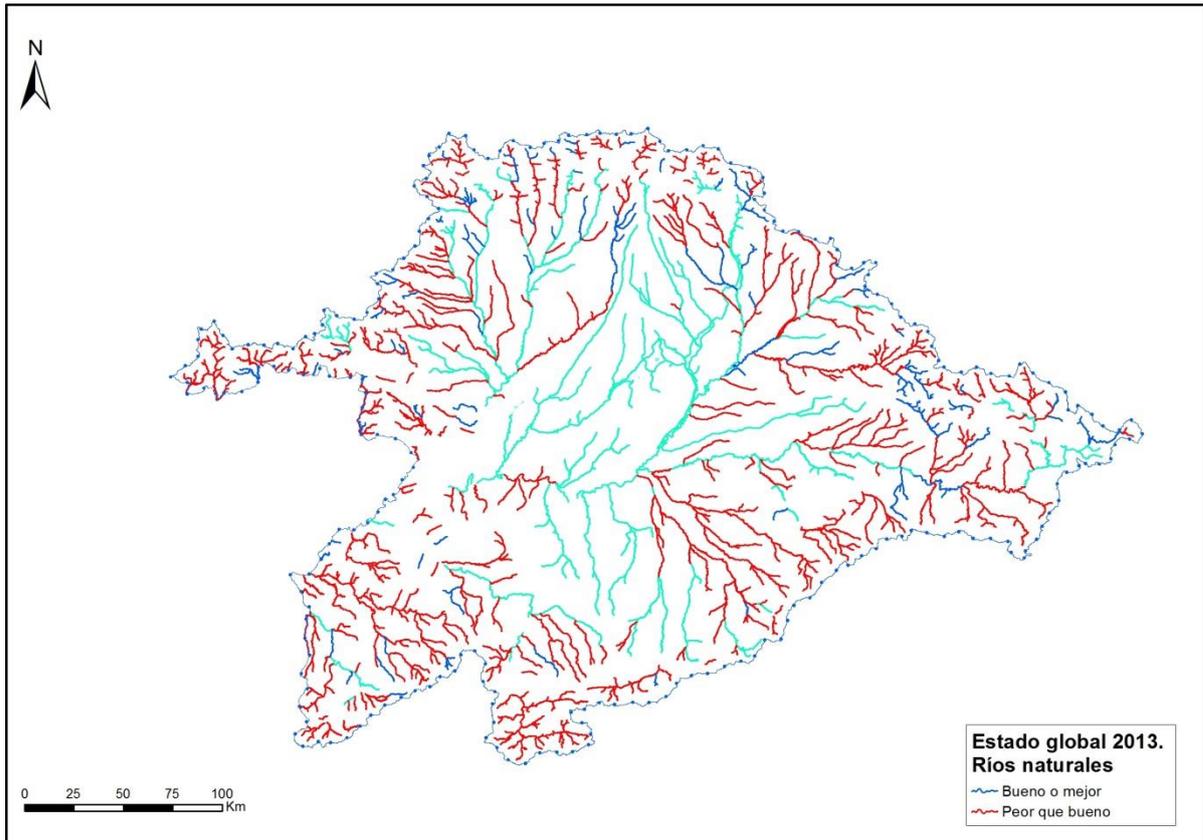


Tabla 50. Resultados de estado en ríos naturales.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	92	19,20%
Peor que bueno	387	80,80%
TOTAL	479	100,00%

Figura 25. Resultados de estado en ríos naturales ubicados en zona protegida. (Fuente: CHD).

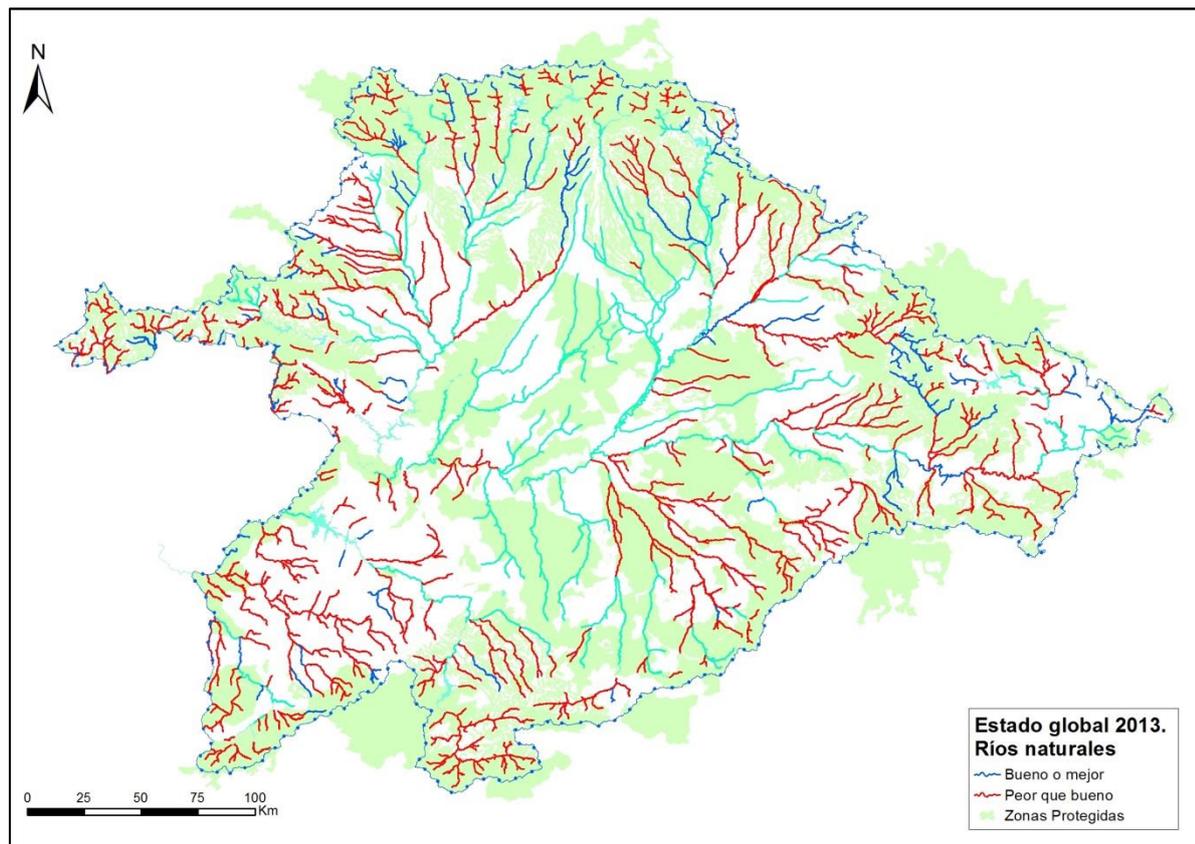


Tabla 51. Resultados de estado en ríos naturales ubicados en zona protegida.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	73	22,74%
Peor que bueno	321	81,47%
TOTAL	394	100,00%

Figura 26. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos (Fuente: CHD).

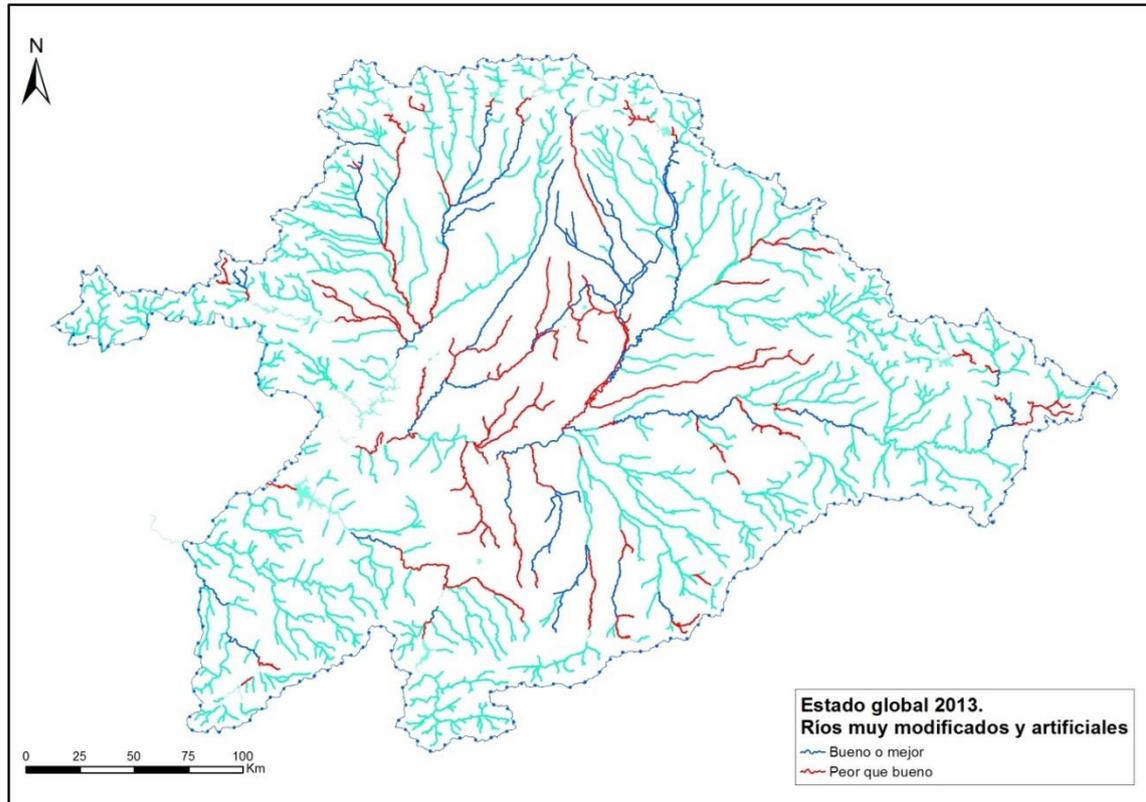


Tabla 52. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	68	40,24%
Peor que bueno	101	59,76%
TOTAL	169	100,00%

Figura 27. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos ubicadas en zona protegida. (Fuente: CHD).

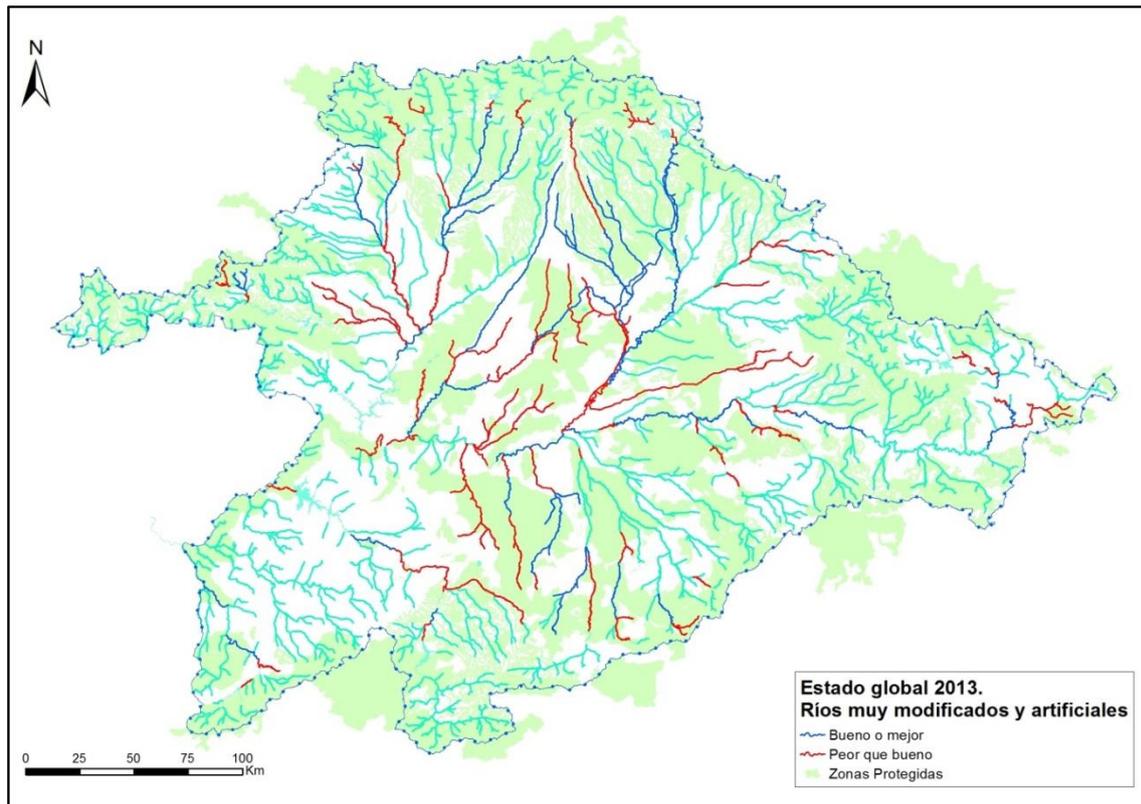


Tabla 53. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a ríos ubicadas en zona protegida.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	65	45,77%
Peor que bueno	77	54,23%
TOTAL	142	100,00%

Figura 28. Resultados de estado en lagos naturales (Fuente: CHD).

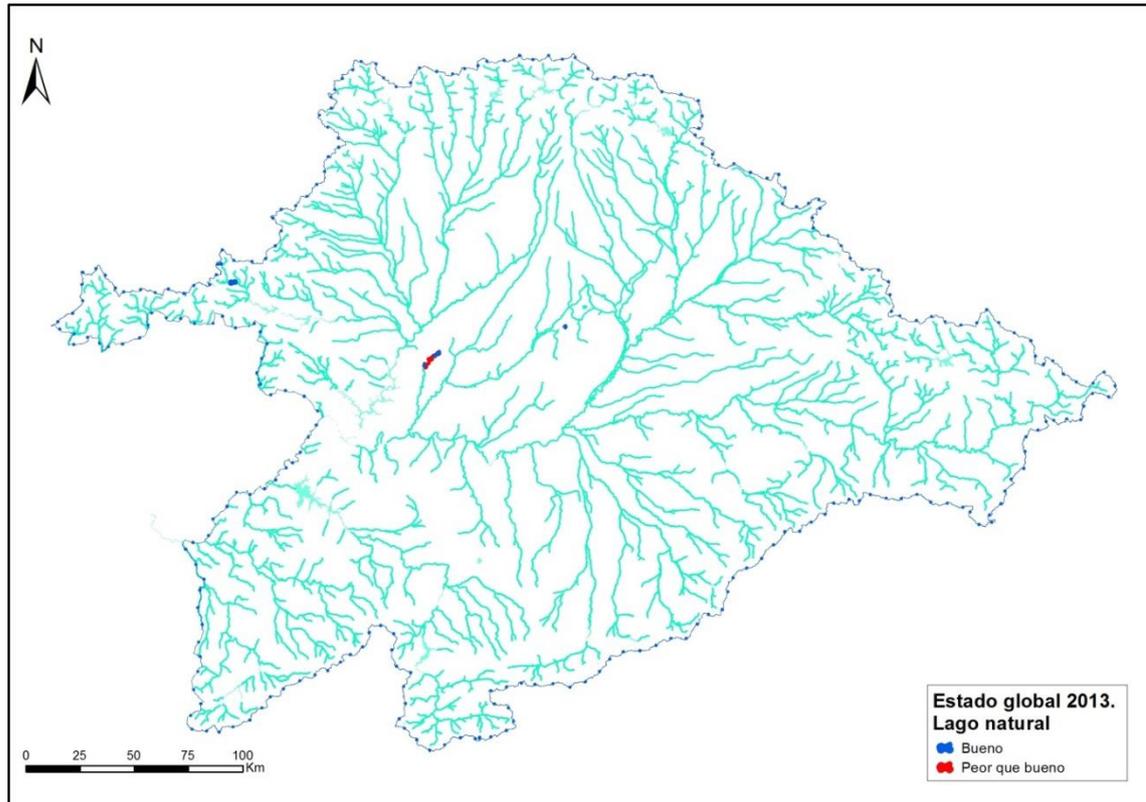


Tabla 54. Resultados de estado en lagos naturales.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	6	66,67%
Peor que bueno	3	33,33%
TOTAL	9	100,00%

Figura 29. Resultados de estado en lagos naturales ubicados en zona protegida. (Fuente: CHD).

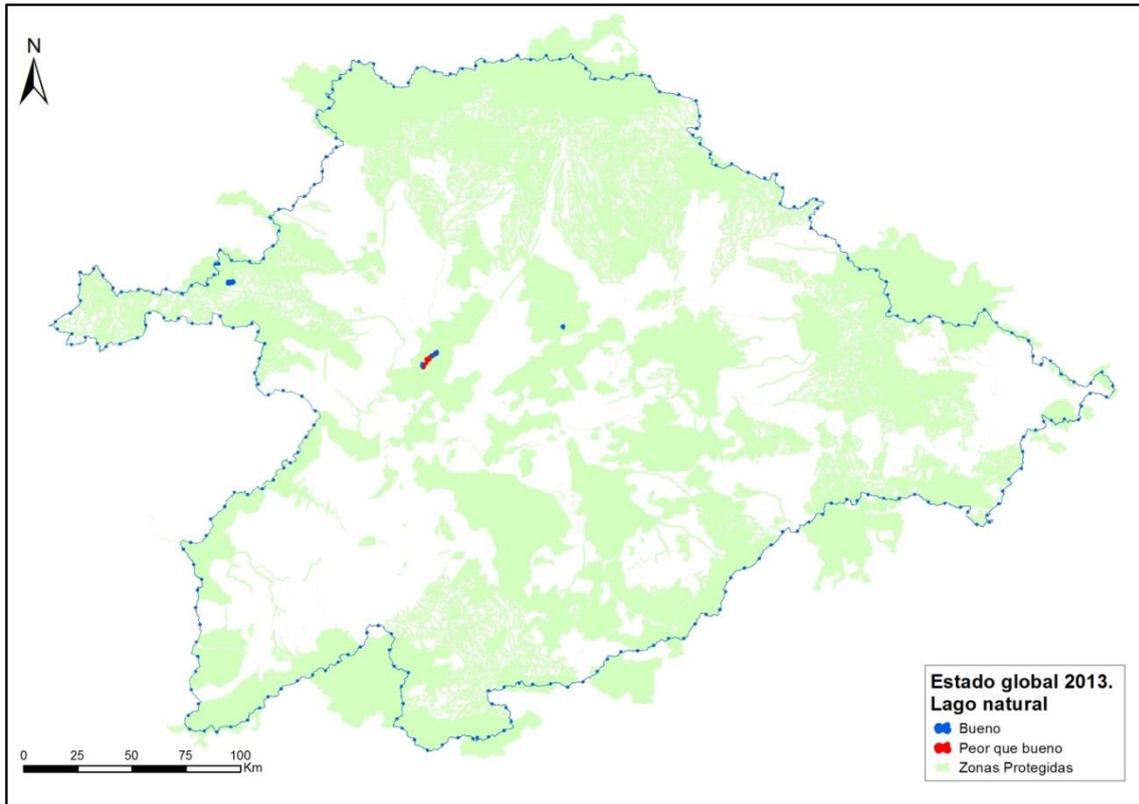


Tabla 55. Resultados de estado en lagos naturales ubicados en zona protegida.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	6	66,67%
Peor que bueno	3	33,33%
TOTAL	9	100,00%

Figura 30. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) (Fuente: CHD).

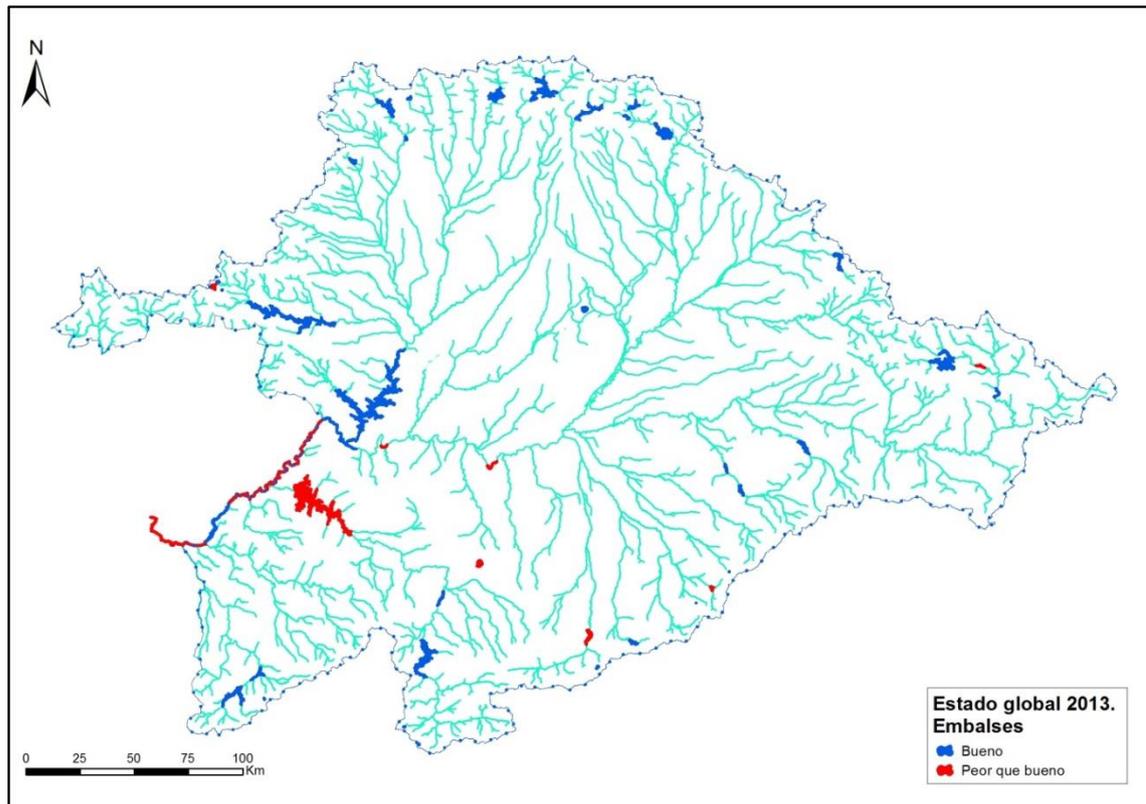


Tabla 56. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses).

