

**ENCOMIENDA DE GESTIÓN
PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS
CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA
SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS
AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**Actividad 6:
Actuaciones en Aguas Subterráneas para
la Revisión de los Planes de Sequía**

**Demarcación Hidrográfica del
Duero**

MEMORIA

Año 2010



**GOBIERNO
DE ESPAÑA**

**MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN**

**MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO**



**Instituto Geológico
y Minero de España**

**DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA**

El presente documento se integra en el marco de la Encomienda de Gestión de la Dirección General del Agua (DGA) al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para la realización de trabajos científico-técnicos de *Apoyo a la Sostenibilidad y Protección de las Aguas Subterráneas*. Recoge los trabajos realizados para conseguir los objetivos de la Actividad 6 de la citada Encomienda. En la realización, además de los dos centros mencionados, ha participado la Demarcación Hidrográfica del Duero, contando con TIHGSA para la asistencia técnica.

EQUIPO DE TRABAJO:

- **José María Pernía Llera.** *IGME*
- **Silvino Castaño Castaño.** *IGME*
- **José María Ruiz Hernández.** *IGME*
- **Fernando Octavio de Toledo y Ubieto.** *DGA*
- **Víctor del Barrio Beato.** *DHD*
- **José Luis Herrero Pacheco.** *TIHGSA*
- **Pedro González Vázquez.** *TIHGSA*
- **Esperanza Reaño García.** *TIHGSA*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. EL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍA Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	3
3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO E INFORMACIÓN DE PARTIDA	13
3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	13
3.2 INFORMACIÓN DE PARTIDA	25
4. CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS.....	37
4.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	37
4.2 ANÁLISIS DE TENDENCIAS.....	45
4.3 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	61
5. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS.....	78
5.1 ANÁLISIS HISTÓRICO	82
5.2 ANÁLISIS ACTUAL.....	89
5.3 CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	103
6. ZONAS SENSIBLES ANTE LA EXPLOTACIÓN INTENSIVA	113
7. INFRAESTRUCTURAS DE SEQUÍA	141
8. ACTIVIDADES EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE SEQUÍA	142
8.1 ACTIVIDADES EN ESCENARIO DE NORMALIDAD	144
8.1.1 Caracterización preliminar del medio	144
8.1.2 Realización de sondeos específicos de investigación.....	144
8.1.3 Caracterización hidrodinámica de las captaciones y de la masa de agua subterránea.....	145
8.2 ACTIVIDADES EN ESCENARIOS DE SEQUÍA.....	145
8.2.1 Actuaciones administrativas	146
8.2.2 Actuaciones técnicas	148
8.2.3 Programa de seguimiento	152
9. RECURSOS DISPONIBLES EN SITUACIONES EXTREMAS.....	155

9.1 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS.....	155
9.2 CALIDAD DE LOS RECURSOS PARA ABASTECIMIENTO URBANO.....	159
9.3 DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN.....	162
10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	166
ANEXO. FICHAS DE ANÁLISIS DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de medidas de mitigación.....	9
Figura 2. Metodología empleada para el cálculo de los Índices de Disponibilidad (I_e) y Calidad (I_c) de una Masa de Agua Subterránea.....	17
Figura 3. Páginas de características generales.....	24
Figura 4. Páginas de características volumétricas y piezométricas.....	24
Figura 5. Páginas de características hidroquímicas	25
Figura 6. Distribución espacial de las redes de control piezométrico en la DHD.....	27
Figura 7. Distribución espacial de las redes de control hidroquímico en la DHD	28
Figura 8. Distribución espacial de estaciones meteorológicas en la DHD y su entorno inmediato	33
Figura 9. Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad a escala 1:200.000 (IGME y MMA, 2006)	36
Figura 10. Valores del Índice de Explotación (I_e) de las Masas de Agua Subterránea de la DHD	44
Figura 11. Ejemplo de serie de evolución piezométrica generada para el análisis histórico	48
Figura 12. Ejemplo de serie de evolución piezométrica generada para el análisis de la serie actual.....	48
Figura 13. Evoluciones históricas reales, y series medias, máximas y mínimas	51
Figura 14. Serie pluviométrica seleccionada para el caso del ejemplo anterior	52
Figura 15. Análisis de la piezometría histórica de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero	58
Figura 16. Análisis de la piezometría actual de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero.....	60
Figura 17. Sistemas de Explotación, Masas de Agua Subterránea y Ríos de la Demarcación Hidrográfica del Duero	63
Figura 18. Sistema de Explotación de Elsa-Valderaduey-Órbigo-Tera y Masas de Agua Subterránea	64
Figura 19. Sistema de Explotación de Pisuegra-Carrión-Arlanza y Masas de Agua Subterránea	67
Figura 20. Sistema de Explotación de Alto Duero – Riaza y Masas de Agua Subterránea.....	70
Figura 21. Sistema de Explotación de Adaja – Cega – Bajo Duero y Masas de Agua Subterránea	73
Figura 22. Sistema de Explotación de Tormes - Águeda y Masas de Agua Subterránea.....	76
Figura 23. Resultados del análisis tendencial en una serie actual.....	80
Figura 24. Facies hidroquímica característica y clasificación de acuerdo al índice de calidad	81
Figura 25. Evolución del índice de calidad, observaciones importantes sobre la calidad y clasificación de la MASb	81
Figura 26. Resumen de Índices de calidad de la red histórica.....	83
Figura 27. Datos de I_c calculados para el conjunto de las MASb de la DHD. Situación histórica.	84
Figura 28. Clasificación de las Masas de Agua Subterránea en la DHD según I_c atendiendo a los datos de la Red Histórica de Calidad de las Aguas Subterráneas del IGME	86
Figura 29. Resumen de Índices de calidad de la red actual.....	90
Figura 30. Datos de I_c calculados para el conjunto de las MASb de la DHD. Situación actual.	91
Figura 31. Clasificación de las Masas de Agua Subterránea en la DHD según I_c atendiendo a los datos de la Red Básica de Calidad de las Aguas Subterráneas del MARM.....	93

Figura 32. Datos de Ic calculados para el conjunto de las MASb de la DHD. Comparativa de la serie histórica (azul oscuro) y serie actual (azul claro).....	99
Figura 33. MASb cuya clasificación de Ic no ha variado entre la serie histórica y la serie actual.....	101
Figura 34. MASb cuya clasificación de Ic ha variado entre la serie histórica y la serie actual	102
Figura 35. Ic de calidad del Sistema de Explotación Esla – Vaderaduey – Órbigo - Tera.....	103
Figura 36. Ic de calidad del Sistema de Explotación Pisuegra – Carrión - Arlanza.....	105
Figura 37. Ic de calidad del Sistema de Explotación Alto Duero – Riaza.....	107
Figura 38. Ic de calidad del Sistema de Explotación de Adaja – Cega – Bajo Duero.....	109
Figura 39. Ic de calidad del Sistema de Explotación de Tormes – Águeda.....	111
Figura 40. Figuras de Protección en la Demarcación Hidrográfica del Duero	115
Figura 41. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Esla – Valderaduey - Órbigo – Tera.....	123
Figura 42. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Pisuegra – Carrión – Arlanza.....	128
Figura 43. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Alto Duero Riaza	132
Figura 44. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Adaja - Cega – Bajo Duero.....	136
Figura 45. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Tormes – Águeda.....	140
Figura 46. Componentes directos e indirectos del Plan de Vigilancia Ambiental	147
Figura 47. Ejemplo de estadillo para la presentación de datos de control de volúmenes extraídos y piezometría ..	148
Figura 48. Ejemplo de estadillos para la presentación de datos de control de volúmenes extraídos y calidad del agua	149
Figura 49. Ejemplo de tabla resumen del estado y extracciones de agua subterránea por sectores de explotación y masa de agua subterránea.....	152
Figura 50. Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos en la DHD	156
Figura 51. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos y Masas de Agua Subterránea en la DHD.....	158
Figura 52. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos e Índice de calidad de las MASb en la DHD.....	161
Figura 53. Calidad de los Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de recursos Hídricos en la DHD	164

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de Recursos Disponibles en las Masas de Agua Subterránea de la DHD	43
Tabla 2. Características de los piezómetros utilizados.....	50
Tabla 3. Velocidades de evolución piezométricas obtenidos combinando series históricas y actuales.....	55
Tabla 4. Resumen del análisis piezométrico de datos históricos y actuales	57
Tabla 5. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Elsa-Valderaduey-Órbigo-Tera.....	66
Tabla 6. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Pisuerga-Carrión-Arlanza.....	69
Tabla 7. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Alto Duero - Riaza	72
Tabla 8. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Adaja – Cega – Bajo Duero	75
Tabla 9. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Tormes - Águeda.....	77
Tabla 10. Índice de calidad en las Masas de Agua Subterránea de la DHD (serie histórica)	88
Tabla 11. Índice de calidad en las Masas de Agua Subterránea de la DHD (serie actual)	95
Tabla 12. Evolución comparada del Ic entre la serie histórica y la serie actual.....	98
Tabla 13. Sistema de Explotación Salado de Morón: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas	104
Tabla 14. Sistema de Explotación Pisuerga – Carrión – Arlanza: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	106
Tabla 15. Sistema de Explotación Alto Duero – Riaza: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas	108
Tabla 16. Sistema de Explotación Adaja – Cega – Bajo Duero: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	110
Tabla 17. Sistema de Explotación Tormes - Águeda: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas	112
Tabla 18. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Elsa – Valderaduey - Órbigo – Tera	122
Tabla 19. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Pisuerga – Carrión – Arlanza	127
Tabla 20. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Alto Duero Riaza.....	131
Tabla 21. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Adaja - Cega – Bajo Duero	136
Tabla 22. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Tormes – Águeda.....	140

Tabla 23. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos por Sistemas de Explotación en la DHD.....	157
Tabla 24. Calidad por Sistemas de Explotación en la DHD	160
Tabla 25. Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles, NO Comprometidos y calidad de los mismos por Sistemas de Explotación en la DHD.....	163

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se enmarca dentro del Acuerdo de Encomienda de Gestión suscrito entre el Ministerio de Medio Ambiente, actual Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Dirección General del Agua), y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en octubre de 2007, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.