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	33	70,21%
Peor que bueno	14	29,79%
TOTAL	47	100,00%

Figura 31. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) ubicadas en zona protegida. (Fuente: CHD).

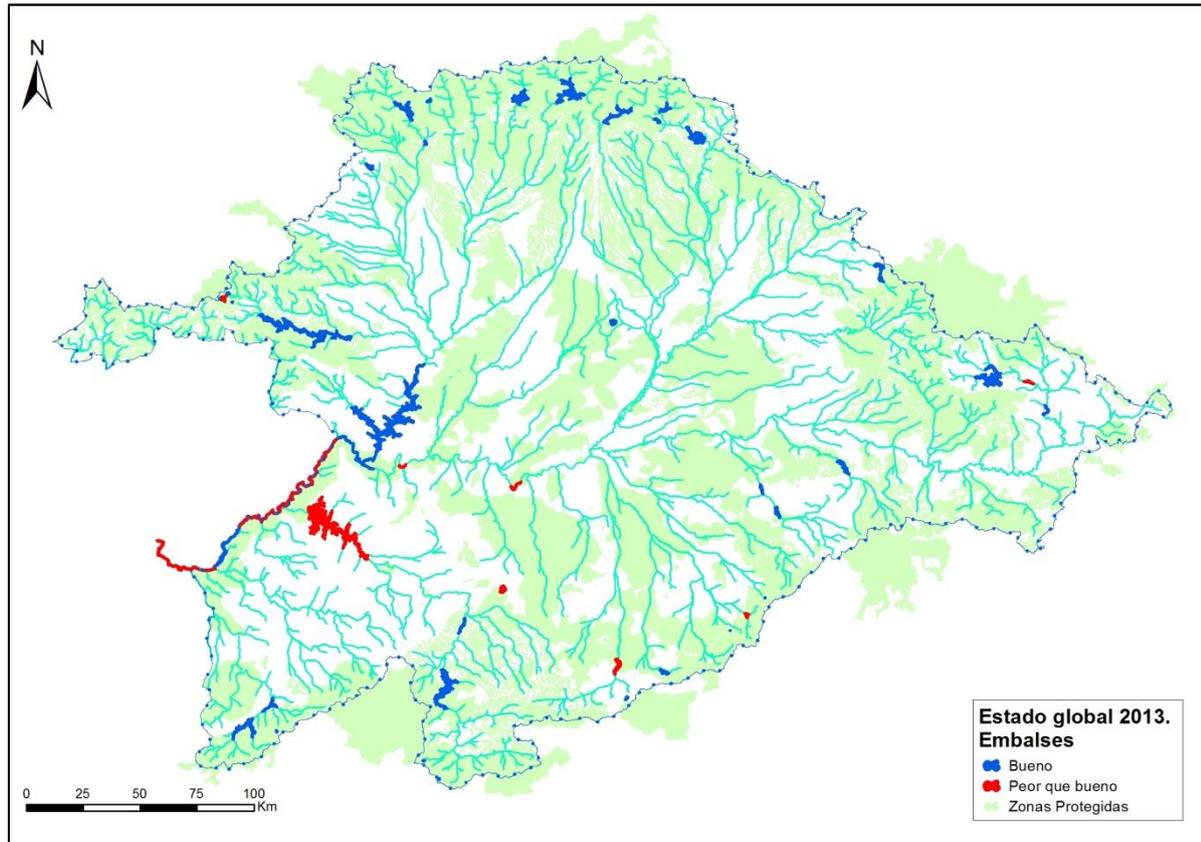


Tabla 57. Resultados de estado en masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos (embalses) ubicadas en zona protegida.

Clase	Nº masas de agua	% del total
Bueno o mejor	33	70,21%
Peor que bueno	14	29,79%
TOTAL	47	100,00%

6. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

6.1. Estado cuantitativo

De acuerdo con lo explicado en la Instrucción de Planificación Hidrológica, se considera que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuando el índice de explotación es mayor de 0,8 y además existe una tendencia clara de disminución de los niveles piezométricos en una zona relevante de la masa de agua subterránea.

6.1.1. Test de evaluación del índice de explotación y tendencias piezométricas

El establecimiento de unos recursos disponibles en cada masa que sean reproducibles a partir de un modelo hidrogeológico es un proceso complejo en el que se han invertido grandes esfuerzos. El programa PATRICAL (UPV) es capaz de modelar los diferentes componentes de los recursos disponibles en una masa de agua y ponerlos en relación a los caudales circulantes y a la piezometría de las masas de agua de la cuenca.

El programa PATRICAL estima dos tipos de modelaciones de los flujos subterráneos, en régimen natural o el régimen alterado. Para el primero de ellos, las condiciones que rigen el modelo son las que tendría el sistema hidrológico sin afecciones por las detracciones, mientras que en el régimen alterado, los condicionantes externos derivados de las extracciones y la consiguiente situación piezométrica, influyen de forma determinante en las relaciones entre las diferentes masas subterráneas, así como en los procesos río-acuífero.

En un régimen alterado, las componentes relativas a la relación con el río y con otras masas hacen aumentar el recurso disponible en el acuífero, reflejando la realidad de la situación actual. La problemática de utilizar este escenario radica en que la reducción de las salidas a río y el aumento de las entradas desde otras masas de agua subterráneas para aumentar este recurso en las masas receptoras, simula un equilibrio en el sistema que pone en riesgo o directamente en mal estado la valoración ecológica de las masas de las que parte el agua.

Se ha estimado que un promedio de los dos escenarios que propone el modelo desarrollado por el programa PATRICAL, reflejando el régimen alterado y el régimen natural, es el que más se ajusta a la hora de definir el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea tal y como exige la normativa vigente.

De este modo, a través del citado modelo, se han calculado los aportes que reciben las masas de agua:

- Volumen de las precipitaciones que reciben las masas de agua que se infiltra y pasa a formar parte del recurso subterráneo, a partir de los datos proporcionados por el sistema SIMPA en la serie 1980-2006 según el programa de modelación. Este es un valor que proporciona este sistema que tiene en cuenta las precipitaciones, pendientes y permeabilidades de la zona, agregando los valores de forma geográfica.
- Transferencias laterales, los datos se han calculado contrastando los niveles piezométricos y líneas de flujo regionales de la cuenca, y adaptando las zonas donde el modelo no se ajusta totalmente a las condiciones de funcionamiento hidrogeológico, según los modelos conceptuales desarrollados en estudios realizados por diferentes organismos.
- Recarga a partir de la infiltración de los ríos. Este dato se ha contrastado con los caudales circulantes en los mismos durante un periodo histórico.

Del mismo modo, se han estimado las salidas de las masas de agua subterráneas:

- Transferencias laterales, forman parte del anterior cálculo estableciendo que el volumen de salidas debe compensar el de entradas laterales.

Formando parte del recurso disponible por las masas se incorporan a los resultados del modelo los valores de:

- Retornos de regadío. Se consideran tres tipos de eficiencia en cada unidad elemental de tipo agrario: Transporte, distribución y aplicación. Las eficiencias se aplican de forma secuencial. Se estima que las pérdidas generadas por las dos primeras eficiencias retornan al recurso superficial en forma de escorrentía superficial o epidérmica. Del total de las pérdidas estimadas por la eficiencia de aplicación se considera que una 60% pasan a formar parte de los recursos de las masas de agua subterránea y el 40% restante se pierde en procesos de evaporación. Esta componente se ha contabilizado de forma geográfica en función de las UDA que se superponen a las masas de agua subterránea, y teniendo en cuenta las eficiencias y volúmenes que se consideran en cada una de ellas de forma individualizada. A nivel de cuenca, las pérdidas por distribución y transporte suponen 551 hm³ que retornan a cauces superficiales. En cuanto a las pérdidas por aplicación, el total de la cuenca se estima en 783 hm³ de los cuales, como retorno de regadíos hacia masas de agua subterránea corresponden 470 hm³ y como evaporación 313 hm³.

- Recargas artificiales. Desde hace años se tienen valores medios de las recargas artificiales del Carracillo, Alcanzarén y Santiuste de San Juan Bautista de 15hm³/año, que repercuten sobre el recurso disponible de la masa subterránea 400045 Los Arenales.
- Recarga rechazada. De forma excepcional, y para reducir los aportes que se indican en algunas masas de carácter poco permeable, se han considerado reducciones en las infiltraciones propuestas por el programa SIMPA, que no varían de forma significativa la estimación del índice de explotación ya que las presiones que sufren dichas localizaciones son mínimas y se consideran en buen estado.
- Restricciones ambientales: La DMA exige en su artículo 2, en la definición 27: “«recursos disponibles de aguas subterráneas»: el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada según las especificaciones del artículo 4, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados”
Para definir esos flujos interanuales medios que permitan conseguir los objetivos de calidad ecológica, se ha estimado que las masas deben ceder un 20% de las salidas a los ríos que se calculan en un escenario actual. Se han considerado otras metodologías que se mueven en el rango de 19 al 26%, pero que se han desechado en este cálculo por la robustez de los datos necesarios para su establecimiento.

El resultado de estas modelaciones y refinados de los resultados obtenidos para un mejor ajuste del modelo se muestran en la Tabla 58 que muestra los valores de recurso disponible de casa masa de aguas subterránea.

Tabla 58 Componentes del cálculo del recurso disponible [hm³/año]. Fuente: Elaboración propia

Código	Nombre	Rec. lluvia	Rechazo	Infil. desde ríos	Transf. Lat. (entradas - salidas)	Rest. ambiental	Ret. regadío	Rec. disponible
400001	Guardo	583,9	-250,0	0,3	-41,8	-109	1,4	184,9
400002	La Pola de Gordón	340,8	-150,0	0,1	-20,3	-65	1,8	107,7
400003	Cervera de Pisuerga	261,0	-50,0	0,1	-59,7	-40	0,1	111,2
400004	Quintanilla-Peñahorada	134,3	0,0	0,3	-36,5	-19	2,0	81,6
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	233,7	0,0	11,4	-164,1	-7	20,3	94,0
400006	Valdavia	199,2	0,0	0,3	4,4	-49	19,8	174,5
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	111,2	0,0	2,5	-59,7	-15	29,6	68,5
400008	Aluvial del Esla	39,3	0,0	0,1	91,9	-48	45,3	128,8
400009	Tierra de Campos	137,6	0,0	15,7	-27,1	-20	16,3	122,5
400010	Carrión	75,5	0,0	0,2	30,0	-29	26,4	103,3
400011	Aluvial del Órbigo	13,8	0,0	0,0	79,3	-32	20,3	81,1
400012	La Maragatería	258,8	-75,0	0,3	-70,4	-31	3,3	86,0
400014	Villadiego	41,1	0,0	0,1	0,3	-10	1,5	32,9
400015	Raña del Órbigo	27,8	0,0	0,1	40,1	-56	44,5	56,8
400016	Castrojeriz	64,5	0,0	0,1	-0,2	-14	1,1	51,8
400017	Burgos	109,1	0,0	0,2	39,4	-30	1,5	120,3
400018	Arlanzón – Río Lobos	125,3	0,0	0,1	-50,3	-19	0,2	56,0
400019	Raña de la Bañeza	14,6	0,0	1,1	-2,0	-4	1,8	11,9
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	17,6	0,0	0,1	51,0	-17	20,6	72,2

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre	Rec. lluvia	Rechazo	Infil. desde ríos	Transf. Lat. (entradas - salidas)	Rest. ambiental	Ret. regadío	Rec. disponible
400021	Sierra de la Demanda	60,8	0,0	0,1	-9,1	-6	0,0	45,3
400022	Sanabria	116,9	-50,0	0,2	-30,3	-20	0,1	16,5
400023	Vilardevós - Laza	207,0	-75,0	0,1	-30,2	-36	1,6	67,8
400024	Valle del Tera	57,2	0,0	0,1	40,5	-20	9,3	87,2
400025	Páramo de Astudillo	13,0	0,0	0,1	0,0	-3	1,7	12,0
400027	Sierra de Cameros	206,5	-100,0	0,3	-22,4	-38	2,0	48,6
400028	Verín	25,1	-7,0	0,0	30,2	-11	0,3	37,6
400029	Páramo de Esgueva	77,9	0,0	0,3	-5,1	-15	7,9	65,7
400030	Aranda de Duero	101,9	0,0	0,3	38,4	-29	4,3	115,6
400031	Villafáfila	35,3	0,0	0,1	75,0	-20	2,3	92,5
400032	Páramo de Torozos	47,5	0,0	0,2	0,0	-8	2,9	42,4
400033	Aliste	116,0	-50,0	0,2	0,0	-23	0,3	43,6
400034	Araviana	28,9	0,0	0,1	5,6	-7	0,2	27,8
400035	Cabrejas - Soria	51,0	0,0	0,1	-4,5	-11	0,0	36,0
400036	Moncayo	10,3	0,0	0,2	-8,4	0	0,0	1,7
400037	Cuenca de Almazán	92,9	0,0	0,3	-4,0	-20	6,0	75,5
400038	Tordesillas	31,4	0,0	7,6	74,6	-23	17,6	107,8
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	18,2	0,0	0,1	5,5	-10	16,6	30,6
400040	Sayago	59,4	-25,0	0,3	0,0	-12	1,1	24,1
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	7,6	0,0	18,7	-13,5	-4	17,0	25,6
400042	Riaza	30,3	0,0	0,1	2,3	-8	2,9	27,8
400043	Páramo de Cuéllar	32,3	0,0	1,0	0,0	-3	5,8	35,7
400044	Páramo de Corcos	18,4	0,0	0,1	0,0	-3	1,2	16,2
400045	Los Arenales	49,7	0,0	20,3	1,7	-7	28,5	93,2
400046	Sepúlveda	31,4	0,0	7,9	-29,4	-2	0,1	7,9
400047	Medina del Campo	67,5	0,0	45,5	1,7	-3	38,1	149,5
400048	Tierra del Vino	37,8	0,0	12,6	13,2	-1	16,7	78,9
400049	Ayllón	43,0	0,0	0,1	0,0	-9	0,1	34,2
400050	Almazán Sur	53,0	0,0	0,1	5,0	-10	0,2	48,3
400051	Páramo de Escalote	14,3	0,0	0,0	0,0	-3	0,0	11,4
400052	Salamanca	76,4	0,0	7,5	0,0	-12	27,2	98,8
400053	Vitigudino	109,9	-50,0	0,4	0,0	-22	0,5	38,9

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre	Rec. lluvia	Rechazo	Infil. desde ríos	Transf. Lat. (entradas - salidas)	Rest. ambiental	Ret. regadío	Rec. disponible
400054	Guadarrama - Somosierra	47,6	-10,0	3,1	-7,1	-2	0,5	32,3
400055	Cantimpalos	56,0	0,0	0,2	34,7	-15	2,9	78,9
400056	Prádena	19,0	0,0	0,0	5,7	-9	0,1	16,2
400057	Segovia	6,4	0,0	0,0	2,7	-4	0,0	5,2
400058	Campo Charro	88,3	-50,0	0,2	20,1	-21	1,0	38,1
400059	La Fuente de San Esteban	85,2	-50,0	0,1	28,0	-22	0,5	41,9
400060	Gredos	93,3	-25,0	0,5	-49,7	-11	6,4	14,8
400061	Sierra de Ávila	35,7	-10,0	0,3	-19,9	-2	0,4	4,1
400063	Ciudad Rodrigo	35,3	-10,0	0,0	19,9	-11	1,1	35,1
400064	Valle de Amblés	13,8	0,0	0,0	9,9	-4	0,6	20,2
400065	Las Batuecas	96,0	-15,0	1,0	-47,9	-10	0,1	24,3
400066	Valdecorneja	5,2	0,0	0,0	19,6	-5	0,4	20,3
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	0,0	0,0	0,0	40,0	0	0,1	40,1

Para cada masa de agua subterránea se ha realizado un balance entre la extracción, que se identifica como el volumen de demandas de origen subterráneo incluido en el anejo 5 de este documento, y el recurso disponible, obteniéndose el índice de explotación (IE) de la masa de agua subterránea, que se muestra en la Tabla 59 y en la Figura 32..El Anejo 5 desarrolla la metodología con la que se han obtenido estos volúmenes de demanda.

Tabla 59. Índice de explotación de las masas de agua subterránea. Fuente: Elaboración propia

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Recurso natural disponible en hm3/año	Extracción en condiciones normales de suministro (hm3/año)	Retornos+ recarga en condiciones normales de suministro (hm3/año)	Índice de explotación
400001	Guardo	183,5	3,42	1,40	0,02
400002	La Pola de Gordón	105,9	1,11	1,79	0,01
400003	Cervera de Pisuerga	111,0	0,72	0,14	0,01
400004	Quintanilla-Peñahorada	79,6	5,45	2,02	0,07
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	73,7	18,74	20,28	0,20
400006	Valdavia	154,7	10,10	19,83	0,06
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	38,9	14,49	29,64	0,21
400008	Aluvial del Esla	83,5	5,40	45,33	0,04
400009	Tierra de Campos	106,2	54,14	16,31	0,44
400010	Carrión	76,9	9,25	26,40	0,09
400011	Aluvial del Órbigo	60,8	1,39	20,29	0,02
400012	La Maragatería	82,7	4,58	3,30	0,05
400014	Villadiego	31,5	2,02	1,45	0,06
400015	Raña del Órbigo	12,3	2,05	44,50	0,04
400016	Castrojeriz	50,8	3,46	1,08	0,07