Este acuerdo, tiene por objeto la realización de los trabajos, mediante un enfoque que armonice los aspectos cualitativos y cuantitativos, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Aguas, en la Directiva Marco del Agua (DMA) y en la Directiva 2006/118, sobre protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

En concreto los trabajos vinculados al presente trabajo se enmarcan dentro de la “*Actividad 6: Actuaciones en aguas subterráneas para la revisión de los planes de sequía*”, trabajos que se independizan para cada una de las nueve Demarcaciones Hidrográficas del ámbito intercomunitario, estando recogidos en este documento los relacionados con la Demarcación Hidrográfica del Duero.

La experiencia adquirida durante los diferentes episodios de sequía, han demostrado que la explotación controlada de recursos subterráneos de determinadas Masas de Agua Subterránea pueden coadyuvar a paliar los efectos nocivos de la misma (merma en los recursos disponibles), ofertando recursos hídricos complementarios. En periodos anteriores de sequía se han realizado diferentes actuaciones estableciendo una explotación controlada sin alteraciones sensibles, ni en el funcionamiento hidrodinámico de los sistemas hidrogeológicos explotados de forma temporal, ni en los sistemas ecológicos con éstos vinculados. Desarrollándose, por tanto, estas actuaciones en un marco de gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos y elaborando según los estudios llevados a cabo en esta demarcación la “*Guía para la redacción de Planes Especiales de Sequía*”

Uno de los objetivos del presente estudio, es el análisis y la ordenación de la información existente sobre el agua subterránea, para su inclusión en la revisión de los planes de sequía existentes, con objeto de evitar la improvisación en periodos secos. De esta manera se garantizará un aprovechamiento sostenible y controlado de los recursos hídricos subterráneos disponibles.

2. EL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍA Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Como fase previa, se estableció el Plan de Alerta y Eventual Sequía de la Demarcación Hidrográfica del Duero, que surge como necesidad impuesta por la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, para la gestión de las sequías, en la cual se citan las siguientes actuaciones:

1. Establecimiento de un sistema global de indicadores hidrológicos para prever situaciones de sequía, que constituya un sistema de referencia a cada organismo de Cuenca para la declaración de situaciones de alerta y eventual sequía. Se trata de una labor que debía ser definida por el propio Ministerio de Medio Ambiente.
2. Elaboración por parte de cada organismo de Cuenca de Planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía, incluyendo reglas de explotación de los sistemas y medidas a adoptar en relación con el uso del DPH.
3. Elaboración de un Plan de Emergencia ante situaciones de sequía por parte de administraciones públicas responsables de sistemas de abastecimiento urbano que atiendan a poblaciones iguales o superiores a 20.000 habitantes. Estos Planes, serán informados al Organismo de Cuenca. Los objetivos de estos Planes de Emergencia son la garantía de recursos y la minimización de efectos negativos. Además, deben tener en cuenta las reglas y medidas previstas en los PES.

El sistema de indicadores así establecido permite definir actuaciones a realizar por el organismo de cuenca en los Planes especiales de sequía.

La Confederación Hidrográfica del Duero llevó a cabo en el año 2005 un protocolo de actuación en los sistemas de explotación considerados por la Comisión de Desembalse de la Cuenca del Duero. Este protocolo identifica los consumos existentes en cada uno de los sistemas y determina la situación del sistema en función del volumen embalsado así como las actuaciones a realizar en caso de sequía (según el sistema se encuentre en *Alerta*, *Alarma* o

Emergencia). Todo ello está reflejado en el *Protocolo de actuación en sequías de la Cuenca del Duero*.

El PES-DHD tiene como objetivo básico fijar las actuaciones en situaciones de alerta y eventual sequía, mediante la articulación de las medidas de control, evaluación de riesgos e implantación de medidas mitigadoras necesarias para minimizar la frecuencia e intensidad de las situaciones de escasez de recursos.

Así, el PES-DHD pretende mitigar los efectos de las futuras sequías mediante el desarrollo de sistemas que permitan anticiparse a ellas; y además, pretende fijar como actuar en la secuencia de activación de las medidas de mitigación, según el estado en el que se encuentre los recursos en la demarcación hidrográfica del Duero.

Además de estos Objetivos Generales, se persigue la consecución de una serie de Objetivos Específicos, en el marco de un desarrollo sostenible, que quedan expresados a continuación:

- Garantizar la disponibilidad de agua requerida para asegurar la salud y la vida de la población.
- Evitar o minimizar los efectos negativos de la sequía sobre el estado ecológico de las masas de agua, en especial sobre el régimen de caudales ecológicos, evitando, en todo caso, efectos permanentes sobre el mismo.
- Minimizar los efectos negativos sobre el abastecimiento urbano.
- Minimizar los efectos negativos sobre las actividades económicas, según la priorización de usos establecidos en la legislación de aguas y en los planes hidrológicos.

A su vez, para alcanzar los Objetivos Específicos se plantean los siguientes Objetivos Instrumentales u Operativos:

- Definir mecanismos para la previsión y detección de la presentación de situaciones de sequía.
- Fijar umbrales para la determinación del agravamiento de las situaciones de sequía (fases de gravedad progresiva).
- Definir las medidas para conseguir los objetivos específicos en cada escenario de las situaciones de sequía
- Asegurar la transparencia y participación pública en el desarrollo de los planes.

Como resultado de los distintos periodos históricos de sequía acontecidos en la DHD, la Comisión de Sequía de la DHD, ha llevado a cabo una serie de medidas de gestión encaminadas a superar los periodos de escasez y paliar los efectos de las sequías Dichas medidas tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- El abastecimiento humano tiene prioridad frente a cualquier otro uso, por lo que en periodos de sequía los esfuerzos estarán dirigidos a cubrir las demandas del abastecimiento sin desatender los problemas de calidad.
- Se considera de gran importancia la colaboración ciudadana, por lo que se establecen campañas de concienciación y difusión pública de medidas sociales e individuales dirigidas al ahorro, tanto doméstico como en el resto de sectores.
- Se establecen recomendaciones a las comunidades de regantes encaminadas a la mejora de los sistemas de aplicación del agua a la tierra, la ordenación de los cultivos de tal forma que se evite la siembra de cultivos que exijan fuertes dotaciones de agua, la reducción de pérdidas en conducciones y la elaboración de calendarios de riegos estableciendo turnos.
- Se establecen recomendaciones a las poblaciones para el corte de fuentes públicas, prohibición de riego de parques y jardines, baldeo de calles, identificación de fugas y recomendaciones para el uso eficiente del agua en los hogares.
- En fases avanzadas de sequía se considera ineludible la necesidad de establecer restricciones obligatorias al suministro, siendo en ocasiones necesario la imposición de sanciones.

- Tras periodos de sequía se ponen en funcionamiento medidas encaminadas a compensar los efectos de las mismas mediante la ayuda económica a los afectados (reducción de impuestos, aplazamiento de pagos, creación de líneas de préstamos subvencionados...).
- Ante la falta de recursos regulados se considera necesario la búsqueda de fuentes alternativas de suministro mediante actuaciones de emergencia como pozos, conducciones y bombeos.

Los análisis que se incluyen en el documento PES-DHD, implican la existencia de diversos periodos de sequía, algunos de ellos de gran incidencia, en los que fue necesario el establecimiento de medidas de gestión encaminadas a la reducción de las graves consecuencias producidas por la escasez de agua. Dentro de estos periodos, los regadíos abastecidos con recursos subterráneos apenas sufrieron merma en cuanto a sus rendimientos. Además se considera que, en general, los caudales ecológicos han cumplido con los mínimos establecidos en el Informe de Seguimiento del Plan Hidrológico, y en las ocasiones puntuales en los que se han incumplido, no se han producido catástrofes ambientales. En cuanto al abastecimiento urbano, las grandes poblaciones, a excepción de la ciudad de Ávila (que se abastece de dos pequeños embalse privados), no han llegado a sufrir restricciones significativas. Son las pequeñas poblaciones las que más consecuencias han sufrido por el efecto de las sequías, siendo diversas las medidas a adoptar.