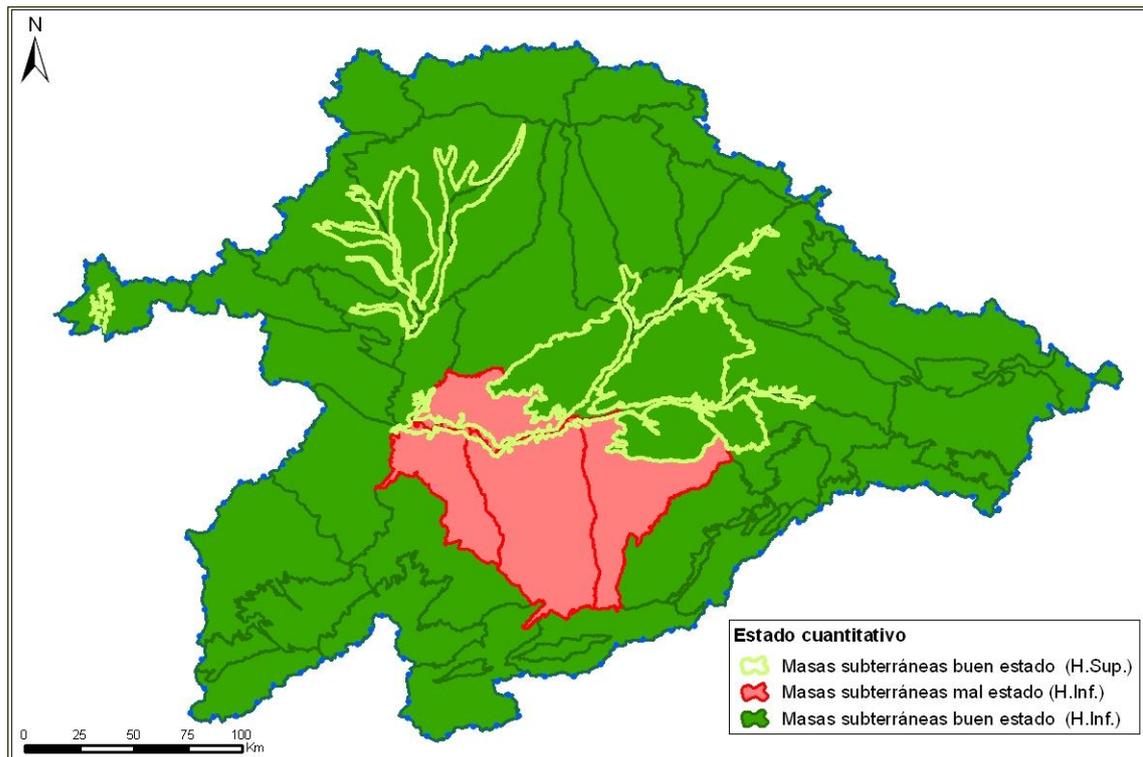
ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Recurso natural disponible en hm ³ /año	Extracción en condiciones normales de suministro (hm ³ /año)	Retornos+ recarga en condiciones normales de suministro (hm ³ /año)	Índice de explotación
400017	Burgos	118,8	5,33	1,46	0,04
400018	Arlanzón – Río Lobos	55,8	1,32	0,16	0,02
400019	Raña de la Bañeza	10,1	1,79	1,82	0,15
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	51,6	11,09	20,64	0,15
400021	Sierra de la Demanda	45,3	0,18	0,01	0,00
400022	Sanabria	16,4	1,40	0,11	0,08
400023	Vilardevós - Laza	66,2	1,48	1,60	0,02
400024	Valle del Tera	78,0	3,90	9,26	0,04
400025	Páramo de Astudillo	10,3	2,38	1,66	0,20
400027	Sierra de Cameros	46,7	2,32	1,96	0,05
400028	Verín	37,3	0,15	0,28	0,00
400029	Páramo de Esgueva	57,8	14,91	7,90	0,23
400030	Aranda de Duero	111,3	12,16	4,27	0,11
400031	Villafáfila	90,2	12,07	2,29	0,13
400032	Páramo de Torozos	39,4	12,08	2,93	0,29
400033	Aliste	43,2	3,50	0,34	0,08
400034	Araviana	27,6	0,39	0,19	0,01
400035	Cabrejas - Soria	36,0	0,18	0,00	0,00
400036	Moncayo	1,7	0,04	0,03	0,02
400037	Cuenca de Almazán	69,5	6,08	6,01	0,08
400038	Tordesillas	90,2	113,12	17,61	1,05
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	14,0	6,55	16,56	0,21
400040	Sayago	23,0	6,11	1,13	0,25
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	8,7	11,74	16,97	0,46
400042	Riaza	24,9	3,20	2,92	0,11
400043	Páramo de Cuéllar	29,9	27,74	5,75	0,78
400044	Páramo de Corcos	15,0	1,82	1,19	0,11
400045	Los Arenales	64,6	85,88	28,55	0,92
400046	Sepúlveda	7,9	1,03	0,06	0,13
400047	Medina del Campo	111,4	231,50	38,13	1,55
400048	Tierra del Vino	62,2	84,43	16,66	1,07
400049	Ayllón	34,1	1,37	0,09	0,04
400050	Almazán Sur	48,1	1,46	0,25	0,03
400051	Páramo de Escalote	11,4	0,13	0,00	0,01
400052	Salamanca	71,7	61,49	27,16	0,62
400053	Vitigudino	38,4	6,51	0,54	0,17

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Recurso natural disponible en hm ³ /año	Extracción en condiciones normales de suministro (hm ³ /año)	Retornos+ recarga en condiciones normales de suministro (hm ³ /año)	Índice de explotación
400054	Guadarrama - Somosierra	31,8	3,21	0,52	0,10
400055	Cantimpalos	76,0	23,76	2,90	0,30
400056	Prádena	16,1	0,38	0,08	0,02
400057	Segovia	5,2	0,33	0,03	0,06
400058	Campo Charro	37,1	4,56	1,00	0,12
400059	La Fuente de San Esteban	41,4	4,89	0,51	0,12
400060	Gredos	8,3	7,45	6,42	0,50
400061	Sierra de Ávila	3,6	2,51	0,45	0,62
400063	Ciudad Rodrigo	34,0	0,88	1,13	0,03
400064	Valle de Ámbles	19,6	1,80	0,60	0,09
400065	Las Batuecas	24,2	1,20	0,13	0,05
400066	Valdecorneja	19,8	0,90	0,43	0,04
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	40	31,14	0,08	0,78

Las estimaciones de las transferencias laterales son un término de difícil cálculo que se ha obtenido a partir de la modelación del programa PATRICAL, realizando posteriormente algunos ajustes que reflejen el funcionamiento previsto en la cuenca del Duero según trabajos previos llevados a cabo por el IGME. La finalidad de estos cambios es armonizar los resultados modelados con los contrastados por la piezometría registrada en las masas.

Figura 32. Índice de explotación de la masa o grupo de masas de agua subterránea.

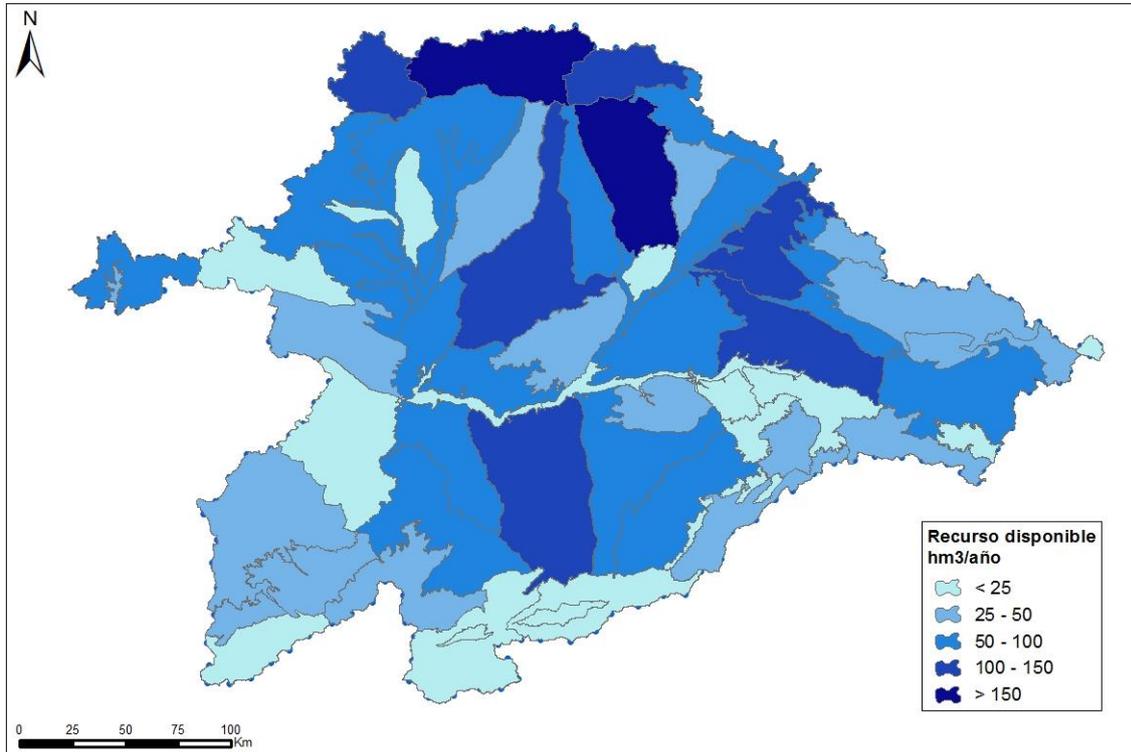
El recurso natural disponible en cada masa de agua subterránea se ha obtenido previamente como diferencia entre los recursos renovables (recarga por la infiltración de la lluvia, recarga rechazada y transferencias desde otras masas de agua subterránea) y los flujos medioambientales requeridos para cumplir con el régimen de caudales ecológicos.

En el epígrafe 6 **METODOLOGÍA DE DESIGNACIÓN DE LA ZONA NO AUTORIZADA EN MASAS SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO CUANTITATIVO** del Anejo 12

se detalla el método de cálculo y los componentes utilizados en la modelización general del funcionamiento hidrológico, con especial atención a las masas de agua en mal

estado cuantitativo. Un mapa que muestra la distribución geográfica del recurso natural disponible, antes de extracciones, se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Mapa de la distribución del recurso natural disponible por masa de agua.



Para determinar el estado cuantitativo se han utilizado también como indicadores los niveles piezométricos, que se han medido en puntos de control significativos de las masas de agua subterránea. En la Tabla 60 se muestran las tendencias en la piezometría para cada una de las masas de agua subterránea consideradas, el cálculo se ha realizado a partir de los valores medios de los registros piezométricos en el interior de cada masa.

Tabla 60. Evolución en la piezometría para cada masa de agua subterránea.

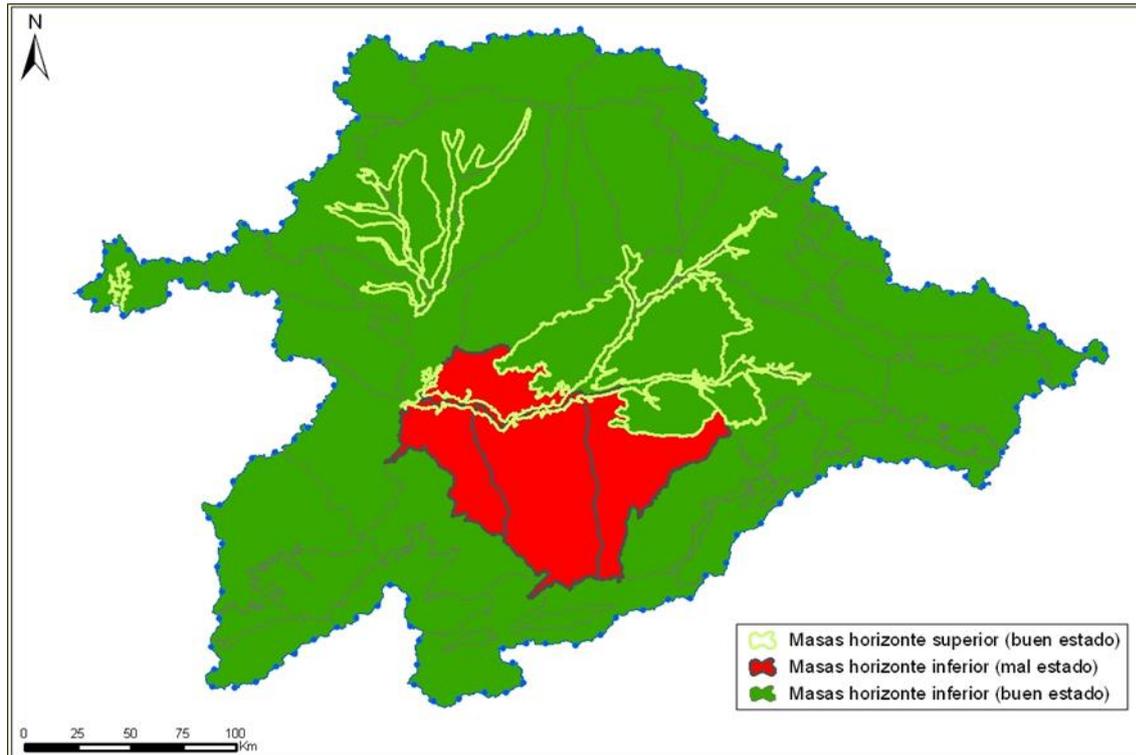
Código	Masa de agua subterránea	Nivel piezométrico						
		1973	1980	1990	2000	2005	2009	2013
400001	Guardo						972,8	981,1
400003	Cervera de Pisuerga						1074,2	1073,9
400004	Quintanilla-Peñahorada						964,7	964,9
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	855,9	850,0	844,1	839,7	839,3	839,1	838,1
400006	Valdavia						895,9	895,3
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	809,3	805,8	802,3	799,5	798,3	797,6	795,8
400008	Aluvial del Esla						717,5	716,9
400009	Tierra de Campos	763,4	761,2	756,7	755,7	754,4	754,7	754,6
400010	Carrión	833,1	832,7	831,9	832,0	831,7	831,1	831,1
400012	La Maragatería					858,8	858,7	859,5
400014	Villadiego						859,9	859,5
400015	Raña del Órbigo						783,1	782,8
400016	Castrojeriz	822,1	822,5	821,8	820,8	820,8	820,1	819,3
400017	Burgos	849,1	845,2	842,5	840,6	839,7	839,8	839,5
400024	Valle del Tera						743,7	744,3

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Masa de agua subterránea	Nivel piezométrico						
		1973	1980	1990	2000	2005	2009	2013
400025	Páramo de Astudillo						718,6	721,3
400030	Aranda de Duero	893,6	892,3	889,9	888,1	889,0	890,1	888,0
400031	Villafáfila	701,7	699,6	698,1	698,5	698,8	699,0	699,6
400034	Araviana					1046,1	1046,5	1045,6
400035	Cabrejas - Soria					1170,3	1170,4	1170,5
400036	Moncayo				1114,8	1114,1		
400037	Cuenca de Almazán					904,5	903,1	901,8
400038	Tordesillas	683,3	680,6	675,8	674,4	666,3	667,0	666,0
400042	Riaza	864,1	866,7	867,0	866,3	864,3	864,3	864,5
400043	Páramo de Cuéllar				873,0	872,3	875,8	875,0
400044	Páramo de Corcos						862,5	863,8
400045	Los Arenales	726,0	720,6	705,7	696,8	696,0	699,1	702,4
400047	Medina del Campo	782,9	777,1	769,9	762,3	758,9	760,6	760,1
400048	Tierra del Vino	778,3	771,9	771,6	767,6	767,9	767,7	767,5
400049	Ayllón					931,8	928,7	928,9
400050	Almazán Sur					949,7	949,5	946,7
400052	Salamanca	844,0	844,9	843,5	840,9	839,3	841,1	841,3
400055	Cantimpalos				975,2	973,8	968,7	969,0
400059	La Fuente de San Esteban						810,8	810,8
400063	Ciudad Rodrigo						639,2	637,8
400064	Valle de Ámbles					1072,7	1074,0	1073,8
400066	Valdecorneja					980,5	984,3	984,8
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	716,7	706,3	697,0	687,0	683,4	691,6	697,0

Las tendencias piezométricas con mayores descensos se encuentran en la zona central del Duero, donde las extracciones para usos agrarios son más elevadas. Prueba de estas sobreexplotaciones subterráneas son las afecciones que provocan en las masas de agua superficial, como el descenso de caudales en los ríos o incluso la total desecación de los mismos en sus tramos finales como ocurre en los ríos Trabancos o Zapardiel.

Figura 34. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea



Tras un análisis inicial, se efectúa una valoración más detallada sobre los indicadores piezométricos de las masas que se muestran a continuación, y que constituyen las masas en riesgo cuantitativo. La interpretación de estas tendencias está claramente limitada al volumen de registros históricos disponibles en cada masa.

Tabla 61. Interpretación de las tendencias piezométricas de las masas de agua.

Masa	Tendencia	Confianza	Comentario
400009 Tierra de Campos	Ligeramente descendente	Alta	La tendencia de esta masa se encuentra situada entre la estabilidad y el ligero descenso, interpretándose como un aumento de las condiciones de explotación de la masa, pero sin llegar a un punto crítico de imposibilidad de atención a las necesidades hídricas, tanto de consumo como ambientales hacia los cursos de agua superficiales.
400038 Tordesillas	Descendente	Alta	La masa se ve muy afectada por las extracciones subterráneas y se encuentra fuertemente zonificada, con un sector oriental con elevados descensos y otro occidental donde las extracciones se reducen considerablemente. La red de muestreo gestionada por el IGME muestra descensos elevados hasta el año 2000, año a partir del cual, tan sólo algunos piezómetros han seguido midiéndose a causa de la actualización de puntos de la red de piezometría. El punto de desaceleración del ritmo de profundización de los niveles de la masa se encuentra en el año 2005, a partir del cual se observa una tendencia hacia la estabilización, pero con valores descendente en algunos de los puntos de control.
400043 Páramo de Cuéllar	Estable	Media	Los registros históricos de esta masa alcanzan hasta el al año 2000, por lo que la interpretación piezométrica se ve bastante reducida. El contexto geológico de la masa de agua la sitúa en un nivel elevado respecto a las masas del terciario infrayacente y semiaislada de las mismas por un potente paquete de margas que le confieren las características de acuífero colgado, cuya única fuente de alimentación es la infiltración de lluvia o drenaje de cursos superficiales. La evolución piezométrica es muy errática, debido a las características kársticas de poco desarrollo que configuran sus materiales. Este tipo de disposición aislada, sin aportes de otras masas, y la poca inercia del propio acuífero fuerzan la inestabilidad del recurso en esta masa, muy sujeta a las sequías y periodos húmedos, pero sin un problema de sobreexplotación claramente identificable.
400045 Los Arenales	Descendente	Alta	Los problemas identificados en esta masa se localizan en la zona norte y central de la masa, con unos descensos acumulados de hasta 27 metros desde 1973. La masa se ve afectada históricamente por las extracciones de uso agrario, observándose desde el año 2003-2005 una estabilización y recuperación muy paulatinas de los niveles piezométricos, fruto de la conjunción de numerosas variables socio-económicas y de ordenación de los recursos.

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Masa	Tendencia	Confianza	Comentario
400047 Medina del Campo	Descendente	Alta	La totalidad de la masa se ve afectada por el problema de la sobreexplotación a excepción de una estrecha banda de municipios situada en el extremo sur con unos descensos acumulados de hasta 28 metros. Unida a la masa de Los Arenales, y junto con la masa de Tierra del Vino, forma parte de la antigua Unidad Hidrogeológica de Los Arenales, zona de máxima explotación de aguas subterráneas. Los datos de la red gestionada por el IGME muestran los descensos más acusados de la cuenca. En la red de medida actual, desde el año 2001 se observa un cambio de pendiente en la profundización de niveles, sin que estos dejen de descender de forma genérica en toda la masa, pero entrando en una zona de estabilización.
400048 Tierra del Vino	Descendente	Baja	La red control piezométrico actual de esta masa muestra valores muy constantes, con muy pocos metros de oscilación general que parecen no representar completamente la situación de la masa, sobre todo en la parte más oriental, donde son abundantes las extracciones de agua subterránea para el regadío. Si se toman como referencia las muestras de la red de medida gestionada por el IGME hasta el año 2000 puede observarse un descenso acumulado que resulta más acorde con los valores de volumen concedido con los que cuenta esta masa, mostrando un descenso medio de unos 11 metros en 15 puntos de control.
400052 Salamanca	Estable - Ligeramente descendente	Media	Los puntos de medida de esta masa muestran una tendencia estable o ligeramente descendente. Los datos de explotación de esta masa son más preocupantes de lo que muestra la red piezométrica. En sucesivas actualizaciones de la red de piezometría se espera caracterizar mejor los impactos que pueden tener las acumulaciones de extracciones sobre esta masa.
400055 Cantimpalos	Estable	Media	De la red gestionada por el IGME se mantiene un punto de control que prácticamente se mantiene fijo, al igual que los actuales puntos de medida. Los datos de explotación de la masa parecen corresponderse con estos valores.
400067 Terciario detrítico bajo los páramos	En recuperación	Alta	Para esta masa los registros piezométricos históricos tienen una especial relevancia por tratarse del criterio más representativo para conocer el estado y grado de explotación. La explotación es especialmente intensa en zonas concretas como el Valle del Esgueva, Madrazos o el interfluvio Pisuerga – Duero. En la actualidad se observa un cambio de tendencia que sitúa a esta masa en un periodo de recuperación frente a los descensos acumulados en los 30 primeros años de registro.

En los últimos años se viene constatando una estabilización e incluso una leve recuperación de los niveles, propiciado por varios factores entre los que se incluyen la entrada en funcionamiento de las directrices para la protección de acuíferos en la demarcación hidrográfica del Duero, así como condicionantes socioeconómicos que han reducido la rentabilidad de ciertas explotaciones o cultivos. Este periodo de estabilización de niveles o de reducción de la tasa de profundización, parece en cualquier caso insuficiente por el momento a la hora de hablar de recuperaciones de forma estricta, si bien la evolución de estos niveles en los futuros planes hidrológicos evidenciará si estos primeros datos se consolidan en un ascenso generalizado.