Independientemente del proceso de caracterización específica de una sequía, en el cual se establecen los criterios para determinación de un periodo de sequía (basados fundamentalmente en criterios meteorológicos e hidrológicos –aportaciones-), en la Demarcación Hidrográfica del Duero se han definido una serie de escenarios e indicadores que permiten el seguimiento de una sequía, el análisis del estado hidrológico de los diferentes Sistemas de Explotación y la elaboración de informes periódicos. Los indicadores, se han basado en parámetros que permitan reflejar directamente la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos:

- Volúmenes almacenados en embalses
- **Niveles piezométricos en acuíferos**
- Aportaciones fluviales en estaciones de aforo

- Volúmenes desembalsados
- Pluviometría en estaciones representativas
- Reservas de agua en forma de nieve

A cada indicador, se le aplica el **Índice de Estado (Ie)**. Consiste en una relación entre la media, el valor mínimo y el máximo del periodo histórico considerado, de tal forma que cuando el indicador se halla entre la media y el valor máximo, Ie oscilará entre 0,5 y 1, mientras que cuando el indicador se halla entre la media y el valor mínimo, Ie oscilará entre 0 y 0,5.

$$- Si V_i \geq V_{med} \Rightarrow I_e = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right] \quad - Si V_i < V_{med} \Rightarrow I_e = \frac{V_i - V_{min}}{2(V_{med} - V_{min})}$$

Este índice tiene especial relevancia en el caso de las aguas subterráneas, dado que proporciona el **nivel de llenado** y valora el régimen de explotación en función de las variaciones de nivel piezométrico. Puede ser asimilado a los recursos renovables, dado que el mínimo no implica que no existan reservas en los acuíferos.

Por último, se aplica un **factor de ponderación a cada Ie** de forma que se obtenga un indicador representativo de cada Sistema de Explotación.

El último paso es el establecimiento de umbrales o condicionantes desencadenantes de escenarios operacionales. Tras el análisis por Sistemas de Explotación, se han obtenido los siguientes umbrales:

- Ie < 0,5 Umbral de prealerta
- Ie < 0,3 Umbral de alerta
- Ie < 0,10 Umbral de emergencia

Esta clasificación presenta una leve modificación sobre la propuesta inicial presentada en la Guía para la redacción de planes especiales de actuación en situación de alerta y eventual sequía, variando el umbral de emergencia de 0,15 a 0,1, dado que se ha entendido que en el caso de la DHD no se precisa la adopción de medidas excepcionales hasta alcanzar niveles tan inferiores del indicador.

Los escenarios obtenidos son los siguientes (para cada Sistema de Explotación):

- I. **Escenario de Normalidad** ■: El indicador toma valores de $I_e \geq 0,5$.
- II. **Escenario de Prealerta** ■: El indicador toma valores de $0,5 > I_e \geq 0,3$.
- III. **Escenario de Alerta** ■: El indicador toma valores de $0,3 > I_e \geq 0,10$.
- IV. **Escenario de Emergencia** ■: El indicador toma valores de $I_e < 0,10$.

En cada escenario es necesario adoptar un tipo de medidas, con objeto de prevenir y reducir el impacto de la sequía. Los tipos de medidas son (figura 1):

- **Medidas Estratégicas:** se desarrollan en estado de normalidad-prealerta y están encaminadas a prevenir el estado de las masas de agua incrementando las disponibilidades, reduciendo las demandas y mejorando la eficiencia en el uso del agua.
- **Medidas Tácticas:** tienen como objetivo conservar los recursos mediante la mejora de gestión, uso conjunto de las aguas subterráneas y superficiales y ahorros voluntarios en las grandes unidades de consumo (campañas de concienciación), persiguiendo también una prevención del deterioro de las masas de agua. Corresponden a estado de Alerta, y conforme avance la sequía puede ser necesario la aplicación de restricciones en usos no esenciales y la penalización de consumos excesivos. En general se trata de actuaciones a corto plazo, planificadas y validadas en el PES.
- **Medidas de Emergencia:** tienen como objetivo alargar el máximo tiempo posible los recursos disponibles, mediante medidas como, por ejemplo, las restricciones. Se trata de medidas extraordinarias que requieren posteriormente de medidas de recuperación.

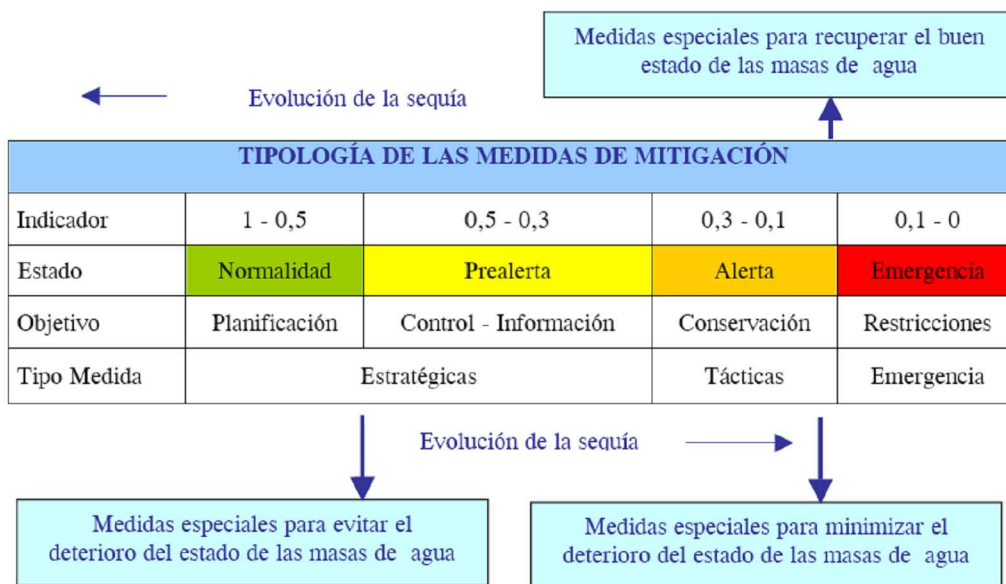


Figura 1. Tipología de medidas de mitigación
(Fuente: CHD, 2007)

Las medidas Tácticas y de Emergencia, que son las que se recogen en el PES, pueden encuadrarse del modo siguiente:

- **Medidas de previsión:**
 - Medidas de previsión de la sequía (Indicadores de sequía)
 - Medidas de análisis de recursos para su optimización, posible reasignación, reutilización e intercambio en situaciones coyunturales
 - Medidas de establecimiento de reservas estratégicas en embalses
- **Medidas operativas:**
 - Medidas relativas a la atenuación de la demanda de agua.
 - Medidas relativas al aumento de la oferta. (movilización de reservas estratégicas, transferencias de recursos, activación de fuentes alternativas de obtención de recursos...)
 - Gestión combinada Oferta/Demanda
- **Medidas organizativas:**
 - Responsables ejecución y seguimiento

- Coordinación entre administraciones
- **Medidas de seguimiento**
- **Medidas de recuperación**

Las medidas de mitigación de efectos son de aplicación progresiva, necesiéndose establecer umbrales de aplicación o profundización de las medidas.

El Alcance de las medidas según el tipo, en lo referente a las aguas subterráneas, afecta a:

- El incremento de la Oferta, mediante estudios de optimización de uso conjunto y estudios específicos que analicen la posibilidad de designar ciertas masas subterráneas como de carácter estratégico para paliar los efectos de las sequías.
- Medio ambiente hídrico, con objeto de proteger los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados.

El incremento del uso de los recursos subterráneos para mitigar las situaciones de alerta y emergencia, requieren la aplicación de medidas operativas relativas a la gestión combinada de disponibilidad, necesidades de agua y protección ambiental. Dichas medidas van encaminadas a la intensificación de la vigilancia de las redes de control de cantidad (piezometría) y calidad (química) de las masas de agua subterránea.

Una vez superada la fase más severa de la sequía, según se recoge en el PES-CHD, se adoptarán, tan pronto como sea razonablemente posible, las medidas necesarias a que alude el artículo 4.6 de la Directiva Marco y en especial todas aquellas medidas factibles para devolver a las masas de agua subterránea a su estado anterior a la situación de sequía. Estas medidas se activarán cuando se declare finalizada la situación de emergencia en el sistema.

Conclusiones

Un análisis detallado del Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía de la Demarcación Hidrográfica del Duero (PES-CHD) permite obtener ciertas conclusiones referentes a la utilización de aguas subterráneas en situaciones de sequía, que se expresan a continuación:

- Los datos de recursos subterráneos disponibles a nivel global de cuenca se encuentran obsoletos, ya que son los que figuran en el anterior Plan Hidrológico.
- Una primera aproximación realizada para la elaboración del PES-DHD, evalúa la representatividad que la escorrentía subterránea, procedente del drenaje natural de las Masas de Agua Subterránea (MASb) a la red de drenaje superficial, tiene en la aportación total que registra la demarcación hidrográfica del Duero para el régimen natural. Así pues, se considera que entre el 30 y 35% de los recursos totales de la cuenca proceden de la lenta descarga de los acuíferos. Esta contribución es especialmente significativa en la zona meridional de la cuenca.
- Se detectan incertidumbres relativas al conocimiento de las Masas de Agua Subterránea en cuanto a; las direcciones del flujo subterráneo, posibles conexiones hídricas subterráneas con humedales y con MASb colindantes, calidad química de las aguas en extensión y en zonas próximas a focos puntuales de contaminación, parámetros hidráulicos de las formaciones acuíferas (permeabilidad, transmisividad, porosidad y coeficiente de almacenamiento) y número y volumen de agua extraído por la captaciones de aguas subterráneas.
- Las restricciones ambientales no tienen en cuenta volúmenes mínimos ni valores máximos de extracción de los acuíferos.
- La relación hídrica entre acuíferos y humedales está definida de forma parcial para la mayor parte de ellos.
- La obligatoriedad de llevar a cabo una actualización y seguimiento del PES no contempla dentro de los indicadores del ámbito de la previsión, el control de niveles piezométricos, a cuyo uso se ha renunciado por carecer de series temporales suficientemente largas y representativas. No obstante se deja abierta la posibilidad

de incorporar indicadores de este tipo una vez se consoliden las redes de seguimiento de aguas subterráneas.