Figura 35. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400009 Tierra de Campos

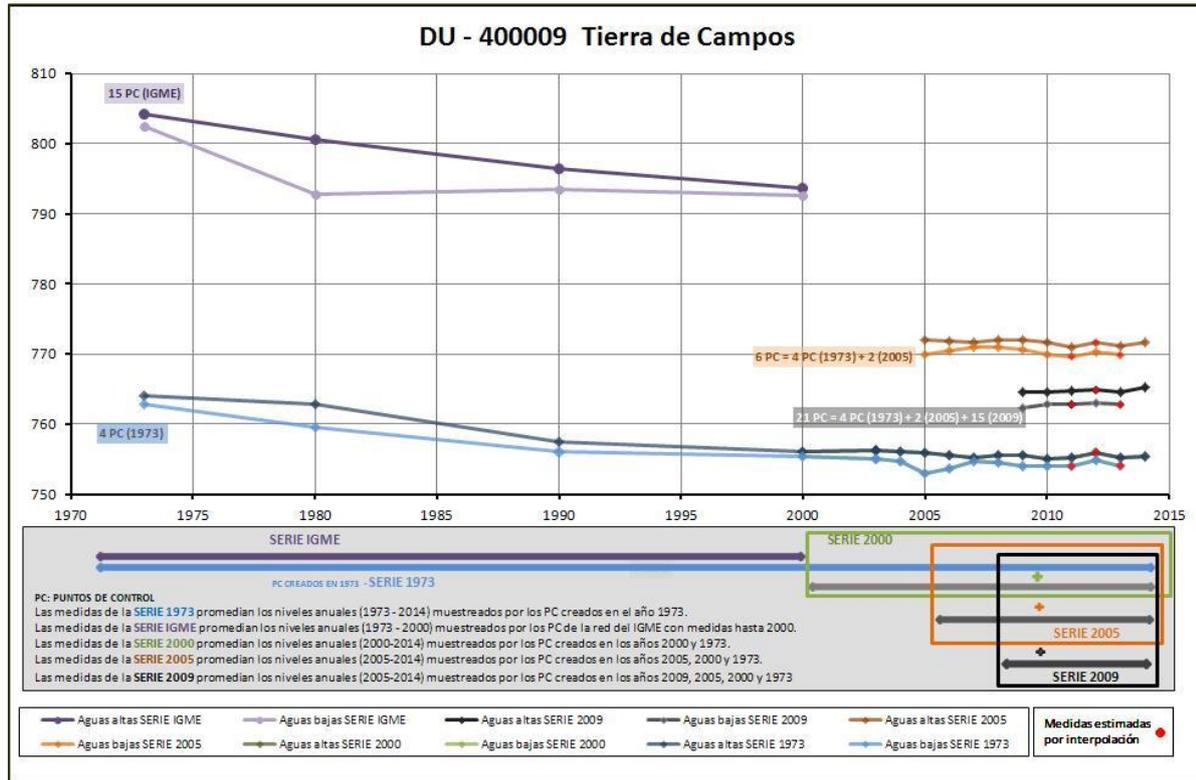


Figura 36. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400038 Tordesillas

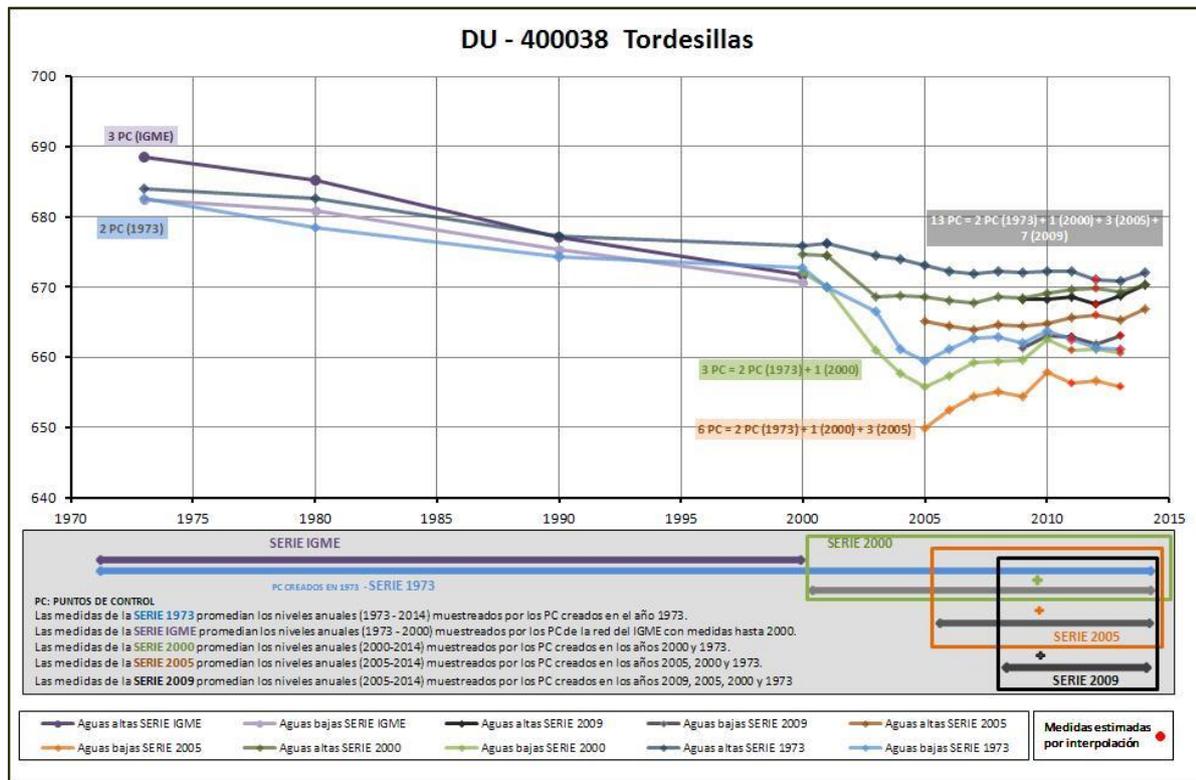


Figura 37. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400043 Páramo de Cuéllar

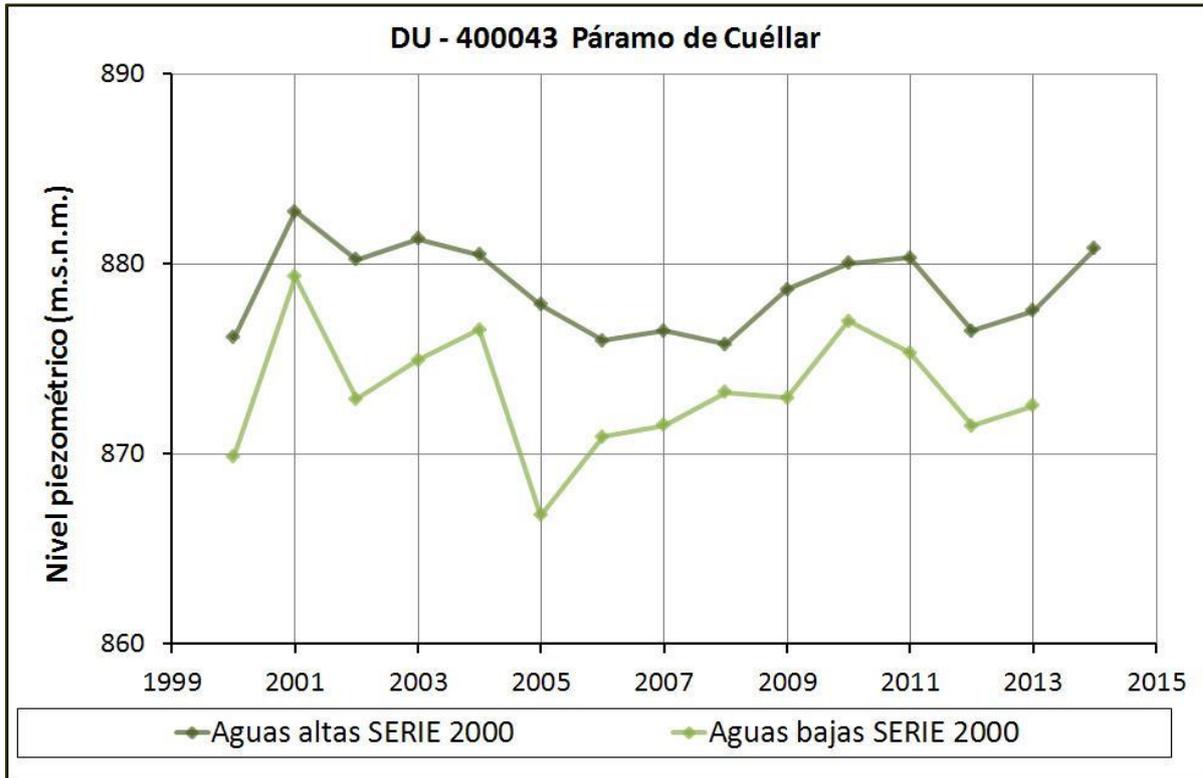


Figura 38. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400045 Los Arenales

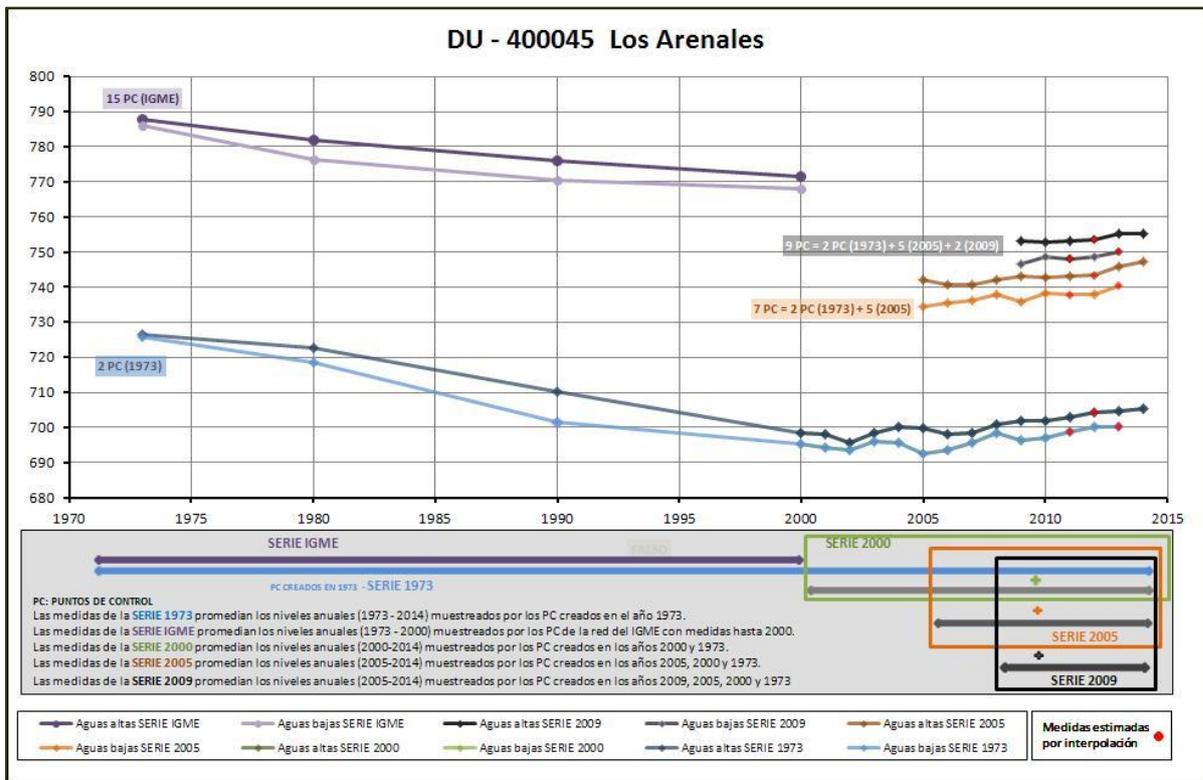


Figura 39. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400047 Medina del Campo

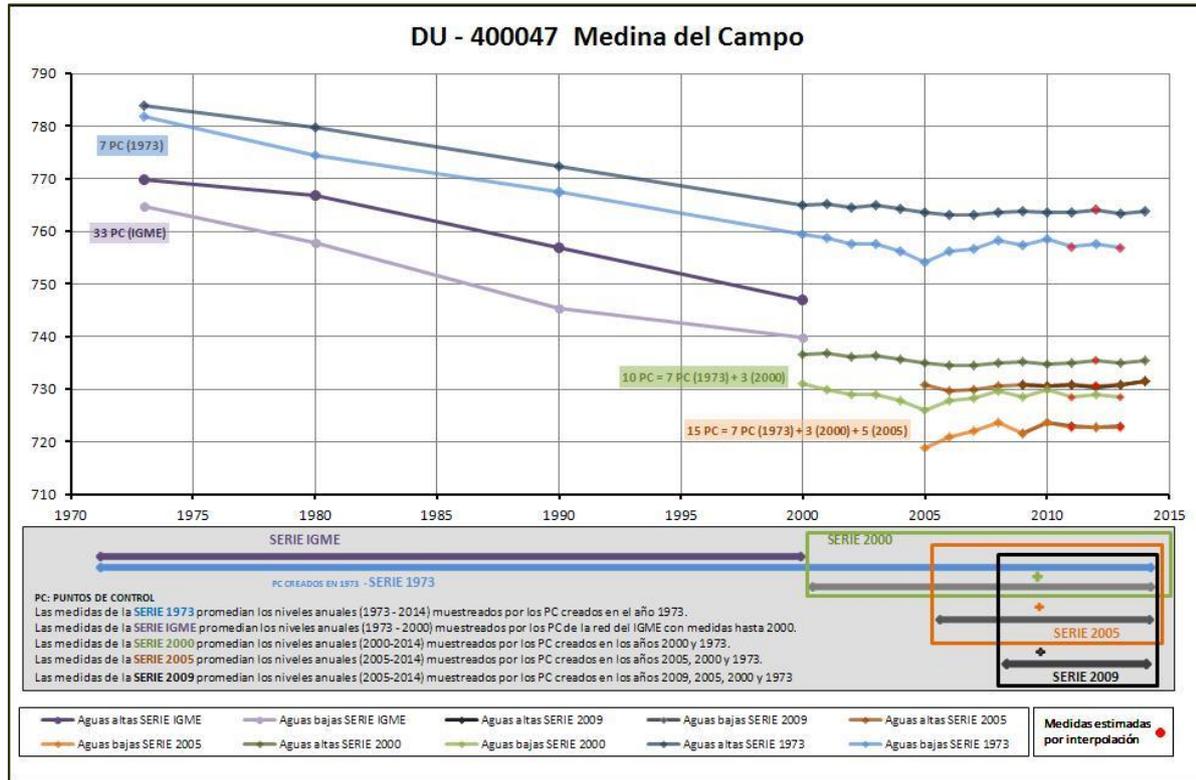


Figura 40. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400048 Tierra del Vino

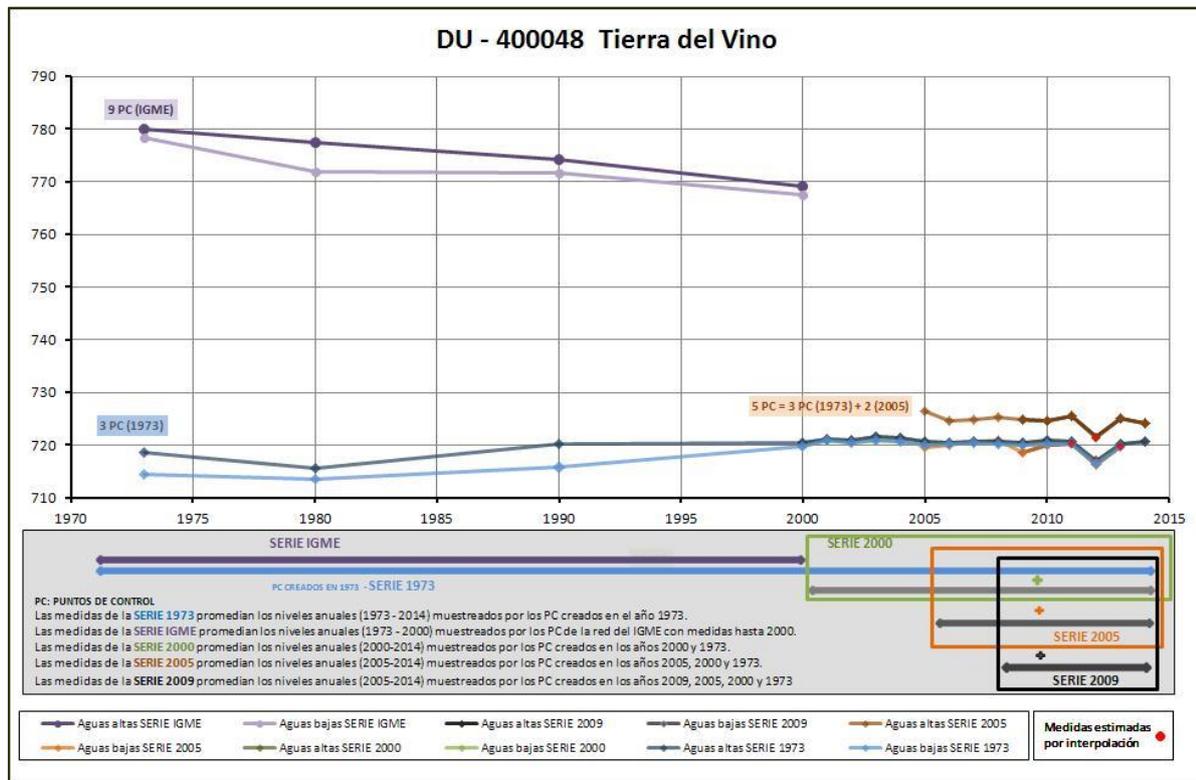


Figura 41. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400052 Salamanca

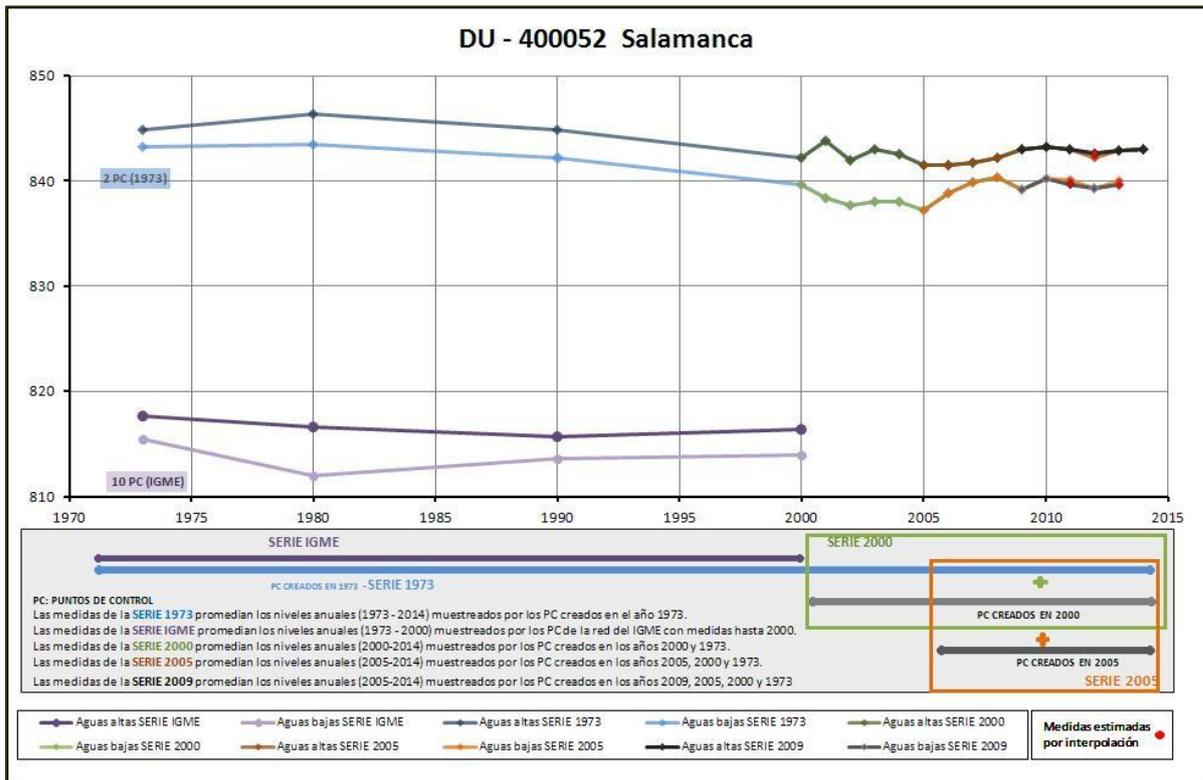


Figura 42. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400055 Cantimpalos

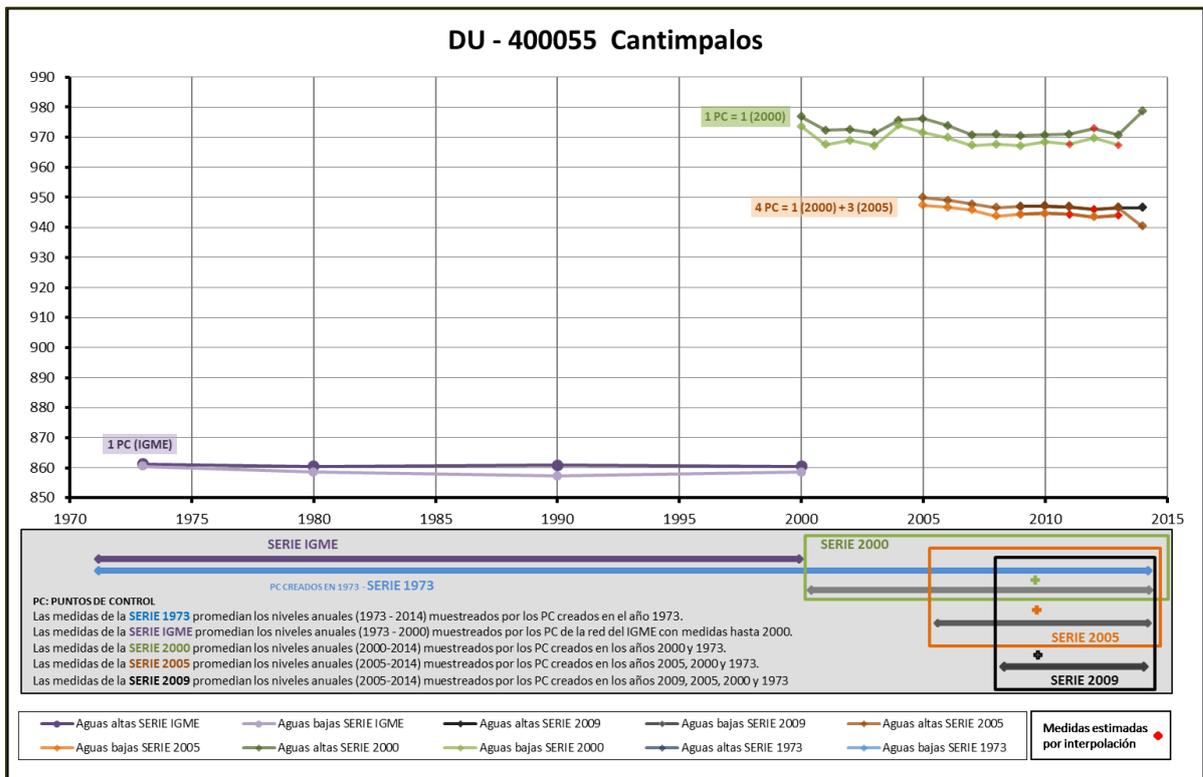
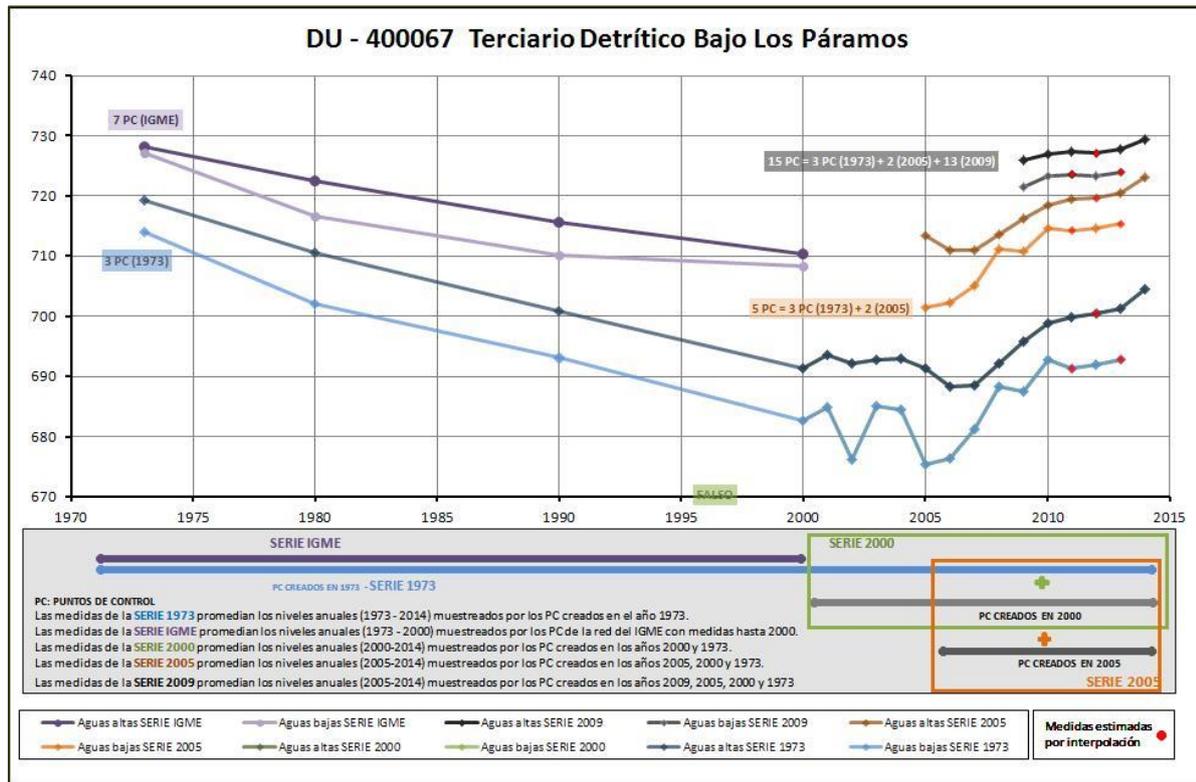
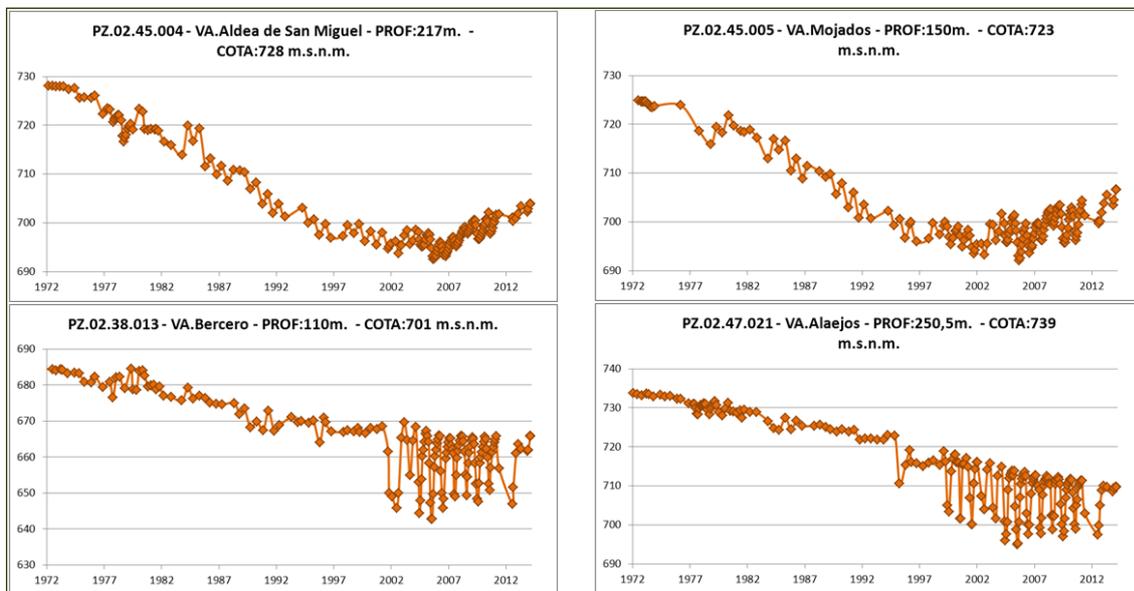


Figura 43. Registro piezométrico agrupado por serie histórica de la masa 400067 Terciario detrítico bajo los páramos



Un reflejo de estas situaciones se puede observar en algunas gráficas como las que se muestran a continuación que corresponden a estaciones de control de masas en mal estado cuantitativo.

Figura 44 Registros piezométricos zona central. Fuente: CHD.



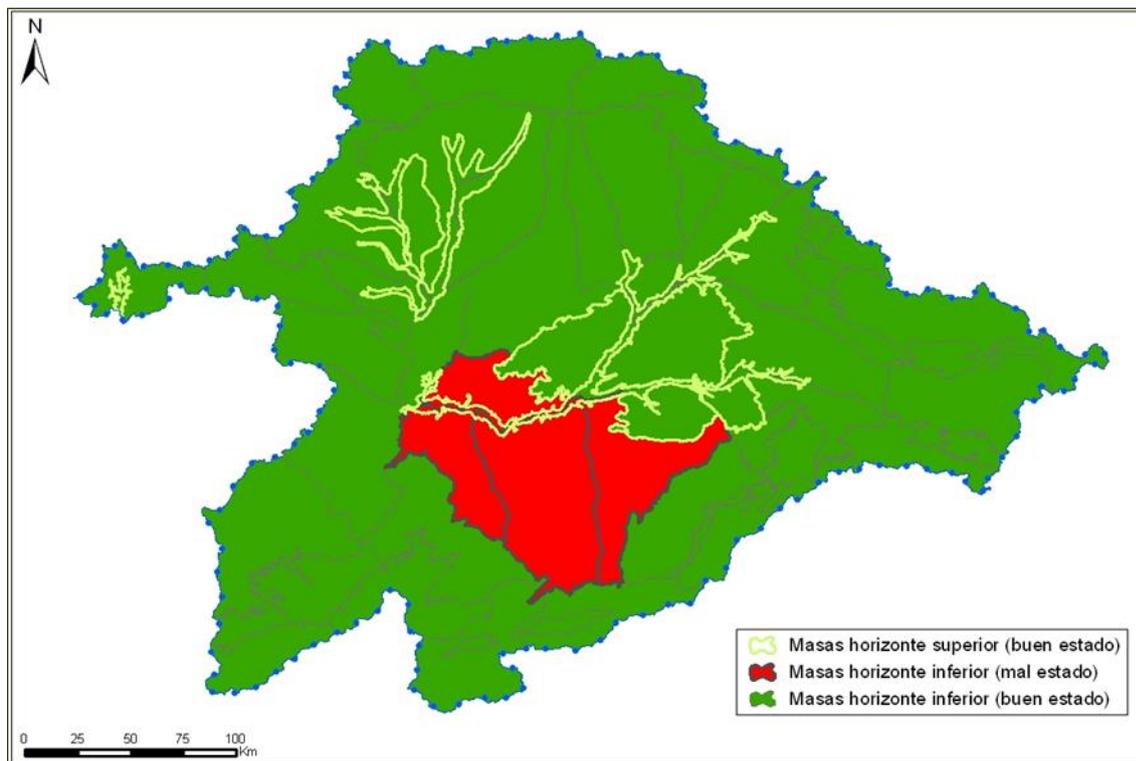
Con todo ello, la evaluación del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea respecto a estos test se refleja en la Tabla 62.

Tabla 62. Evaluación del estado cuantitativo respecto a los test de Índice de explotación y tendencias piezométricas

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación respecto al Índice de explotación	Evaluación respecto a la tendencia piezométrica
400001	Guardo	Bueno	Bueno
400002	La Pola de Gordón	Bueno	Bueno
400003	Cervera de Pisuerga	Bueno	Bueno
400004	Quintanilla-Peñahorada	Bueno	Bueno
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	Bueno	Bueno
400006	Valdavia	Bueno	Bueno
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	Bueno	Bueno
400008	Aluvial del Esla	Bueno	Bueno
400009	Tierra de Campos	Bueno	Bueno
400010	Carrión	Bueno	Bueno
400011	Aluvial del Órbigo	Bueno	Bueno
400012	La Maragatería	Bueno	Bueno
400014	Villadiego	Bueno	Bueno
400015	Raña del Órbigo	Bueno	Bueno
400016	Castrojeriz	Bueno	Bueno
400017	Burgos	Bueno	Bueno
400018	Arlanzón – Río Lobos	Bueno	Bueno
400019	Raña de la Bañeza	Bueno	Bueno
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	Bueno	Bueno
400021	Sierra de la Demanda	Bueno	Bueno
400022	Sanabria	Bueno	Bueno
400023	Vilardevós - Laza	Bueno	Bueno
400024	Valle del Tera	Bueno	Bueno
400025	Páramo de Astudillo	Bueno	Bueno
400027	Sierra de Cameros	Bueno	Bueno
400028	Verín	Bueno	Bueno
400029	Páramo de Esgueva	Bueno	Bueno
400030	Aranda de Duero	Bueno	Bueno
400031	Villafáfila	Bueno	Bueno
400032	Páramo de Torozos	Bueno	Bueno
400033	Aliste	Bueno	Bueno
400034	Araviana	Bueno	Bueno
400035	Cabrejas - Soria	Bueno	Bueno
400036	Moncayo	Bueno	Bueno
400037	Cuenca de Almazán	Bueno	Bueno
400038	Tordesillas	Malo	Malo
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	Bueno	Bueno
400040	Sayago	Bueno	Bueno
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	Bueno	Bueno
400042	Riaza	Bueno	Bueno
400043	Páramo de Cuéllar	Bueno	Bueno
400044	Páramo de Corcos	Bueno	Bueno
400045	Los Arenales	Malo	Malo
400046	Sepúlveda	Bueno	Bueno
400047	Medina del Campo	Malo	Malo
400048	Tierra del Vino	Malo	Malo
400049	Ayllón	Bueno	Bueno
400050	Almazán Sur	Bueno	Bueno
400051	Páramo de Escalote	Bueno	Bueno
400052	Salamanca	Bueno	Bueno

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación respecto al Índice de explotación	Evaluación respecto a la tendencia piezométrica
400053	Vitigudino	Bueno	Bueno
400054	Guadarrama - Somosierra	Bueno	Bueno
400055	Cantimpalos	Bueno	Bueno
400056	Prádena	Bueno	Bueno
400057	Segovia	Bueno	Bueno
400058	Campo Charro	Bueno	Bueno
400059	La Fuente de San Esteban	Bueno	Bueno
400060	Gredos	Bueno	Bueno
400061	Sierra de Ávila	Bueno	Bueno
400063	Ciudad Rodrigo	Bueno	Bueno
400064	Valle de Ámbles	Bueno	Bueno
400065	Las Batuecas	Bueno	Bueno
400066	Valdecorneja	Bueno	Bueno
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	Bueno	Bueno

Figura 45. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea en función de los test de índice de explotación y piezometría

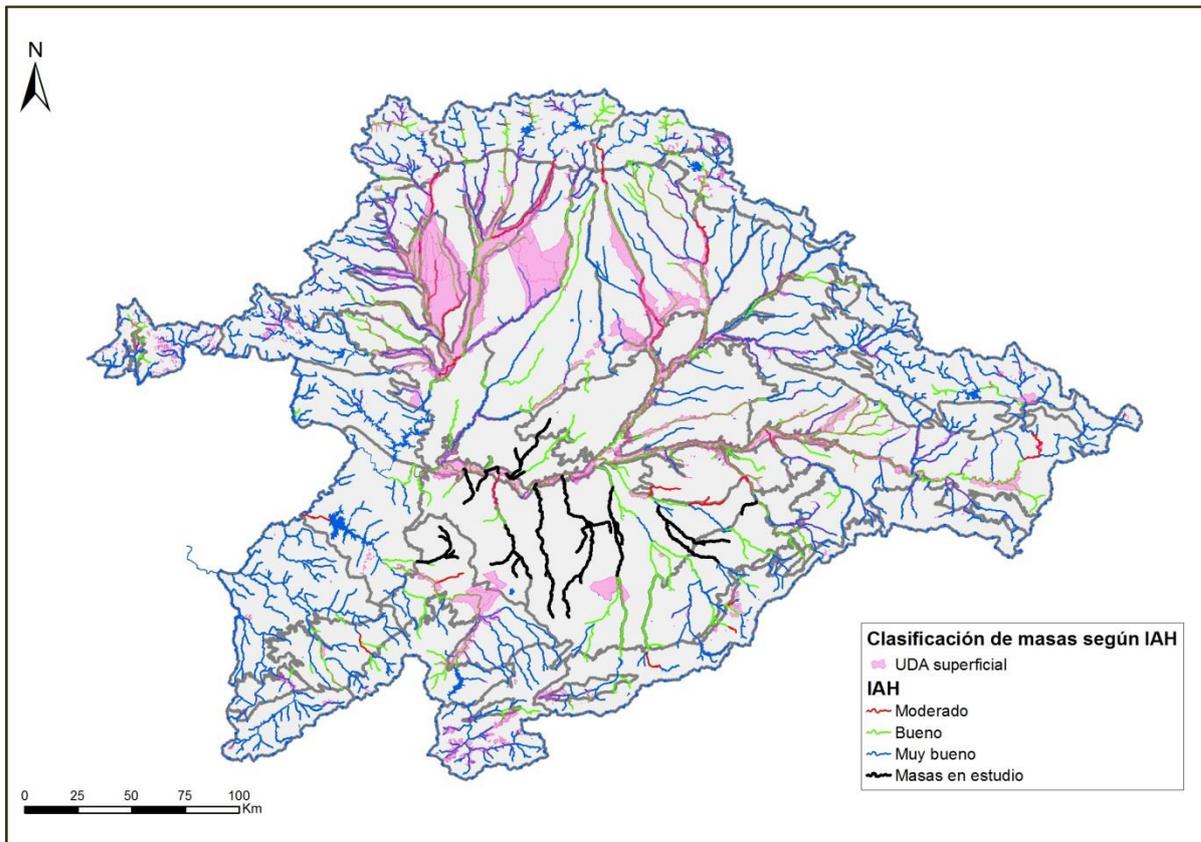


6.1.2. Test de evaluación respecto a la existencia de alteraciones antropogénicas que impidan alcanzar los objetivos de las masas superficiales asociadas y daños significativos a los ecosistemas terrestres dependientes.

Los resultados de este test se derivan de la identificación de las afecciones que pueden provocar los descensos piezométricos de las masas subterráneas respecto a los caudales superficiales asociados a las mismas.

En el caso de la cuenca del Duero, se ha desarrollado un indicador IAH (Índice de Alteración Hidrológica) que interpreta la diferencia de caudales reales respecto a los que deberían contabilizarse en un régimen natural en cada masa de agua superficial. La Figura 46 muestra los ríos con fallo en este indicador.

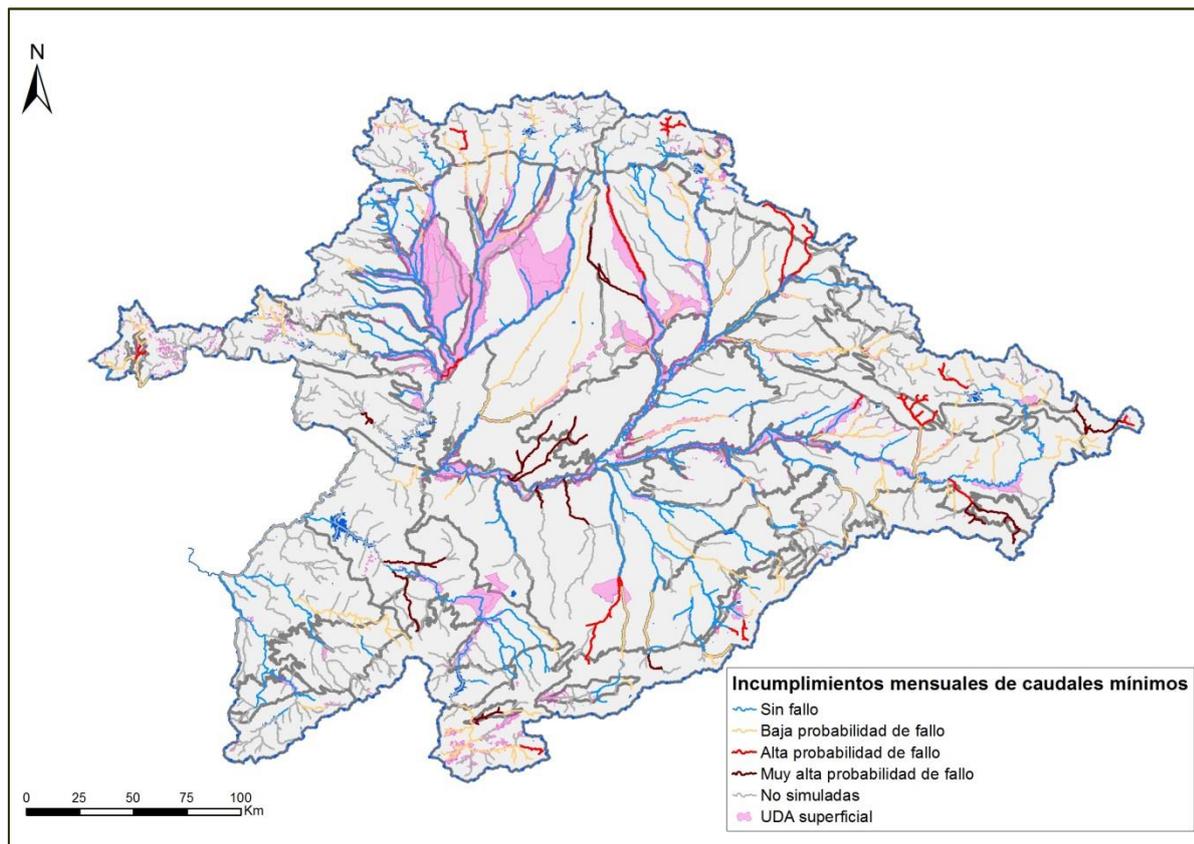
Figura 46. Masas superficiales con fallo en IAH sobre las que se realiza estudio de afección subterránea



Las masas seleccionadas para el estudio según este indicador tienen la particularidad de no tener asociados grandes aprovechamientos de agua superficial que pudieran disminuir el caudal que circula por ellas. Por tanto se estima que la alteración de esos flujos se debe al cambio en la relación río – acuífero, o al menos al aumento del drenaje de los cursos superficiales, que pasa a formar parte del recurso subterráneo disminuyendo de forma notable los caudales circulantes.