Es necesario recordar, que el uso de las aguas subterráneas tiene una gran ventaja respecto a las grandes infraestructuras de abastecimiento mediante aguas superficiales, y es que permite incrementar la explotación de recursos de forma temporal, por encima de sus recursos renovables, siempre que para ello exista un sistema de control que permita evitar la afección a ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas. Es por lo tanto factible la construcción y/o puesta en marcha de pozos de emergencia durante estas situaciones de crisis, siendo su explotación controlada por un Procedimiento de Actuaciones y un Plan de Vigilancia Ambiental.

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO E INFORMACIÓN DE PARTIDA

Los objetivos primordiales del estudio, son:

1. Determinación de la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos.
2. Análisis de la sensibilidad a la explotación intensiva.
3. Análisis de la infraestructura disponible o necesaria para el seguimiento de la explotación.
4. Establecimiento de un protocolo de actuación y un plan de vigilancia ambiental.

Para lograr estos objetivos, ha sido necesario realizar un importante acopio de información de naturaleza hidrogeológica en los Organismos competentes, y tratar dicha información desde los niveles más básicos, hasta los más generales, puesto que no hay que olvidar que el estudio se ha realizado para todas las cuencas intercomunitarias de España. La unidad de trabajo básico ha sido la Masa de Agua Subterránea, tratando la información hasta conseguir obtener unos resultados satisfactorios, y respetando la concordancia con conclusiones de otros trabajos realizados por los citados Organismos.

En los siguientes apartados, se describe en detalle la metodología que se ha seguido, y la información utilizada, así como los tratamientos realizados sobre la misma.

3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

De forma resumida, los principales pasos que se han seguido son los siguientes:

1. Recopilación de toda la información sobre redes de control de piezometría y calidad, en el ámbito de cada Cuencas Intercomunitarias, disponible en el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) y en el IGME. Asimismo, se ha recopilado todo tipo de información útil para la realización del estudio, como por ejemplo, datos meteorológicos, coberturas administrativas, información hidrogeológica, etc. Todo ello será descrito detalladamente en el apartado de información de partida.

2. Análisis cuantitativo del índice de explotación (Ie) y de la disponibilidad de recursos en cada masa de agua subterránea. En este análisis se evalúa la disponibilidad de recursos según el grado de explotación de cada masa de agua, utilizando para ello la información de balances más reciente disponible en las Oficinas de Planificación Hidrológica de cada Demarcación Hidrográfica y/o en el IGME (recursos renovables, requerimientos medioambientales y extracciones).
3. Selección de los puntos de agua con mejor registro de control piezométrico en cada masa de agua, y análisis de la tendencia piezométrica del periodo común. Este análisis se hace por separado para los puntos de la red histórica del IGME (1971-2001), y para la red básica de cada Demarcación (2001-2009).
4. Selección de los puntos de agua con mejor registro de control hidroquímico en cada masa de agua, y análisis de la tendencia hidroquímica de la conductividad, el magnesio, los nitratos, el sodio y los sulfatos. Al igual que en el caso de la piezometría, este análisis se hace por separado para los puntos de la red histórica del IGME, y para la red básica de cada Demarcación.
5. Determinación del Índice de Calidad (Ic) para cinco parámetros químicos entre todos los analizados, y clasificación de la masa de agua subterránea en base al peor valor obtenido en el cálculo del Ic.
6. Análisis de las zonas sensibles a la sequía. En este análisis se detectarán las zonas de interés ambiental que puede verse afectadas ante un incremento de la explotación, informando de los elementos del territorio que deben ser objeto de Vigilancia Ambiental, ante la puesta en funcionamiento de infraestructuras de sequía para la extracción de aguas subterráneas.
7. Determinación de los criterios para la selección de MASb, que permitan incrementar la disponibilidad en las diferentes situaciones de sequía.
8. Análisis de la Infraestructura de sequía y redes de control asociadas a la misma (cuando existan).
9. Determinación de los recursos hídricos subterráneos utilizables en situaciones de sequía.

10. Desarrollo de un protocolo de actuación en materia de aguas subterráneas para extracciones en situaciones de sequía.
11. Plan de Vigilancia Ambiental en materia de aguas subterráneas para extracciones de sequía.
12. Recomendaciones.

Como base de apoyo para el desarrollo de esta metodología, se ha utilizado la siguiente documentación:

- *“Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias”*. DGA 2005.
- *“Indicadores sobre el estado cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas: Aplicación al acuífero carbonatado de la Sierra de Estepa (Sevilla, España)”*. IGME 2005.
- *“Estado de la masa de agua subterránea de la Mancha Oriental mediante indicadores cuantitativos y cualitativos”*. IGME 2006.
- *“Groundwater resources sustainability indicators”*. UNESCO 2007.
- *“Incorporación de las aguas subterráneas a los sistemas de abastecimiento con aguas superficiales como recurso complementario en situaciones de emergencia”*. IGME-Junta de Andalucía 2007.
- *“Actividad 2 de la Encomienda de Gestión: Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales en 2015”*. IGME y DGA 2009.
- Documento técnico de referencia: *“Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar”*. CH Júcar 2009.

La metodología básica de análisis cualitativo y cuantitativo de cada masa de agua subterránea, se basa en las directrices de análisis establecidas en la *“Instrucción de*

Planificación Hidrológica” aprobada el 10 de septiembre de 2008 (BOE nº229, de fecha 22 de septiembre de 2008).

Partiendo de esta documentación y de las premisas que se incluyen en el Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (PES-DHD) respecto a la utilización de las aguas subterráneas en situaciones de sequía, se han desarrollado los trabajos necesarios para conseguir los siguientes objetivos:

- Conseguir información relevante para cuantificar el volumen de aguas subterráneas que puede ser empleado para la integración efectiva de las MASb en los sistemas de explotación de recursos hídricos de la DHD en situaciones de sequía, mediante la extracción de aguas subterránea e incremento de la oferta en escenarios de alerta y emergencia.
- Evaluar el funcionamiento histórico de las Masas de Agua Subterránea (MASb) definidas en la DHD, considerando cada una de ellas como sistemas hidrogeológicos independientes, obteniendo información relevante para seleccionar aquellas MASb en las que, en función de criterios objetivos, pueden incrementarse las extracciones en escenarios operacionales de sequía de alerta y emergencia.
- Disponer de los datos hidrogeológicos básicos para elaborar los Planes de Vigilancia que deben acompañar a la puesta en servicio de futuros Pozos de Sequía o antiguos pozos de abastecimiento existentes en la DHD. Para ello es preciso disponer de información de diversa índole: datos históricos sobre evolución piezométrica y de calidad de las aguas subterráneas; información precisa sobre conexión río-acuífero, especialmente en aquellos cauces relacionados con espacios naturales; y datos sobre vinculación hidráulica entre MASb y humedales.

La siguiente figura ilustra sobre la metodología de análisis de cada MASb (figura 2).