De forma complementaria a este análisis, se han tenido en cuenta los valores de fallo en el cumplimiento de caudales ecológicos en la cuenca como se muestra en la Figura 47.

Figura 47. Masas superficiales con fallo caudal ecológico.



La correspondencia de estas dos fuentes de información en los puntos más afectados por la sobreexplotación de acuíferos es determinante a la hora de evaluar el estado de las masas de agua subterránea respecto a este test, centrándose el estudio en las masas coincidentes y valorando en cada caso la bondad de los modelos y los conocimientos sobre zonificación de extracciones.

En cuanto a los ecosistemas terrestres dependientes asociados, se entiende que la afección anteriormente mencionada respecto a los valores de caudales superficiales, afecta invariablemente a los ecosistemas asociados al medio hídrico que se sitúan sobre ellas y, cuya causa más probable de afección, es la infiltración de volúmenes que instala en la cuenca unos niveles de escorrentía superficial insostenibles.

Para el resto de los ecosistemas terrestres dependientes de las aguas subterráneas que no se sitúan sobre una masa de agua superficial, los valores necesarios para establecer los daños a los que se ven expuestos son de difícil conocimiento y se estima que, del mismo modo que para los anteriores ecosistemas, el descenso piezométrico constituye una alteración considerable que puede provocar daños significativos sobre estas zonas.

A tenor de los resultados del estudio "Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico" desarrollado en el marco de trabajos de la Encomienda de Gestión por el IGME, existen ecosistemas relacionados con las masas de agua subterránea afectadas. Estos ecosistemas corresponden con las zonas protegidas.

Tabla 63. Zonas protegidas relacionadas con masas en masas con descensos piezométricos.

Zona protegida relacionada con medio hídrico
ES0000204 TIERRA DE CAMPIÑAS
ES0000208 LLANURAS DEL GUAREÑA
ES4170083 RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES
ES4180017 RIBERAS DE CASTRONUÑO
ES4180070 RIBERAS DEL RÍO CEGA
ES4180081 RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES
ES4180147 HUMEDALES DE LOS ARENALES
ES0000362 LA NAVA-RUEDA

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Zona protegida relacionada con medio hídrico

ES4160048 LAGUNAS DE CANTALEJO

ES0000188 VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA

ES4160062 LAGUNAS DE COCA Y OLMEDO

Por todo ello se establece que la afección que supone el descenso piezométrico de las masas subterráneas del centro de la cuenca sobre las masas superficiales es la causa más probable de los daños significativos que puedan estar sufriendo los ecosistemas terrestres dependientes. Sin embargo las condiciones de disminución ecológica de las zonas protegidas y su relación directa con el estado de la masa de agua subterránea, son datos sin la robustez necesaria como para realizar este test con la confianza suficiente, si bien se estima que estas zonas protegidas son susceptibles de clasificarse como en mal estado por estos motivos

El resultado de estos test de valuación del estado cuantitativo respecto a las alteraciones antropogénicas que puedan ocasionar daño a los ecosistemas terrestres dependientes y respecto a los objetivos medioambientales superficiales se resumen en la Tabla 64.

Tabla 64. Evaluación del estado cuantitativo respecto a los objetivos medioambientales superficiales y ecosistemas terrestres.

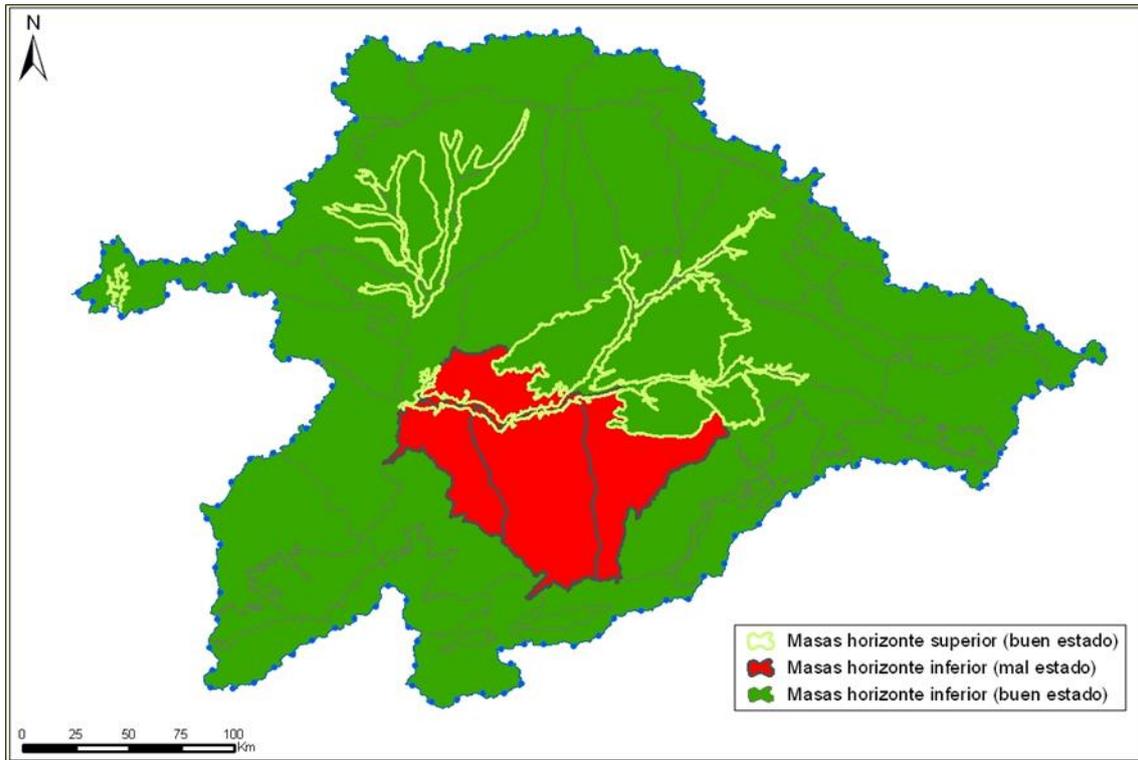
Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Test objetivos ambientales masas superficiales	Test ecosistemas terrestres asociados
400001	Guardo	Bueno	Bueno
400002	La Pola de Gordón	Bueno	Bueno
400003	Cervera de Pisuerga	Bueno	Bueno
400004	Quintanilla-Peñahorada	Bueno	Bueno
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	Bueno	Bueno
400006	Valdavia	Bueno	Bueno
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	Bueno	Bueno
400008	Aluvial del Esla	Bueno	Bueno
400009	Tierra de Campos	Bueno	Bueno
400010	Carrión	Bueno	Bueno
400011	Aluvial del Órbigo	Bueno	Bueno
400012	La Maragatería	Bueno	Bueno
400014	Villadiego	Bueno	Bueno
400015	Raña del Órbigo	Bueno	Bueno
400016	Castrojeriz	Bueno	Bueno
400017	Burgos	Bueno	Bueno
400018	Arlanzón – Río Lobos	Bueno	Bueno
400019	Raña de la Bañeza	Bueno	Bueno
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	Bueno	Bueno
400021	Sierra de la Demanda	Bueno	Bueno
400022	Sanabria	Bueno	Bueno
400023	Vilardevós - Laza	Bueno	Bueno
400024	Valle del Tera	Bueno	Bueno
400025	Páramo de Astudillo	Bueno	Bueno
400027	Sierra de Cameros	Bueno	Bueno
400028	Verín	Bueno	Bueno
400029	Páramo de Esgueva	Bueno	Bueno
400030	Aranda de Duero	Bueno	Bueno
400031	Villafáfila	Bueno	Bueno
400032	Páramo de Torozos	Bueno	Bueno
400033	Aliste	Bueno	Bueno
400034	Araviana	Bueno	Bueno
400035	Cabrejas - Soria	Bueno	Bueno
400036	Moncayo	Bueno	Bueno
400037	Cuenca de Almazán	Bueno	Bueno
400038	Tordesillas	Malo	Bueno

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Test objetivos ambientales masas superficiales	Test ecosistemas terrestres asociados
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	Bueno	Bueno
400040	Sayago	Bueno	Bueno
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	Bueno	Bueno
400042	Riaza	Bueno	Bueno
400043	Páramo de Cuéllar	Bueno	Bueno
400044	Páramo de Corcos	Bueno	Bueno
400045	Los Arenales	Malo	Bueno
400046	Sepúlveda	Bueno	Bueno
400047	Medina del Campo	Malo	Bueno
400048	Tierra del Vino	Malo	Bueno
400049	Ayllón	Bueno	Bueno
400050	Almazán Sur	Bueno	Bueno
400051	Páramo de Escalote	Bueno	Bueno
400052	Salamanca	Bueno	Bueno
400053	Vitigudino	Bueno	Bueno
400054	Guadarrama - Somosierra	Bueno	Bueno
400055	Cantimpalos	Bueno	Bueno
400056	Prádena	Bueno	Bueno
400057	Segovia	Bueno	Bueno
400058	Campo Charro	Bueno	Bueno
400059	La Fuente de San Esteban	Bueno	Bueno
400060	Gredos	Bueno	Bueno
400061	Sierra de Ávila	Bueno	Bueno
400063	Ciudad Rodrigo	Bueno	Bueno
400064	Valle de Ámbles	Bueno	Bueno
400065	Las Batuecas	Bueno	Bueno
400066	Valdecorneja	Bueno	Bueno
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	Bueno	Bueno

La distribución geográfica de la evaluación de las masas de agua en mal estado cuantitativo respecto al a posible afección subterránea a las masas superficiales y a los ecosistemas terrestres asociados se muestra en la Figura 48.

Figura 48. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea respecto a los objetivos medioambientales superficiales.



6.1.3. Test de evaluación alteraciones de flujo que genere salinización u otras intrusiones

Los resultados de este test se correlacionan con el test de salinización que se lleva a cabo para en la evaluación del estado químico de las masas de agua. A partir de los resultados de este test, realizados en las masas en las que se puede determinar una tendencia piezométrica claramente descendente o que tenga unos descensos acumulados considerables y que por ello favorezca la entrada de flujos subterráneos con concentraciones de sales elevadas hacia zonas de menor profundidad, se estima que los valores de conductividad tenidos en cuenta para el análisis no muestran signos de aumento del contenido en sales ni unos niveles que impidan, de forma genérica para toda la masa, la consecución de los objetivos ambientales.

Tabla 65. Evaluación del estado cuantitativo respecto a procesos de salinización.

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Test salinización
400038	Tordesillas	Bueno
400045	Los Arenales	Bueno
400047	Medina del Campo	Bueno
400048	Tierra del Vino	Bueno

6.1.4. Evaluación final del estado cuantitativo

Tras la aplicación de los test anteriores se presenta a continuación la evaluación final del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea en el mapa de la Figura 34 y en la Tabla 66

Figura 49. Mapa de estado cuantitativo de las masas de agua subterránea

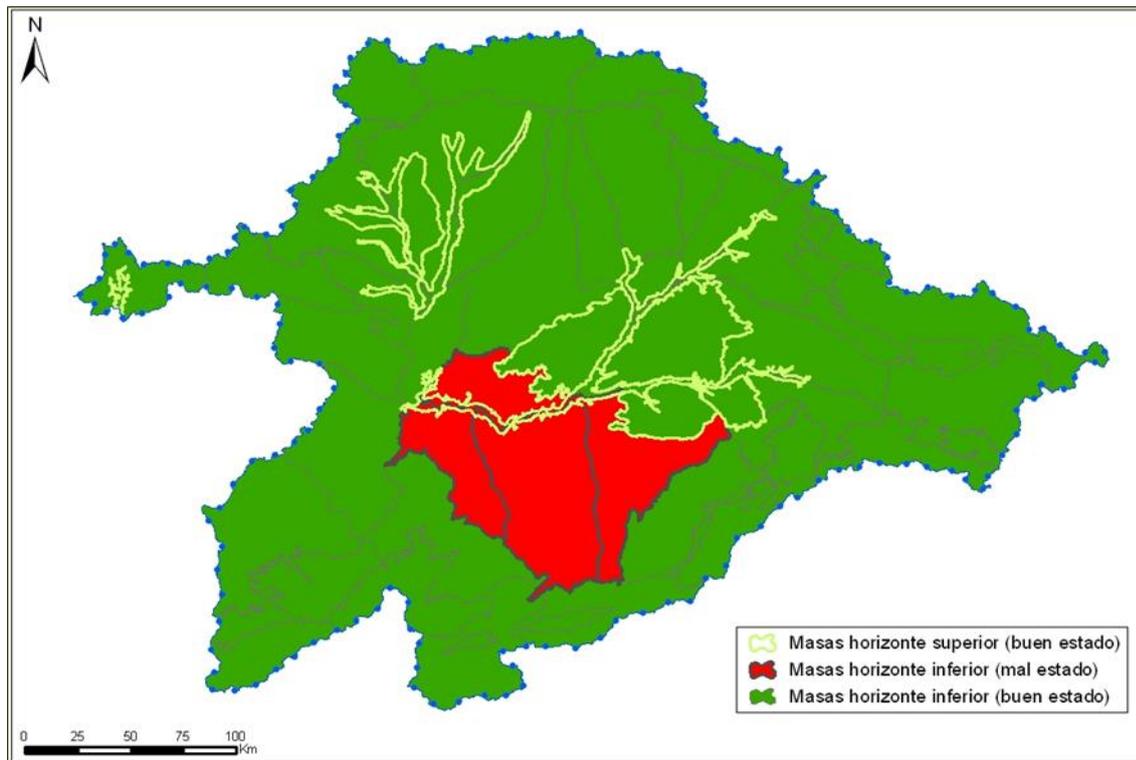


Tabla 66. Evaluación del estado cuantitativo general

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación respecto al Índice de explotación	Evaluación respecto a la tendencia piezométrica	Test objetivos ambientales masas superficiales	Test ecosistemas terrestres asociados	Test salinización	Estado cuantitativo
400001	Guardo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400002	La Pola de Gordón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400003	Cervera de Pisuerga	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400004	Quintanilla-Peñahorada	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400006	Valdavia	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400008	Aluvial del Esla	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400009	Tierra de Campos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400010	Carrión	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400011	Aluvial del Órbigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400012	La Maragatería	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400014	Villadiego	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400015	Raña del Órbigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400016	Castrojeriz	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400017	Burgos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400018	Arlanzón – Río Lobos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400019	Raña de la Bañeza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400021	Sierra de la Demanda	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400022	Sanabria	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400023	Vilardevós - Laza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación respecto al Índice de explotación	Evaluación respecto a la tendencia piezométrica	Test objetivos ambientales masas superficiales	Test ecosistemas terrestres asociados	Test salinización	Estado cuantitativo
400024	Valle del Tera	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400025	Páramo de Astudillo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400027	Sierra de Cameros	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400028	Verín	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400029	Páramo de Esgueva	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400030	Aranda de Duero	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400031	Villafáfila	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400032	Páramo de Torozos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400033	Aliste	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400034	Araviana	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400035	Cabrejas - Soria	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400036	Moncayo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400037	Cuenca de Almazán	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400038	Tordesillas	Malo	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400040	Sayago	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400042	Riaza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400043	Páramo de Cuéllar	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400044	Páramo de Corcos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400045	Los Arenales	Malo	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400046	Sepúlveda	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400047	Medina del Campo	Malo	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400048	Tierra del Vino	Malo	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400049	Ayllón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400050	Almazán Sur	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400051	Páramo de Escalote	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400052	Salamanca	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400053	Vitigudino	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400054	Guadarrama - Somosierra	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400055	Cantimpalos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400056	Prádena	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400057	Segovia	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400058	Campo Charro	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400059	La Fuente de San Esteban	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400060	Gredos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400061	Sierra de Ávila	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400063	Ciudad Rodrigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400064	Valle de Ámbles	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400065	Las Batuecas	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400066	Valdecorneja	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

6.2. Estado químico

El estado químico de las masas de agua subterránea se refleja en los mapas que se incluyen como Figura 50 (Horizonte superior) y Figura 51 (Horizonte general o inferior), que se ha confeccionado con arreglo a los códigos indicados en la Tabla 46.

Figura 50. Mapa de estado químico de las masas de agua subterránea. Horizonte superior.

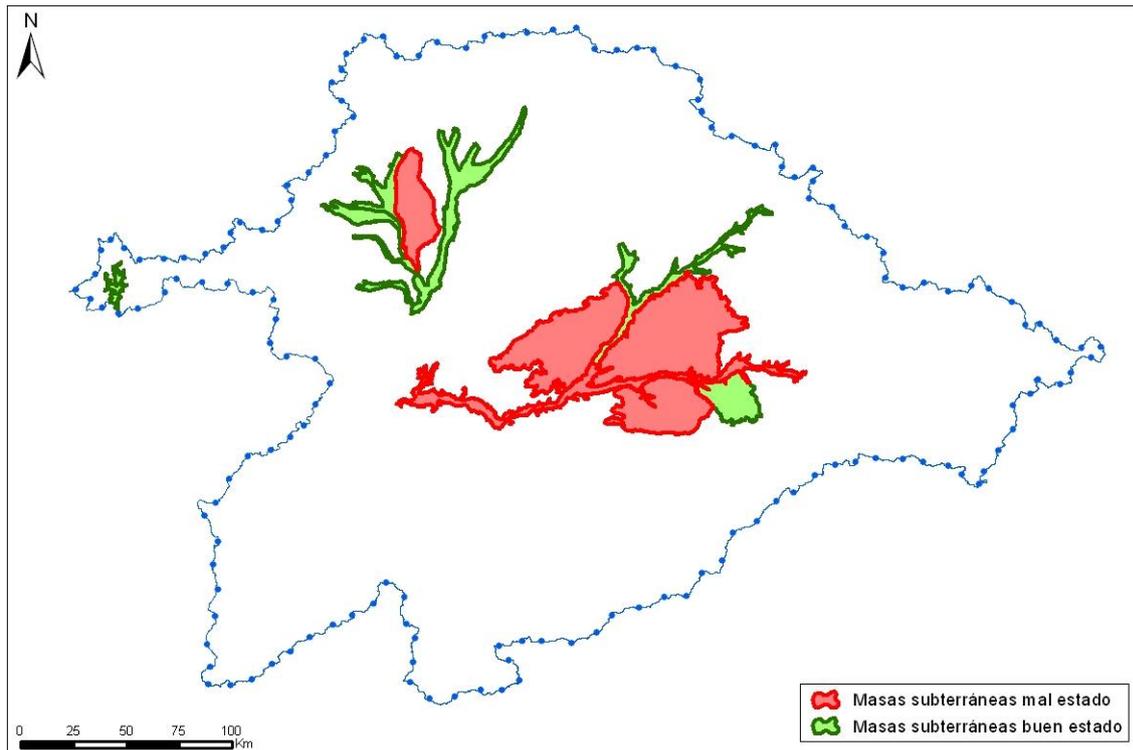


Figura 51. Mapa de estado químico de las masas de agua subterránea. Horizonte inferior o general.

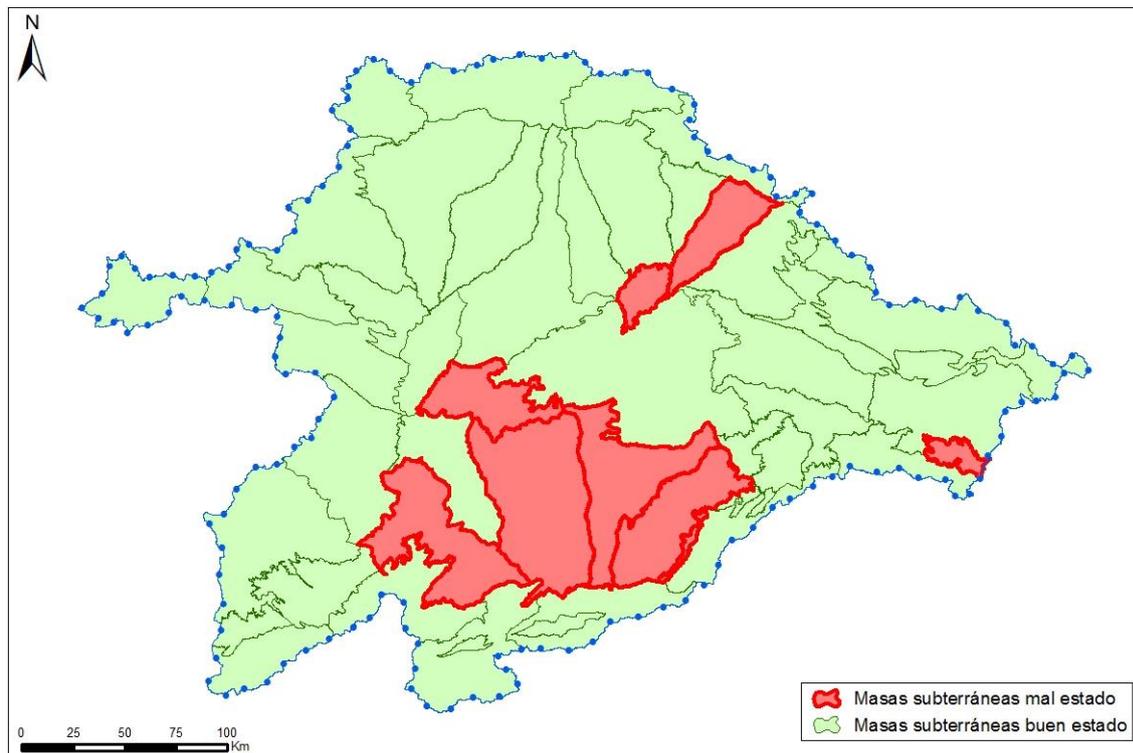


Tabla 67. Presentación de resultados del estado químico de las masas de agua subterránea.