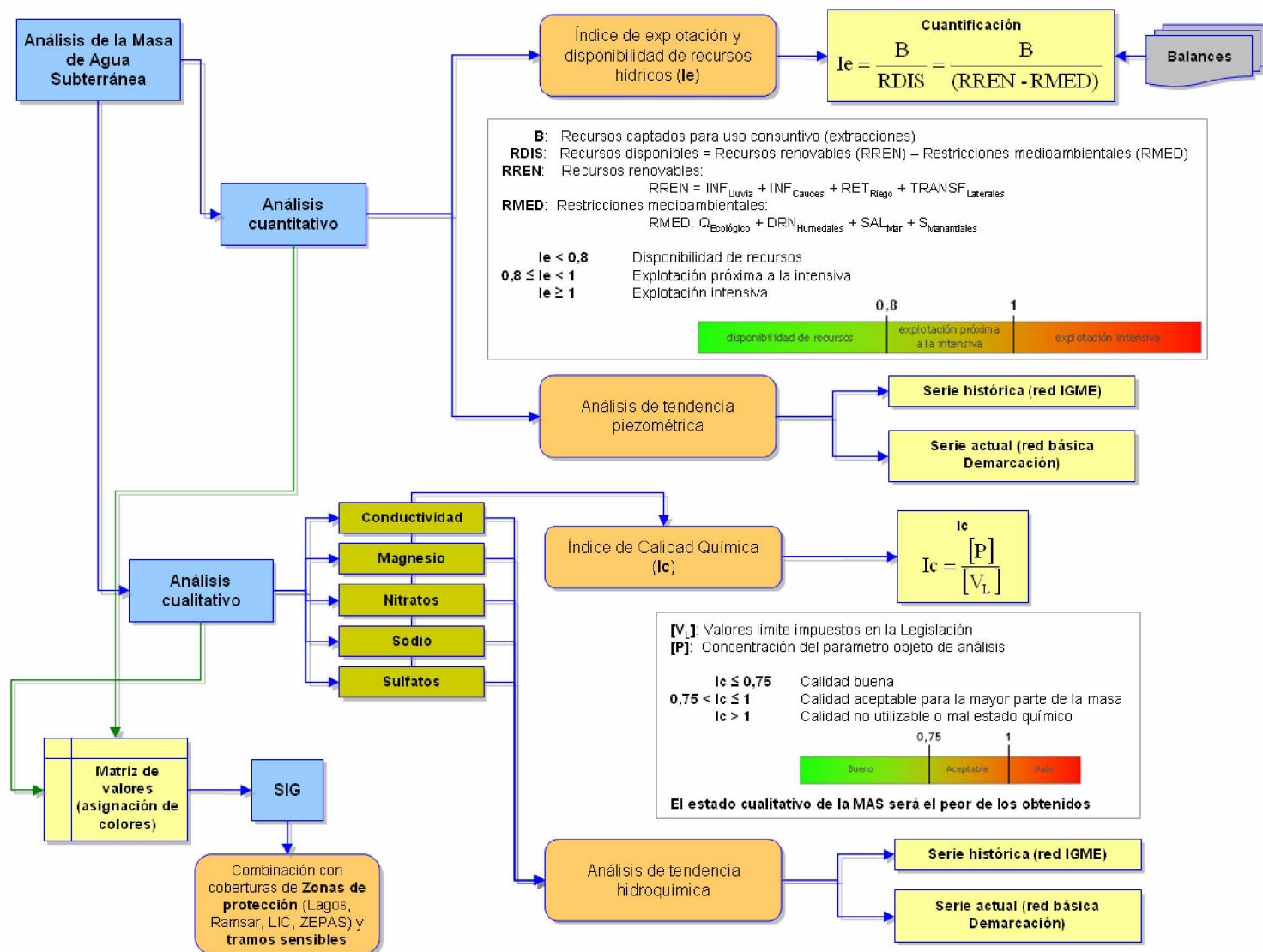


Figura 2. Metodología empleada para el cálculo de los Índices de Disponibilidad (Ie) y Calidad (Ic) de una Masa de Agua Subterránea

Análisis cuantitativo

Para cada MASb se efectúa mediante la realización de un doble análisis:

- Determinación del Índice de explotación (Ie) en base a datos básicos de balance de la MASb.
- Análisis de las series temporales de piezometría (red histórica del IGME y red básica de la DHD), analizando por separado la tendencia de las series históricas y la tendencia de la serie actual.

En el primer caso, a partir de los datos de balance hidrogeológico de cada Masa de Agua Subterránea, se calculan de forma separada los Recursos Renovables (RREN) y las Restricciones Medioambientales (RMED). Los Recursos Renovables están constituidos por:

- Recarga por infiltración de agua de lluvia (INF_{LLUVIA})
- Recarga por infiltración de agua de cauces (INF_{CAUCES})
- Retornos de riego (RET_{RIEGO})
- Transferencias laterales⁽¹⁾ ($TRANSF_{LATERALES}$)

De tal forma que $RREN = (INF_{LLUVIA}) + (INF_{CAUCES}) + (RET_{RIEGO}) + (TRANSF_{LATERALES})$

Como Restricciones Medioambientales (RMED) se consideran los caudales de descarga natural de la MASb analizada que se precisan para el mantenimiento de unas condiciones ambientales adecuadas en cauces –caudales ecológicos-, para la alimentación a humedales conectados con la MASb objeto de análisis, para evitar la intrusión marina –salidas subterráneas al mar-, y para el mantenimiento de manantiales:

- Caudales Ecológicos ($Q_{ECOLÓGICO}$)
- Humedales ($DRN_{HUMEDALES}$)
- Salidas al mar (SAL_{MAR})

⁽¹⁾ Las Transferencias Laterales deberían de expresarse como Entradas laterales a la Masa de Agua Subterránea desde Masas vecinas, mientras que las Salidas Laterales deberían de figurar como Restricciones Medioambientales, pero se ha optado por considerar el resultado global como Transferencia Lateral, de tal forma que si las salidas laterales son mayores que las entradas, la Transferencia Lateral será un valor negativo.

■ Manantiales ($S_{\text{MANANTIALES}}$)

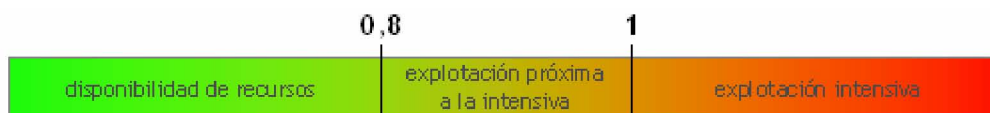
De tal forma que $\text{RMED} = (Q_{\text{ECOLÓGICO}}) + (\text{DRN}_{\text{HUMEDALES}}) + (\text{SAL}_{\text{MAR}}) + (S_{\text{MANANTIALES}})$

De la diferencia entre ambos términos, se obtiene el Recurso Disponible (RDIS), el cual puede ser utilizado para su aprovechamiento sin causar, en principio, efectos no deseados en la MASb:

$$\text{RDIS} = \text{RREN} - \text{RMED}$$

El cociente entre las extracciones que registra la MASb (aparece en el ETI como captaciones directas en manantiales más extracciones por bombeos)(B) respecto a los Recursos Disponibles calculados (RDIS), constituye el **Índice de Explotación (I_e)**, el cual indica el grado de aprovechamiento a que está sometida la MASb. Toma un valor mínimo nulo, que representa un régimen natural o no influenciado; y puede tomar valores superiores a la unidad. Se han establecido rangos de valores del I_e , de tal forma que:

- Si $I_e < 0,8$, existen recursos, y por lo tanto, la MASb es susceptible de ser utilizada en situación de sequía para su aprovechamiento.
- Si $0,8 \leq I_e < 1$, la MASb tiene recursos, pero se halla en una situación próxima a la explotación intensiva, por lo que los recursos deben ser explotados con precaución.
- Si $I_e \geq 1$, la MASb está sometida a explotación intensiva, y por lo tanto, no quedan recursos que puedan ser considerados como explotables. Un valor superior a la unidad implica una situación de desequilibrio, por cuanto, se aprovechan mediante captaciones directas y bombeos un volumen de recursos hídricos subterráneos por encima de los declarados como disponibles. Valores muy superiores a la unidad indican un régimen de aprovechamiento de aguas subterráneas que se califica como “minería del agua subterránea”, ya que implica la captación de reservas hidrogeológicas y la instauración de un régimen no sostenible en la gestión de la MASb.



Partiendo de que los datos de balances hidrogeológicos que se utilizan en los cálculos corresponden a valores tipo medio, se considera que sólo valores del Índice de Explotación (*Ie*) inferiores a 0,80 es un indicador que existen recursos disponibles en situaciones de sequía. Este coeficiente se fija en función de dos aspectos:

- Al objeto de fijar un margen del 20% correspondiente a la variación que se produce en el balance hidrogeológico (concepto dinámico) en un periodo seco respecto a uno húmedo.
- Se considera que las masas de agua subterránea presentan una evolución hiperanual en su balance hidrogeológico y que, por tanto, siempre que no se establezca una explotación no sostenible (lo que se asegura con un valor para el *Ie* inferior a 0,80), existe la posibilidad real de una recuperación tras un periodo de bombeo.

Mediante la utilización de este índice se asegura un aprovechamiento sostenible de las MASb en escenarios de sequía, puesto que sólo se cifra como recursos subterráneos aprovechables el volumen de recursos renovables que exceden de los compromisos medioambientales que presenta el sistema hidrogeológico. Este planteamiento en la explotación de los sistemas hidrogeológicos asociados a las MASb definidas en la DHD implica la no utilización de reservas hidrogeológicas en la mitigación de situaciones de sequía, entendiendo por reservas hidrogeológicas aquellas aguas subterráneas almacenadas en los acuíferos que no son objeto de renovación anual, sino que responde a ciclos hiperanuales.

Por otro lado, también se lleva a cabo un análisis de la tendencia piezométrica, utilizando para ello piezómetros representativos de cada MASb, con un registro de datos lo más amplio posible, dentro de dos periodos diferentes:

- Periodo anterior al año 2001, en el cual el IGME se encargaba del control de las aguas subterráneas (Red IGME). En este periodo se analiza la tendencia histórica.
- Periodo posterior al año 2001, año a partir del cual el control de las aguas subterráneas pasó al Ministerio de Medio Ambiente (Red Básica Demarcación). En este periodo se determina la tendencia actual.

En ambos casos, se muestra la velocidad promedio de ascenso/descenso de cada tendencia, indicándose también el grado de correlación obtenido, número de puntos utilizados y la amplitud de la serie.

Análisis cualitativo

Para cada MASb se efectúa mediante el análisis de las series temporales de datos hidroquímicos de que se dispone (red histórica del IGME y red básica del MARM), calculando los Índices de Calidad Química para diferentes elementos (conductividad, magnesio, nitratos, sodio y sulfatos).

Así, la calidad del agua subterránea para su utilización en abastecimiento urbano se determina mediante el Índice de Calidad (Ic), que resumen el conjunto de los indicadores de calidad hidroquímico considerados (Ic_{PJ}), los cuales se obtienen comparando la concentración obtenida en los análisis químicos realizados sobre muestras de agua subterráneas tomadas en las redes de control, con los límites impuestos por la legislación vigente para la potabilidad del agua (RD 140/2003, *Criterios Sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*). De manera que un valor del Ic_{PJ} mayor que la unidad, en algunos de los parámetros considerados, implica la no potabilidad del agua subterránea.

Se ha establecido un rango para el Índice de Calidad de cada parámetro:

- Si $Ic \leq 0,75$, el índice es bueno, y por lo tanto la calidad para el parámetro analizado es buena.
- Si $0,75 < Ic \leq 1$, el índice es aceptable.
- Si $Ic > 1$, el índice es malo, y por lo tanto la calidad para el parámetro analizado es mala, puesto que supera los límites impuestos.



La calidad final, será la correspondiente a la peor de los parámetros analizados.

Este parámetro asegura que las aguas subterráneas de las MASb analizadas presentan unas características mínimas o de referencia para garantizar un suministro de calidad suficiente para dotar abastecimientos urbanos (sería preciso analizar todos los parámetros incluidos en la reglamentación para asegurar la potabilidad). No obstante, en muchas ocasiones las aguas subterráneas captadas en situaciones de sequía se emplean para dotar demandas de regadío, menos exigentes en la calidad de las aguas que pueden ser suministradas que los abastecimientos urbanos. Esto significa que el *Ic* calculado no constituye un indicador excluyente respecto a la utilización de una determinada MASb para la ampliación de la oferta mediante la integración de sus aguas subterráneas en situaciones de sequía, ya que depende de la unidad de demanda receptora.

Fichas resumen

Toda la información sobre aspectos cuantitativos y cualitativos de las aguas subterráneas relativas a cada MASb, que han permitido fijar evoluciones e indicadores, han sido recogidas en una serie de fichas cuya configuración y contenido responde a los siguientes aspectos:

- Ficha 1, Características Generales de la Masa de Agua Subterránea, donde se recogen datos generales sobre la MASb en cuestión y las redes de control piezométrico e hidroquímico, tanto las activas (operadas por la CHD) como las históricas que están recogidas en la Base de Datos AGUAS del IGME.
- Ficha 2, Características Volumétricas, que presenta un doble contenido, pero vinculados con aspectos cuantitativos de la MASb: Análisis cuantitativo, donde se recogen los datos más actualizados posibles del balance hidrogeológico de cada MASb, que permite fijar el Índice de Explotación (*Ie*) y calificar la disponibilidad de

recursos ($Ie < 0,80$: disponibilidad de recursos; $0,80 \leq Ie < 1$: explotación próxima a la intensiva; $Ie \geq 1$: explotación intensiva); y Análisis de la tendencia piezométrica, donde se analiza la tendencia de la serie histórica y la tendencia de la serie actual.

- Ficha 3, Características Hidroquímicas, también con doble contenido, en la que se recoge información sobre los datos registrados en las redes operativas de control de la calidad química de las aguas subterráneas -Análisis de serie actual-, donde se incluye un diagrama de Piper con indicación de la facies hidroquímica predominante, el cálculo de los índices de calidad (Ic) para los diferentes parámetros considerados (Conductividad, Magnesio, Nitratos, Sodio, Sulfatos) utilizando para ello los datos mas recientes (última campaña de control químico realizado) y la evolución temporal de los índices de calidad calculados; y Análisis de la serie histórica (datos registrados en la Base de Datos Aguas del IGME), que incluye un diagrama de Piper y las facies hidroquímicas predominantes, así como la evolución histórica del índice de calidad calculado en referencia a los datos históricos.

Para cada MASb de la DHD se ha elaborado una ficha que se incluye en el anejo correspondiente. Estas fichas, se elaboran a partir de la información hidrogeológica básica y utilizando un código especialmente desarrollado que permite la gestión integral de todos los datos necesarios y permitiendo la edición final, incluyendo los gráficos y clasificaciones precisas (figura 3, figura 4 y figura 5).