Evaluación del estado químico	Código de colores
Buen estado	Verde
Mal estado	Rojo

La tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración se define como cualquier aumento significativo desde el punto de vista estadístico y medioambiental en la concentración de un contaminante, grupo de contaminantes o indicador de contaminación de las aguas subterráneas. Los datos disponibles en nuestro caso para la determinación de estas tendencias, siguiendo el procedimiento establecido por la IPH y el RD 1514/2009, no son suficientes para identificar unas tendencias que sean estadísticamente significativas, debido, en algunos casos, a la escasa longitud de las series y, en otros, a la irregularidad del registro.

La estimación de tendencias se ha realizado, en los casos en que ha sido posible, a partir de los datos recogidos por la red oficial de seguimiento del estado químico de las masas de agua subterránea.

Por todo ello, nos limitamos a identificar unas tendencias orientativas de la evolución, obtenidas a partir de una interpretación subjetiva del resultado de análisis estadísticos tales como rectas de regresión simple en las masas de 400045 (Los Arenales) y 400043 (Páramo de Cuellar).

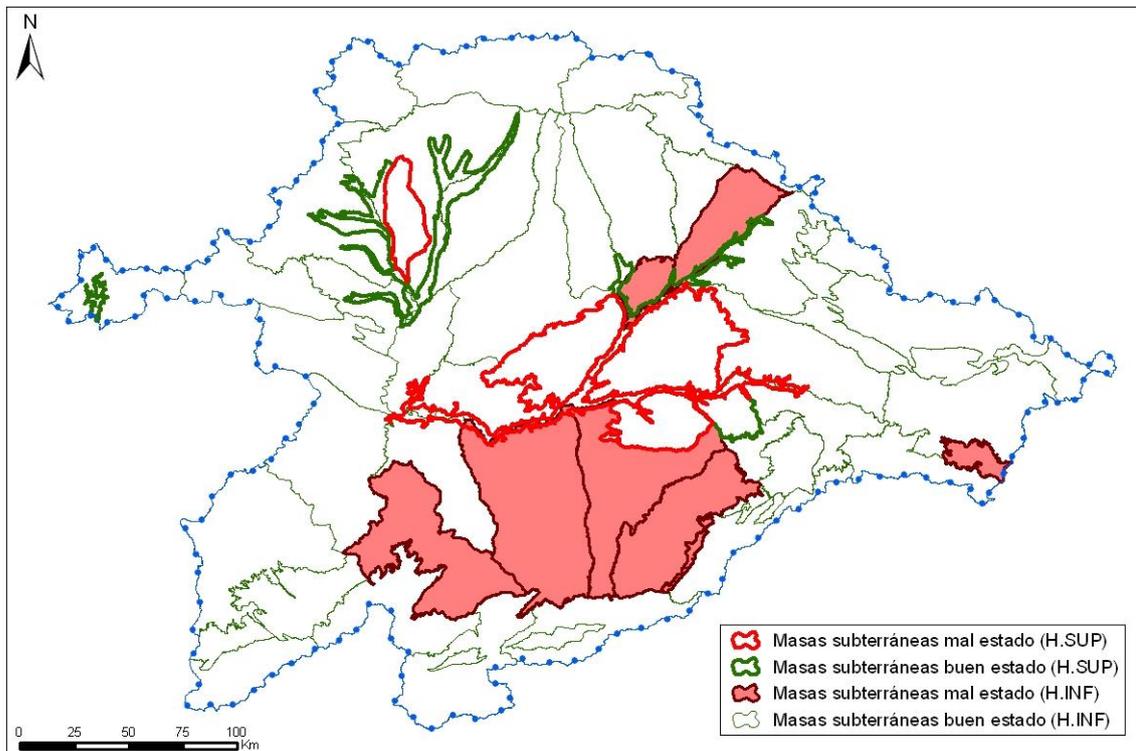
El proceso de evaluación del estado químico se desarrolla en los puntos siguientes

6.2.1. Evaluación del estado químico general de la masa

En la Figura 52 se muestra un mapa en el que se indica el cumplimiento o incumplimiento del buen estado químico según la concentración de nitratos, según lo indicado en el anexo I de la Directiva 2006/118/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

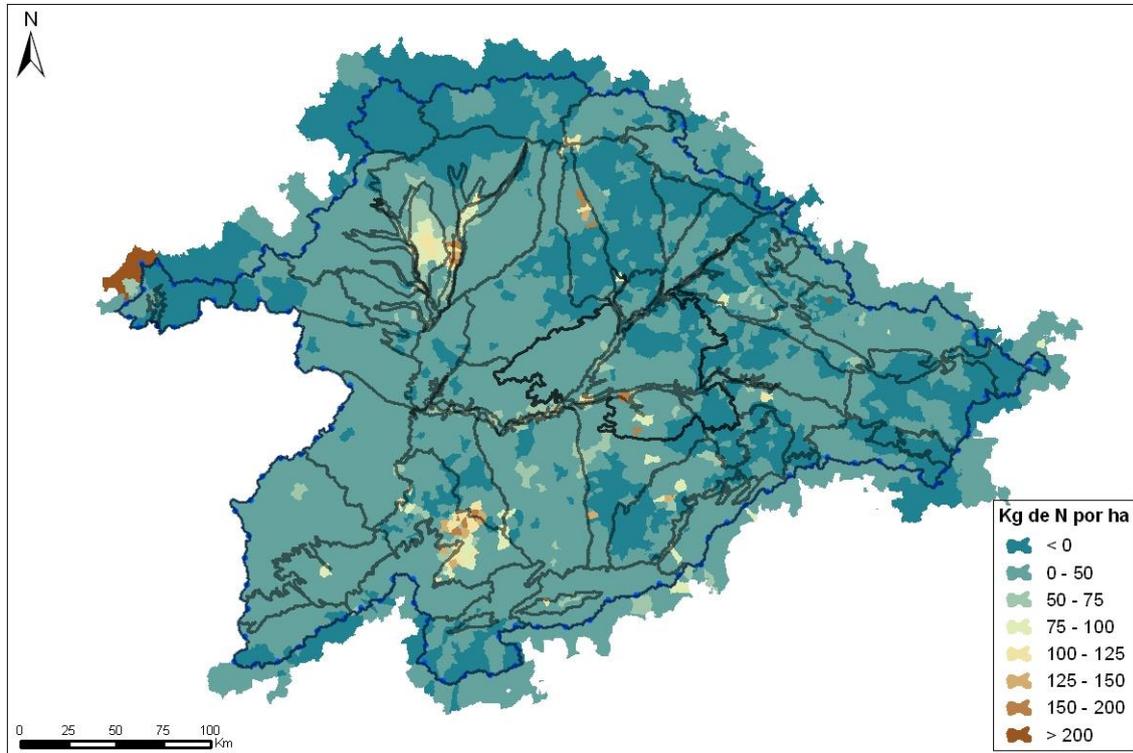
Para la preparación de este mapa se han utilizado exclusivamente datos procedentes de puntos de control adscritos a la red oficial de seguimiento durante el periodo de muestreo 2011 – 2013, lo que asegura un número de muestras representativas por punto de control. Por otra parte, el criterio de valoración ha sido el que exista más de un 20% de la superficie de la masa afectada por la problemática, según se ha descrito en el primer test de evaluación descrito en este apéndice. La evaluación de estas concentraciones puede consultarse en la pestaña Calidad química de la sección Masas de agua subterránea del sistema de información Mírame-IDEDuero.

Figura 52. Mapa de cumplimiento o incumplimiento de buen estado químico según la concentración de nitratos.



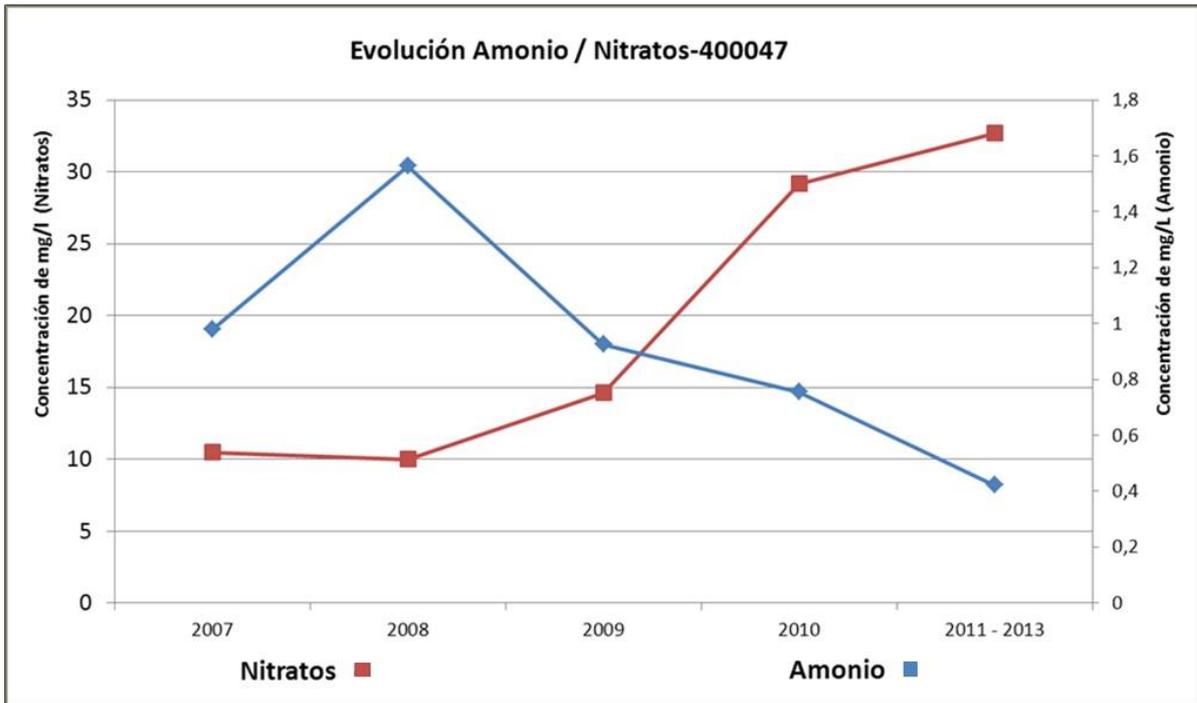
Para apoyar las evaluaciones del anterior test en algunas masas dónde el número de puntos afectados se sitúa en el 20%, se han considerado fuentes de información adicionales que confirmen los resultados de la red de calidad. En este sentido, se han tenido en cuenta los valores de fertilización obtenidos del programa PATRICAL. En ellos se calcula por municipio los valores de Balance de kg de N por hectárea, lo que indica claramente la presión a la que se ve sometido un municipio.

Figura 53 Balance de nitrógeno por hectárea. Fuente PATRICAL (2011)



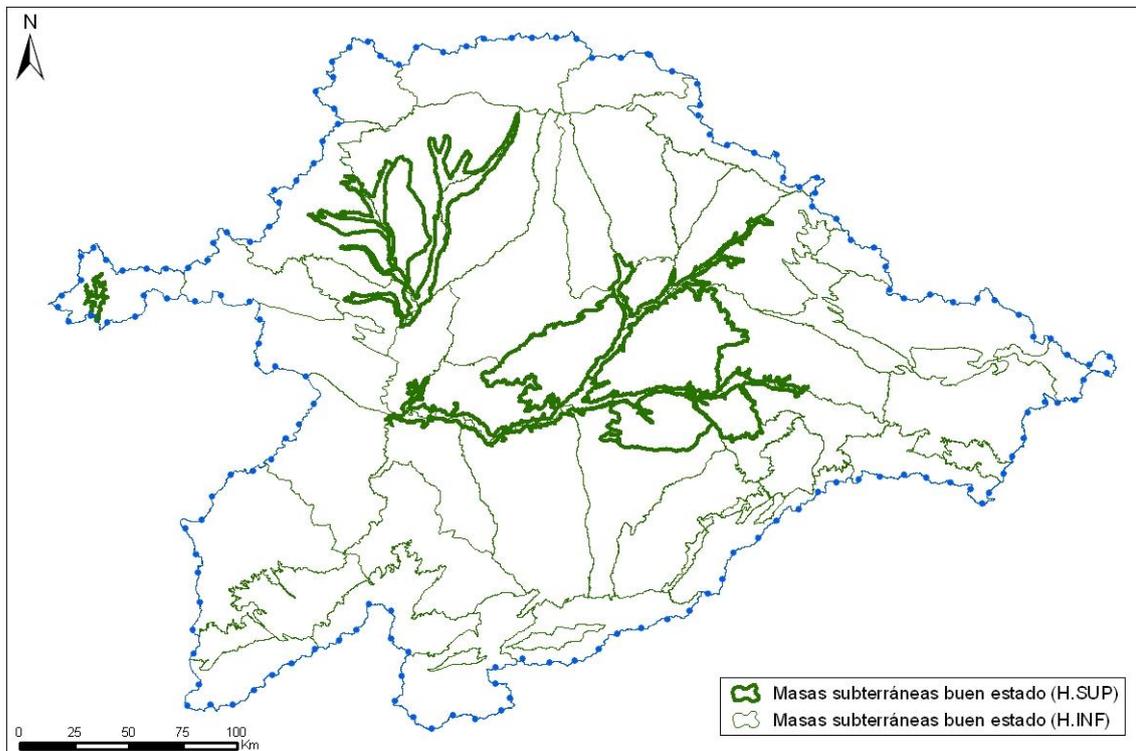
En algunas de las masas se han identificado afecciones por compuestos nitrogenados, pero no en forma de nitrato (400047 Medina del Campo). La presencia de estos compuestos puede ser indicativa de contaminaciones cercanas o bien de condiciones de poca oxigenación en los puntos de control. La designación de estas masas como en mal estado por nitratos responde a la premisa de que estos compuestos tienen la misma fuente y a que la evolución de estos contaminantes es una realidad en esta masa como puede observarse en la Figura 54.

Figura 54 Evolución de la concentración promedio de amonio/nitrato en la masa Medina del Campo.
Fuente: Elaboración propia.



De forma complementaria, en la Figura 55 se muestra un mapa en el que se indica el cumplimiento o incumplimiento del buen estado químico según la concentración de plaguicidas. Para ello se han combinado los valores totales e individuales recogidos en el anexo I de la Directiva 2006/118/CE, de 12 de diciembre de 2006.

Figura 55. Mapa de cumplimiento o incumplimiento de buen estado químico según la concentración de plaguicidas



El límite para los compuestos de plaguicidas y sus derivados es de 0,1 µg/L de forma individual y de 0,5 µg/L totales

Según los resultados de los últimos 3 años, tan solo se obtienen dos puntos que exceden en la contabilización de los plaguicidas que no suponen una alteración significativa de ninguna de las masas sobre las que se sitúan.

Tabla 68 Mediciones con exceso en plaguicidas. Fuente: CHD

Código	Nombre	Horizonte	Motivos	
400031	CA0231008-Cañizo-40	25/07/2013	Isoproturon	15.900 ng/L
400045	CA0245008-Pedrajas de San Esteban-36	13/09/2013	Clorfenvinfos	238 ng/L
400045	CA0245008-Pedrajas de San Esteban-36	22/05/2013	Clorfenvinfos	218 ng/L

Igualmente, en la Figura 56 se muestra el cumplimiento o incumplimiento del buen estado químico según los umbrales nacionales para otros contaminantes, habiéndose seleccionado un número mínimo de sustancias entre las que se listan en el anexo II de la Directiva 2006/118/CE, de 12 de diciembre de 2006; en este caso amonio, que supone el único parámetro con valor umbral por el que se evalúa alguna masa en mal estado químico.

Figura 56. Mapa de cumplimiento o incumplimiento de buen estado químico según la concentración de otros contaminantes: amonio.

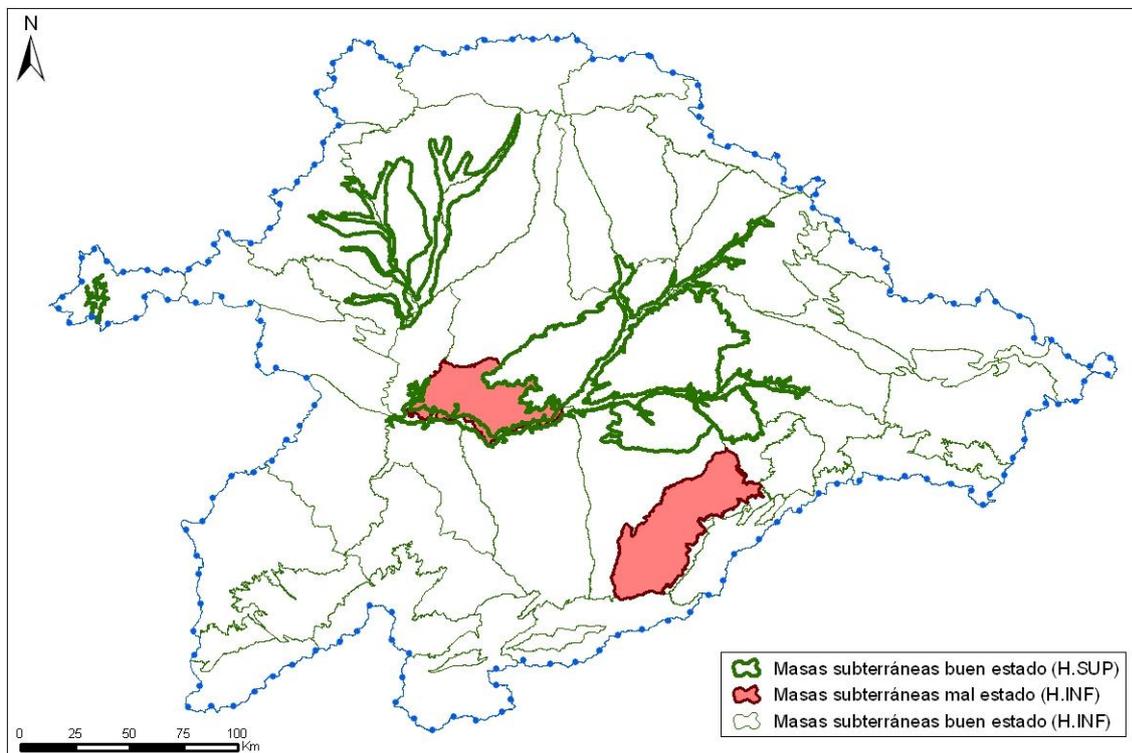


Tabla 69 Resultado del test de evaluación general del estado químico general de la masa y valores umbral. Fuente: CHD

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación respecto al estado químico global de la masa			Valoración del test
		Nitrato	Plaguicidas	Valor Umbral	
400001	Guardo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400002	La Pola de Gordón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400003	Cervera de Pisuerga	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400004	Quintanilla-Peñahorada	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400006	Valdavia	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400008	Aluvial del Esla	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400009	Tierra de Campos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400010	Carrión	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400011	Aluvial del Órbigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400012	La Maragatería	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400014	Villadiego	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400015	Raña del Órbigo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400016	Castrojeriz	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400017	Burgos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400018	Arlanzón – Río Lobos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400019	Raña de la Bañeza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400021	Sierra de la Demanda	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400022	Sanabria	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400023	Vilardevós - Laza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400024	Valle del Tera	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400025	Páramo de Astudillo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400027	Sierra de Cameros	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400028	Verín	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400029	Páramo de Esgueva	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400030	Aranda de Duero	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400031	Villafáfila	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400032	Páramo de Torozos	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400033	Aliste	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400034	Araviana	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400035	Cabrejas - Soria	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400036	Moncayo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400037	Cuenca de Almazán	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400038	Tordesillas	Bueno	Bueno	Malo	Malo
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400040	Sayago	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400042	Riaza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400043	Páramo de Cuéllar	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400044	Páramo de Corcos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400045	Los Arenales	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400046	Septúlveda	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400047	Medina del Campo	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400048	Tierra del Vino	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400049	Ayllón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400050	Almazán Sur	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400051	Páramo de Escalote	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400052	Salamanca	Malo	Bueno	Bueno	Malo

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación respecto al estado químico global de la masa			Valoración del test
		Nitrato	Plaguicidas	Valor Umbral	
400053	Vitigudino	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400054	Guadarrama - Somosierra	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400055	Cantimpalos	Malo	Bueno	Malo	Malo
400056	Prádena	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400057	Segovia	Malo	Bueno	Bueno	Malo
400058	Campo Charro	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400059	La Fuente de San Esteban	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400060	Gredos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400061	Sierra de Ávila	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400063	Ciudad Rodrigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400064	Valle de Ámbles	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400065	Las Batuecas	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400066	Valdecorneja	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

6.2.2. Evaluación del estado químico por salinización de las masas

La evaluación de este test se ha llevado a cabo en las masas con descensos acusados del nivel piezométrico y con índices de explotación elevados, ya que la sobreexplotación de los acuíferos tiene el efecto de llamadas de flujos profundos de aguas subterráneas que tienen concentraciones de cationes e iones mayores que las de las capas más superficiales. Para controlar este efecto se han tenido en cuenta los parámetros: Conductividad y Cloruros desde el año 2001.

Los resultados de este test no muestran tendencias crecientes significativas y situándose en rangos de conductividad relativamente bajos, superándose en muy pocos puntos los 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o los 250 mg/l de cloruro como se puede observar en la Figura 57.

Figura 57 Conductividad eléctrica en masas con índice de explotación elevado. Fuente: CHD.

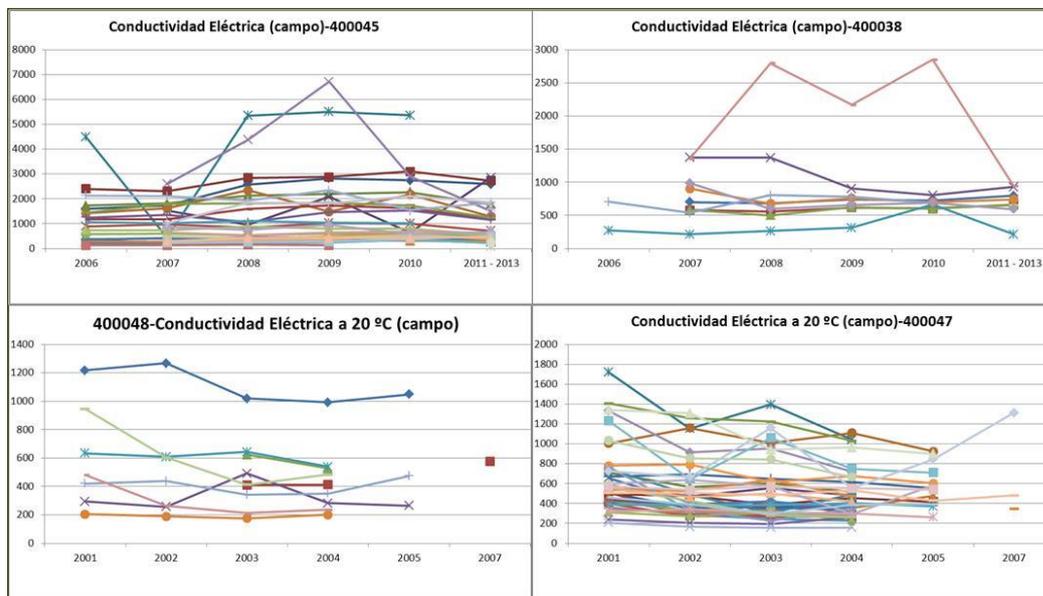


Tabla 70. Resultado del test de salinización.

Código	Nombre	Test de salinización
400038	Tordesillas	Bueno
400045	Los Arenales	Bueno
400047	Medina del Campo	Bueno
400048	Tierra del Vino	Bueno

6.2.3. Evaluación del estado químico por disminución significativa de la calidad química y ecológica de las masas asociadas de aguas superficiales y ecosistemas terrestres dependientes

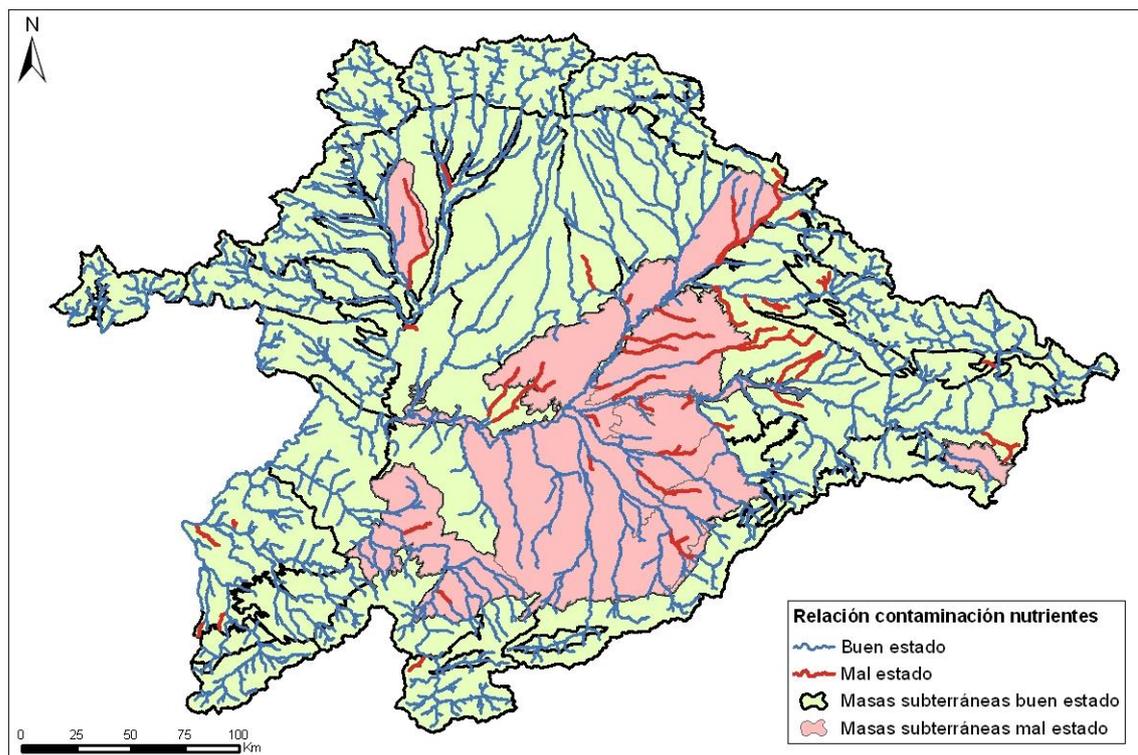
En la cuenca se han interpretado asociaciones con las masas de agua superficiales en algunos humedales de origen hipogénico, si bien, zonas vulnerables superficiales por contaminación por nitratos, como la que está en estudio actualmente según la resolución del 24 de marzo de 2011 de la por la que se determinan la situación en riesgo de las masas del río Hornija y sus afluentes, sobre las que se han muestreado niveles de nitrato muy elevados.

Pese a que la cantidad de la transferencia de aguas a la masa superficial es un dato del que no se dispone actualmente, el nacimiento del río Hornija y el Bajoz, se sitúa en los manantiales procedentes de las descargas del Páramo de Torozos y posteriormente discurre por la masa de Tordesillas, ambas con elevados contenidos en compuestos nitrogenados.

Existe la duda de la desconexión del nivel freático con el caudal base del río en la zona de Tordesillas debido a los descensos piezométricos de la masa, que harían difícil este aporte subterráneo pero parece coherente suponer que más del 50% del contenido en nitratos de la masa de aguas superficial se debe a los aportes de las masas de agua subterránea, dado que el nacimiento de estos ríos se produce de las descargas que recibe de la masa de agua subterránea 400032 Páramo de Torozos, cuyos manantiales recogen valores históricos de concentración de nitratos que superan los 100 mg/l

Del mismo modo, y como se muestra en la Figura 58 se puede establecer una relación muy estrecha entre todos los ríos que discurren por los páramos de la zona central del Duero que se encuentran con unos niveles de nitratos muy elevados y con una conexión directa con el curso del río, pero dado que no se puede establecer el volumen de la transferencia subterránea para todos ellos, por el momento se señala únicamente la masa 400032 Páramo de Torozos como fallo en este test.

Figura 58. Relación entre masas superficiales y subterráneas afectadas por nutrientes. Fuente CHD.



Siguiendo esta línea de trabajo propuesta, los únicos ecosistemas terrestres asociados sobre los que se puede inferir una afección desde las aguas subterráneas en forma de aporte de concentraciones elevadas de nitrato, serían las relacionadas con estas masas de agua anteriormente mencionadas.

Siguiendo los trabajos desarrollados en el ámbito de la Encomienda de Gestión, “Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico” se puede establecer que ninguna de las figuras definidas como zonas protegidas que se superpongan a estas masas superficiales tienen relación con el medio hídrico. Por ello el resultado del test de afección a ecosistemas superficiales asociados es negativo.

Tabla 71. Valores de los test de evaluación del estado químico respecto a afección a aguas superficiales y ecosistemas terrestres asociados.

Código masa sup	Nombre masa superficial	Masa subterránea relacionada	Test de afección a masas de agua superficial	Test de afección a ecosistemas terrestres asociados
358	Arroyo Hornija, arroyo de los Molinos y río Hornija desde cabecera hasta inicio LIC "Riberas del río Duero y afluentes" aguas arriba de San Román de Hornija	400032	Malo	Bueno
360	Río Bajoz desde cabecera hasta confluencia con Arroyo del Valle			

6.2.4. Evaluación final del estado químico

El resultado final de estos test señala que en total, 15 masas de agua subterránea no alcanzan el buen estado químico según el resultado de los test llevados a cabo para su evaluación. El resultado de ellos puede comprobarse en la y los parámetros causantes del mal estado se exponen en la Tabla 73 que se presenta a continuación.

Tabla 72. Resultado de los Test de evaluación del estado químico.

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Test de evaluación general de la masa	Test de intrusión o salinización	Test afección a aguas superficiales	Test afección a ecosistemas terrestres dependientes	Valoración final del estado químico
400001	Guardo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400002	La Pola de Gordón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400003	Cervera de Pisuerga	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400004	Quintanilla-Peñahorada	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400006	Valdavia	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400008	Aluvial del Esla	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400009	Tierra de Campos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400010	Carrión	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400011	Aluvial del Orbigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400012	La Maragatería	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400014	Villadiego	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400015	Raña del Orbigo	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400016	Castrojeriz	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400017	Burgos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400018	Arlanzón – Río Lobos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400019	Raña de la Bañeza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400021	Sierra de la Demanda	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400022	Sanabria	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400023	Vilardevós - Laza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400024	Valle del Tera	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400025	Páramo de Astudillo	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400027	Sierra de Cameros	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400028	Verín	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400029	Páramo de Esgueva	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400030	Aranda de Duero	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400031	Villafáfila	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400032	Páramo de Torozos	Malo	Bueno	Malo	Bueno	Malo
400033	Aliste	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400034	Araviana	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400035	Cabrejas - Soria	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400036	Moncayo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400037	Cuenca de Almazán	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400038	Tordesillas	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400039	Aluvial del Duero: Aranda -	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Test de evaluación general de la masa	Test de intrusión o salinización	Test afección a aguas superficiales	Test afección a ecosistemas terrestres dependientes	Valoración final del estado químico
400040	Tordesillas	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400042	Riaza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400043	Páramo de Cuéllar	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400044	Páramo de Corcos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400045	Los Arenales	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400046	Sepúlveda	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400047	Medina del Campo	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400048	Tierra del Vino	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400049	Ayllón	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400050	Almazán Sur	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400051	Páramo de Escalote	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400052	Salamanca	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400053	Vitigudino	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400054	Guadarrama - Somosierra	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400055	Cantimpalos	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400056	Prádena	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400057	Segovia	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
400058	Campo Charro	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400059	La Fuente de San Esteban	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400060	Gredos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400061	Sierra de Avila	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400063	Ciudad Rodrigo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400064	Valle de Amblés	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400065	Las Batuecas	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400066	Valdecorneja	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

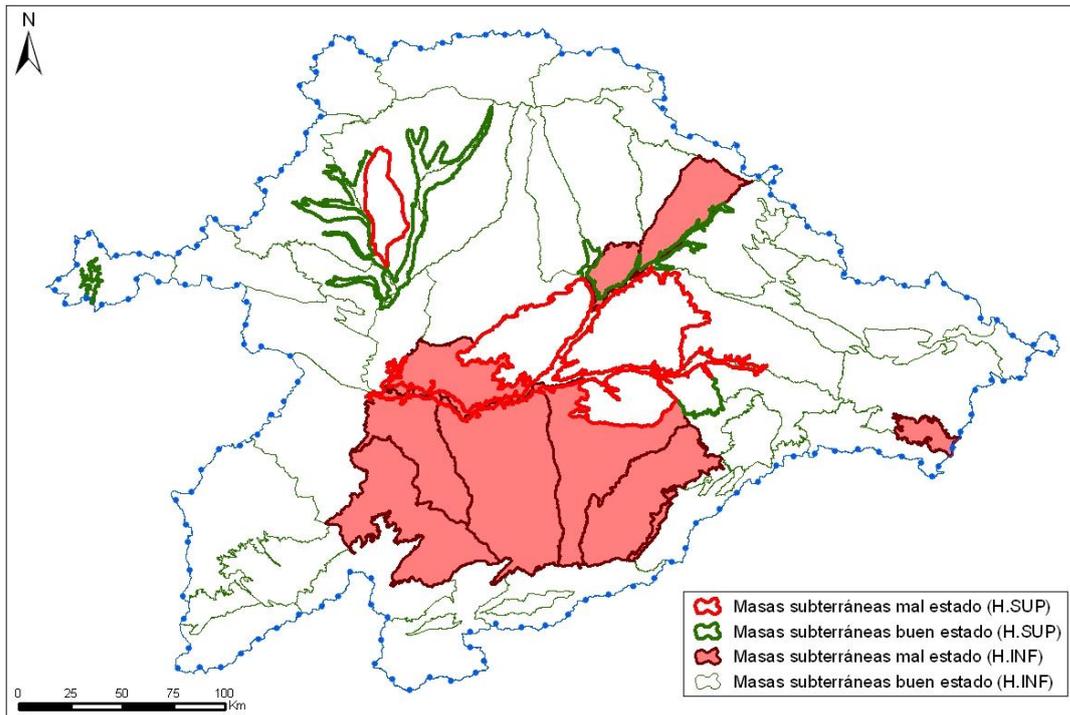
Tabla 73. Causas del mal estado químico en las masas de agua subterránea.

Código	Nombre	Horizonte	Parámetros
400015	Raña del Órbigo	Superior	Nitrato
400016	Castrojeriz	General	Nitrato
400025	Páramo de Astudillo	General	Nitrato
400029	Páramo de Esgueva	Superior	Nitrato
400032	Páramo de Torozos	Superior	Nitrato
400038	Tordesillas	General	Amonio. (Sustancias nitrogenadas)
400039	Aluvial del Duero: Aranda-Tordesillas	Superior	Nitrato
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas-Zamora	Superior	Nitrato
400043	Páramo de Cuéllar	Superior	Nitrato
400045	Los Arenales	General	Nitrato
400047	Medina del Campo	General	Nitrato (Sustancias nitrogenadas)
400051	Páramo de Escalote	General	Nitrato
400052	Salamanca	General	Nitrato
400055	Cantimpalos	General	Nitrato y amonio. (Sustancias nitrogenadas)
400057	Segovia	General	Nitrato

6.3. Estado general

El estado de las masas de agua subterránea queda determinado por el peor valor de su estado cuantitativo y de su estado químico. En la Figura 59 se muestra el mapa resultante de estado de las masas de agua subterránea.

Figura 59. Mapa de estado de las masas de agua subterránea



Como síntesis de los resultados expuestos se presenta las Tabla 75 y Tabla 74 que resumen la situación en que se encuentran las masas de agua subterránea de la parte española de la demarcación del Duero.

Tabla 74. Evaluación global del estado de las masas de agua subterránea.

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación del estado cuantitativo	Evaluación del estado químico	Evaluación del estado global
400001	Guardo	Bueno	Bueno	Bueno
400002	La Pola de Gordón	Bueno	Bueno	Bueno
400003	Cervera de Pisuerga	Bueno	Bueno	Bueno
400004	Quintanilla-Peñahorada	Bueno	Bueno	Bueno
400005	Terciario y Cuaternario del Tuerto-Esla	Bueno	Bueno	Bueno
400006	Valdavia	Bueno	Bueno	Bueno
400007	Terciario y Cuaternario Esla-Cea	Bueno	Bueno	Bueno
400008	Aluvial del Esla	Bueno	Bueno	Bueno
400009	Tierra de Campos	Bueno	Bueno	Bueno
400010	Carrión	Bueno	Bueno	Bueno
400011	Aluvial del Órbigo	Bueno	Bueno	Bueno
400012	La Maragatería	Bueno	Bueno	Bueno
400014	Villadiego	Bueno	Bueno	Bueno
400015	Raña del Órbigo	Bueno	Malo	Malo
400016	Castrojeriz	Bueno	Malo	Malo
400017	Burgos	Bueno	Bueno	Bueno
400018	Arlanzón – Río Lobos	Bueno	Bueno	Bueno
400019	Raña de la Bañeza	Bueno	Bueno	Bueno
400020	Aluviales de Pisuerga - Arlanzón	Bueno	Bueno	Bueno
400021	Sierra de la Demanda	Bueno	Bueno	Bueno
400022	Sanabria	Bueno	Bueno	Bueno
400023	Vilardevós - Laza	Bueno	Bueno	Bueno
400024	Valle del Tera	Bueno	Bueno	Bueno
400025	Páramo de Astudillo	Bueno	Malo	Malo
400027	Sierra de Cameros	Bueno	Bueno	Bueno
400028	Verín	Bueno	Bueno	Bueno
400029	Páramo de Esgueva	Bueno	Malo	Malo
400030	Aranda de Duero	Bueno	Bueno	Bueno

ANEJO 8.2 – VALORACIÓN DE ESTADO

Código	Nombre de la masa de agua subterránea	Evaluación del estado cuantitativo	Evaluación del estado químico	Evaluación del estado global
400031	Villafáfila	Bueno	Bueno	Bueno
400032	Páramo de Torozos	Bueno	Malo	Malo
400033	Aliste	Bueno	Bueno	Bueno
400034	Araviana	Bueno	Bueno	Bueno
400035	Cabrejas - Soria	Bueno	Bueno	Bueno
400036	Moncayo	Bueno	Bueno	Bueno
400037	Cuenca de Almazán	Bueno	Bueno	Bueno
400038	Tordesillas	Malo	Malo	Malo
400039	Aluvial del Duero: Aranda - Tordesillas	Bueno	Malo	Malo
400040	Sayago	Bueno	Bueno	Bueno
400041	Aluvial del Duero: Tordesillas - Zamora	Bueno	Malo	Malo
400042	Ríaza	Bueno	Bueno	Bueno
400043	Páramo de Cuéllar	Bueno	Malo	Malo
400044	Páramo de Corcos	Bueno	Bueno	Bueno
400045	Los Arenales	Malo	Malo	Malo
400046	Sepúlveda	Bueno	Bueno	Bueno
400047	Medina del Campo	Malo	Malo	Malo
400048	Tierra del Vino	Malo	Bueno	Malo
400049	Ayllón	Bueno	Bueno	Bueno
400050	Almazán Sur	Bueno	Bueno	Bueno
400051	Páramo de Escalote	Bueno	Malo	Malo
400052	Salamanca	Bueno	Malo	Malo
400053	Vitigudino	Bueno	Bueno	Bueno
400054	Guadarrama - Somosierra	Bueno	Bueno	Bueno
400055	Cantimpalos	Bueno	Malo	Malo
400056	Prádena	Bueno	Bueno	Bueno
400057	Segovia	Bueno	Malo	Malo
400058	Campo Charro	Bueno	Bueno	Bueno
400059	La Fuente de San Esteban	Bueno	Bueno	Bueno
400060	Gredos	Bueno	Bueno	Bueno
400061	Sierra de Ávila	Bueno	Bueno	Bueno
400063	Ciudad Rodrigo	Bueno	Bueno	Bueno
400064	Valle de Ámbles	Bueno	Bueno	Bueno
400065	Las Batuecas	Bueno	Bueno	Bueno
400066	Valdecorneja	Bueno	Bueno	Bueno
400067	Terciario detrítico bajo los páramos	Bueno	Bueno	Bueno

Es decir, que de las 64 masas de agua subterránea, 16 no alcanzan, con la información objetiva actualmente disponible, el buen estado; lo que viene a suponer el 25% del número total de masas de agua.

Tabla 75. Presentación de resultados del estado de las masas de agua subterránea.

Horizonte	Estado cuantitativo		Estado químico		Estado global	
	Bueno	Malo	Bueno	Malo	Bueno	Malo
Superior	12	0	6	6	6	6
General o inferior	48	4	43	9	42	10
Total:	60	4	49	15	48	16