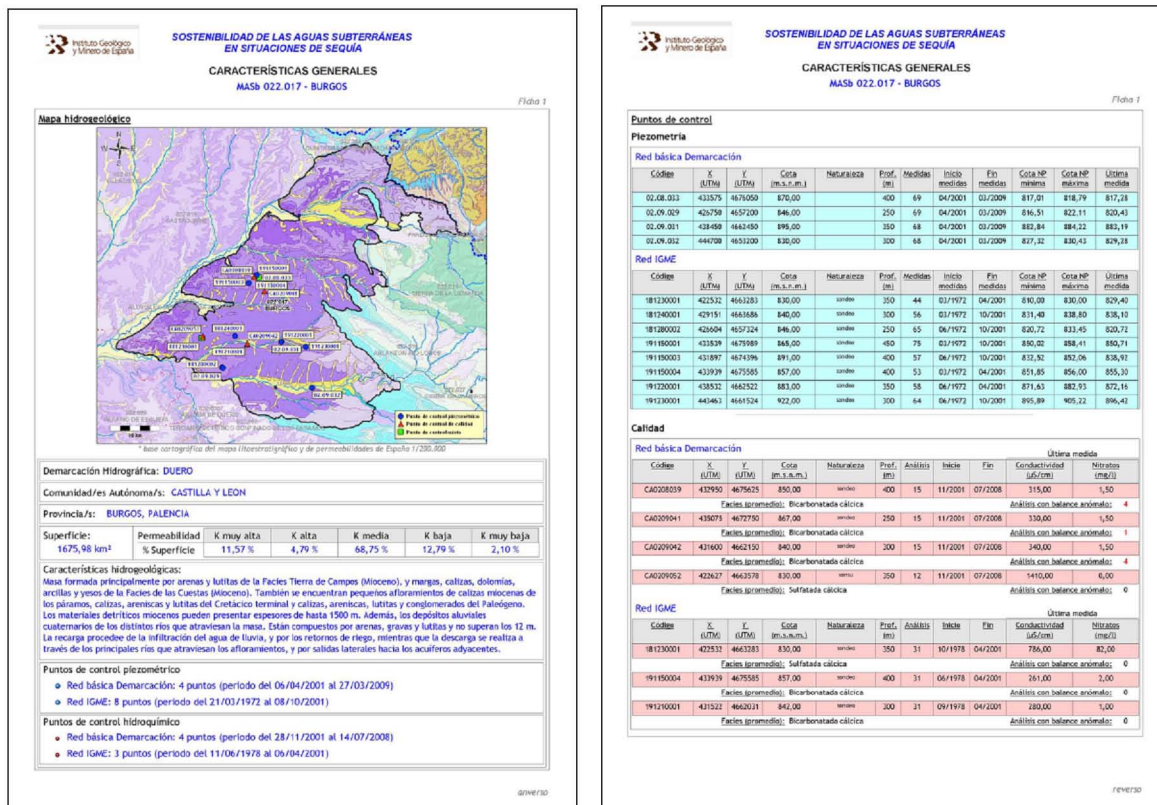


Figura 3. Páginas de características generales

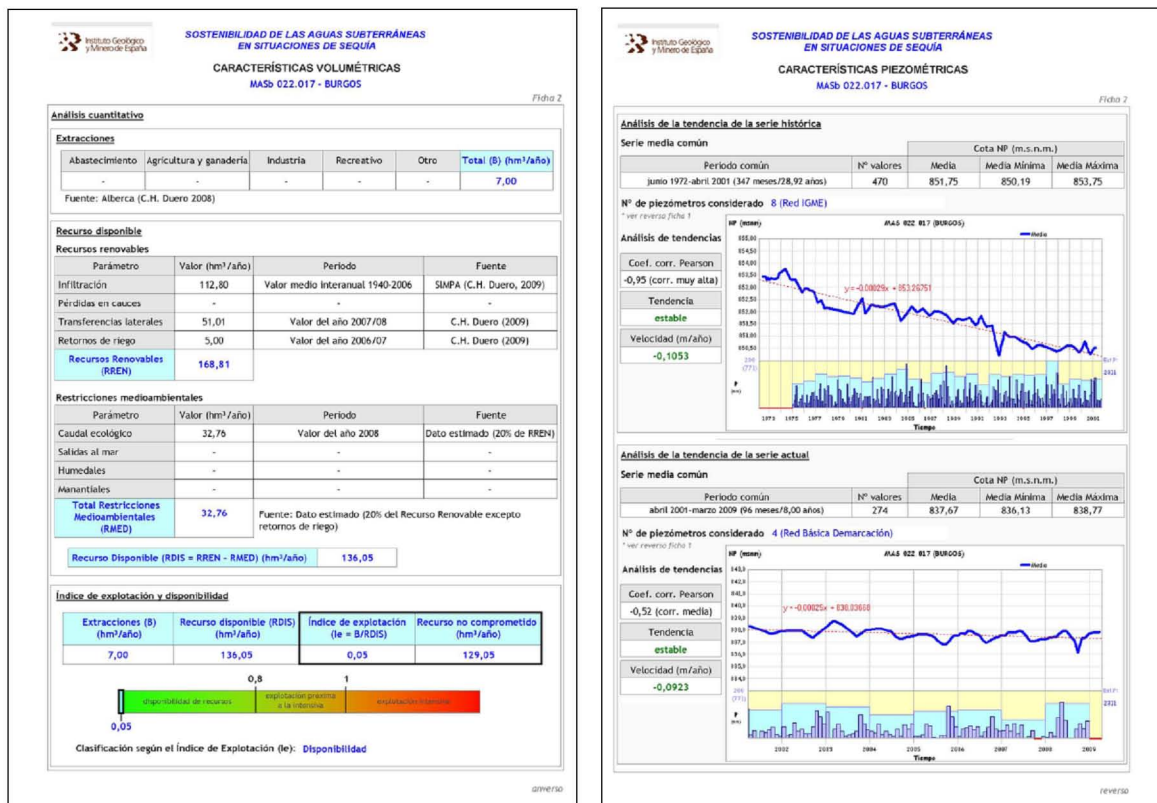


Figura 4. Páginas de características volumétricas y piezométricas

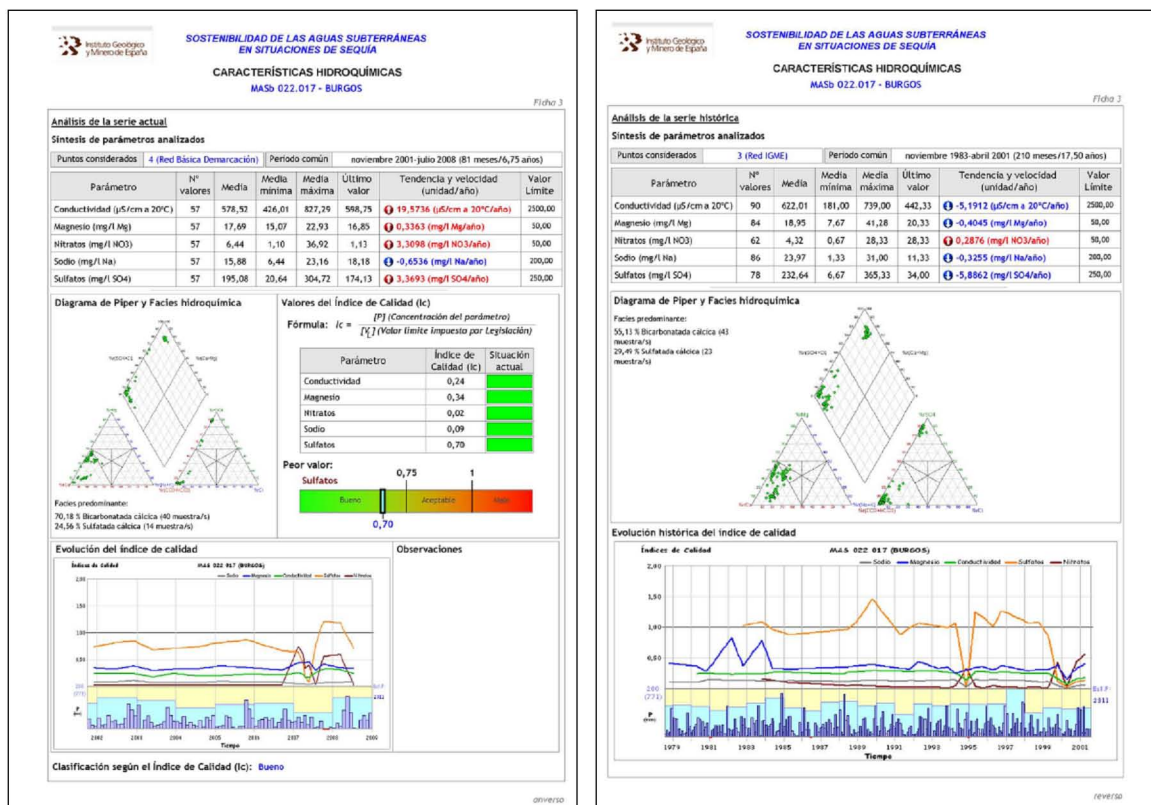


Figura 5. Páginas de características hidroquímicas

Toda esta información queda documentada a través de una base de datos que permite la realización de consultas sobre los índices y parámetros calculados, cuantitativos y cualitativos, facilitando la elaboración de tablas que pueden vincularse a un SIG para la presentación de resultados.

3.2 INFORMACIÓN DE PARTIDA

Atendiendo a los objetivos del trabajo, a continuación se desglosan los datos que han sido utilizados para el análisis de las Masas de Aguas Subterráneas (MASb) en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Duero, que ha sido incorporada a la aplicación que gestiona y genera las fichas anteriormente explicada.

Como punto de partida para el análisis, se ha utilizado toda la información disponible sobre redes de control oficiales, tanto la actualmente operativa (desde 2001), como la histórica que operó el IGME (hasta el año 2001) (figura 6 y figura 7):

-
- Red histórica de control de la piezometría, procedente del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
 - Red básica de control de la piezometría de la CHG. Datos facilitados por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
 - Red histórica de control de la calidad de las aguas subterráneas, procedente del IGME.
 - Red básica de control de la calidad de las aguas subterráneas, procedente del MARM.

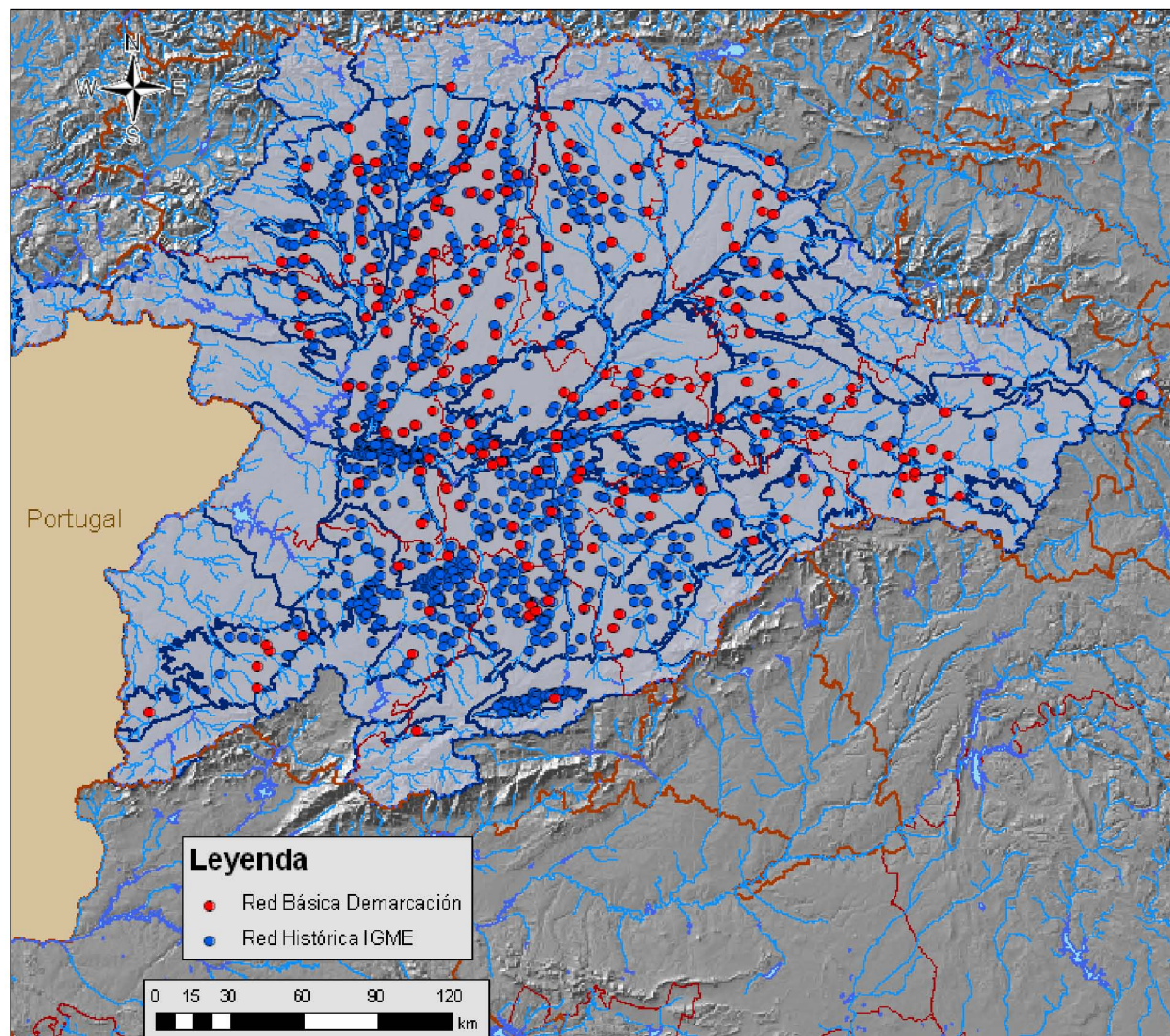


Figura 6. Distribución espacial de las redes de control piezométrico en la DHD

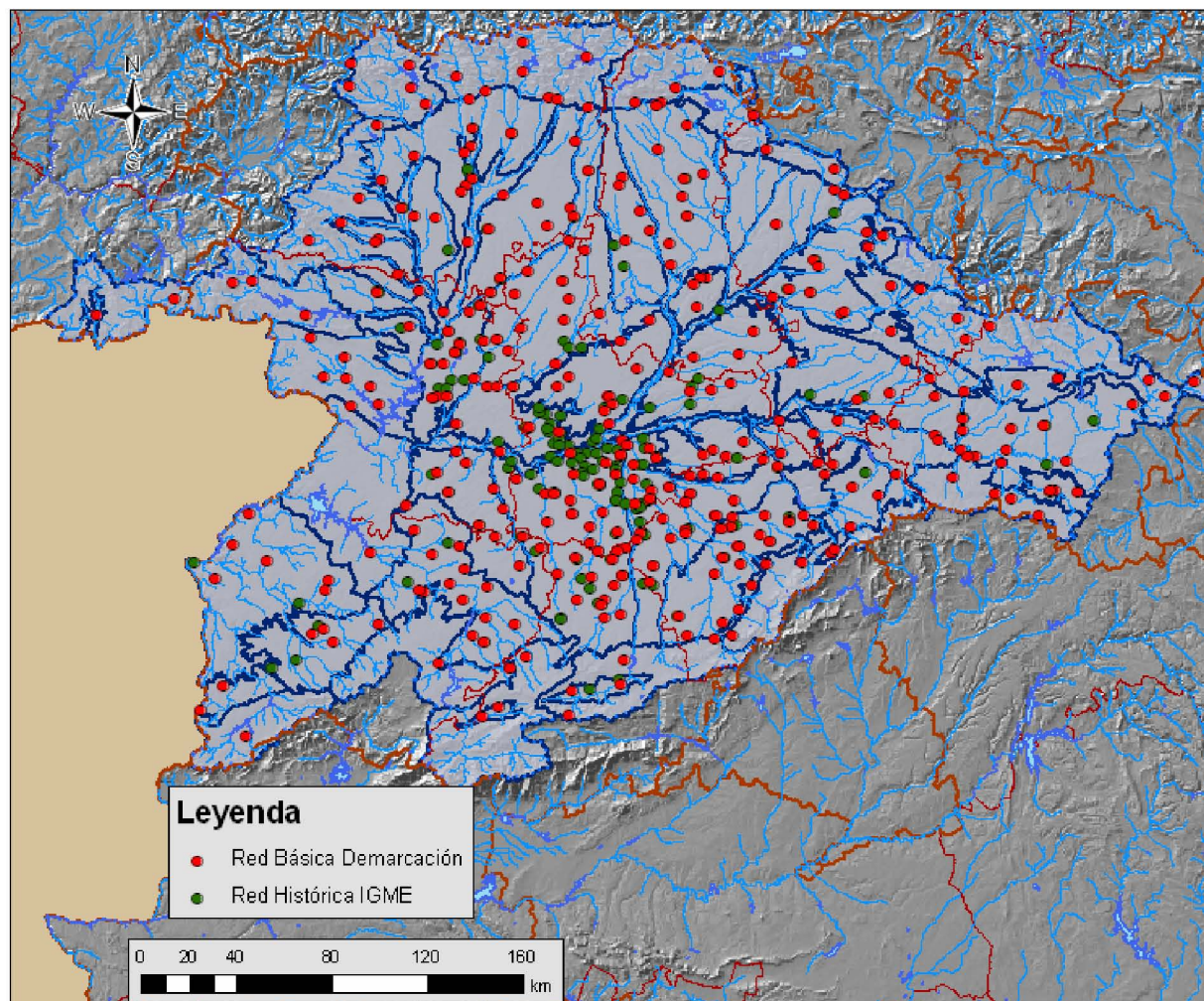


Figura 7. Distribución espacial de las redes de control hidroquímico en la DHD

Dado que se trata de un trabajo a escala nacional, que contempla todas las cuencas intercomunitarias, y con objeto de obtener un resultado homogéneo, sólo se han empleado datos de la red básica de la Demarcación, no se han empleado otras redes de control específicas de la Demarcación.

Todos los datos han sido objeto de un tratamiento previo, necesario para mantener la premisa de homogeneización. De forma resumida, se muestran a continuación algunos de los trabajos realizados para conseguir este objetivo:

1. Los puntos de inventario del IGME, corresponden a puntos de control históricos que se hallaban asociados a Unidades Hidrogeológicas (UH). Ha sido necesario, por tanto, asignar estos puntos a la nueva delimitación de MASb, la cual no coincide necesariamente con las antiguas UHs. Esta asignación se lleva a cabo mediante técnicas de SIG, por lo que pueden existir lugares en los que la asignación sea errónea.

En general, los puntos de control más importantes, es decir, aquellos que han sido objeto de seguimiento durante mucho tiempo, suelen estar perfectamente asignados, y por lo tanto los equívocos de asignación de MASb son despreciables.

En el caso del MARM, tal asignación no ha sido necesaria, puesto que este organismo los tiene asignados a cada MASb.

2. Una vez asignados los puntos a las MASb correspondientes, ha sido necesario comprobar la correcta asignación de cota topográfica, dato que resulta de vital importancia para la determinación de la cota del nivel piezométrico (en el caso de las redes de control de calidad no es tan importante). Para ello, se ha realizado el siguiente criterio:
 - Se respeta el dato topográfico existente en cada base de datos, puesto que al tratarse de puntos correspondientes a redes de control, un cambio en este dato podría provocar distorsiones y conducir a conclusiones anómalas o no coincidentes con resultados históricos.

- A todos los puntos de control se les ha aplicado modelos digitales del terreno (MDT) obteniéndose otros datos adicionales de cota:
 - Modelo digital 100 m x 100 m suministrado por el IGME, en el que se ha asignado valor de cota de celda, y valor obtenido por interpolación (dado que la celda tiene en principio un tamaño muy grande).
 - Modelo digital 25 m x 25 m suministrado por el MARM, en el que se ha asignado el valor de la cota de la celda.

De esta manera, si un punto no dispone de cota, se le ha asignado el valor de la cota correspondiente al MDT 25, o en su defecto el de el MDT 100, almacenándose la diferencia existente entre el dato original y el de asignación vía MDT. Finalmente, todo punto de control dispone de un valor de cota asignado, y por lo tanto es posible realizar un análisis fiable de la evolución piezométrica.

3. Respecto a los análisis químicos, ha sido necesario realizar una homogeneización de parámetros analizados, puesto que IGME y MARM no han seguido la misma sistemática, y los resultados han sido almacenados de distinta manera.

Se ha detectado un problema importante con la conductividad, y es que tanto IGME como el MARM han medido la Conductividad en laboratorio a 20°C, tal y como se establece en el Reglamento Técnico Sanitario, pero paralelamente el MARM ha medido Conductividad en laboratorio a 25°C, y en algunos casos Conductividad medida en campo. Esto no sería problema si siempre hubiera medida de Conductividad a 20°C, pero esto no siempre es así, y por ello, en caso de no existir, se han utilizado otras medidas disponibles. También se han detectado problemas con los bicarbonatos, los cuales han sido solventados sin mayor problema.

4. Una vez homogeneizados los diferentes parámetros químicos, se ha establecido un filtro previo, con objeto de detectar aquellos análisis químicos cuyo balance iónico muestre un desequilibrio superior al 10 %. Para ello se ha tenido en cuenta los siguientes componentes mayoritarios:

- En el lado de los aniones, el contenido en meq/l en Bicarbonatos, Carbonatos, Cloruros, Sulfatos y Nitratos.
- En el lado de los cationes, el contenido en meq/l en Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio.

La diferencia entre cationes y aniones no debería de ser superior al 10% del total, y si así ocurriera, significaría que algún parámetro ha sido cuantificado de forma incorrecta, o bien, que existe algún otro parámetro en una proporción inusual (cosa bastante improbable, puesto que los parámetros citados suelen ser los componentes mayoritarios).

En el caso de no existir alguno de los componentes mayoritarios (por no haber sido analizado), tal análisis no se lleva a cabo, puesto que podría cometerse un importante error.

5. Otro aspecto importante es la continuidad en el tiempo de los puntos de control. El IGME ha mantenido sus puntos de control hasta el año 2001, momento en el que se produce la transferencia de competencias al actual MARM. Esta transferencia tiene asociada una problemática importante:
 - El MARM ha heredado algunos de los códigos del IGME, pero no ha sido posible el enlace entre los puntos de control del IGME y del MARM.
 - El MARM ha heredado también algunas de las series históricas del IGME (en aquellos casos en los que se ha mantenido el punto de control del IGME).

Dado que no existen garantías para establecer un vínculo entre puntos de diferentes Organismos (proximidad por coordenadas, toponímicos, profundidades, etc.), además de que resultaría una tarea ingente para los objetivos del trabajo, se ha optado por realizar una diferenciación de puntos:

- Se considera que el IGME ha realizado el control de la piezometría y calidad hasta el año 2001, y por lo tanto, se analizarán los puntos del IGME hasta ese año.

- A partir del año 2001, el MARM se encarga del seguimiento de las citadas redes de control, englobando puntos de control del IGME y de las diferentes Demarcaciones Hidrográficas. Por lo tanto, se ha realizado un análisis de estos puntos a partir del año 2001 hasta la actualidad.

Esta diferenciación implica la realización de análisis de tendencias por separado, unas hasta el año 2001 (red histórica IGME) y otras a partir del año 2001 (red básica MARM o Demarcación). Aunque pudiera parecer problemático este análisis, tiene la ventaja de que se obtiene un análisis histórico y uno actual, permitiendo obtener una visión comparativa de la tendencia.

Además de toda esta información, se ha recopilado y tratado información adicional relacionada con:

- Red de control de la meteorología (pluviometría), procedente del Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)⁽²⁾. En total se han utilizados datos de 1.081 estaciones (figura 8), con datos actualizados hasta el año 2008 (diciembre 2008).

⁽²⁾ A efectos de cálculo se ha incluido un área extra alrededor de la DHG con objeto de incluir estaciones cercanas al límite de Demarcación (buffer de 50 km).

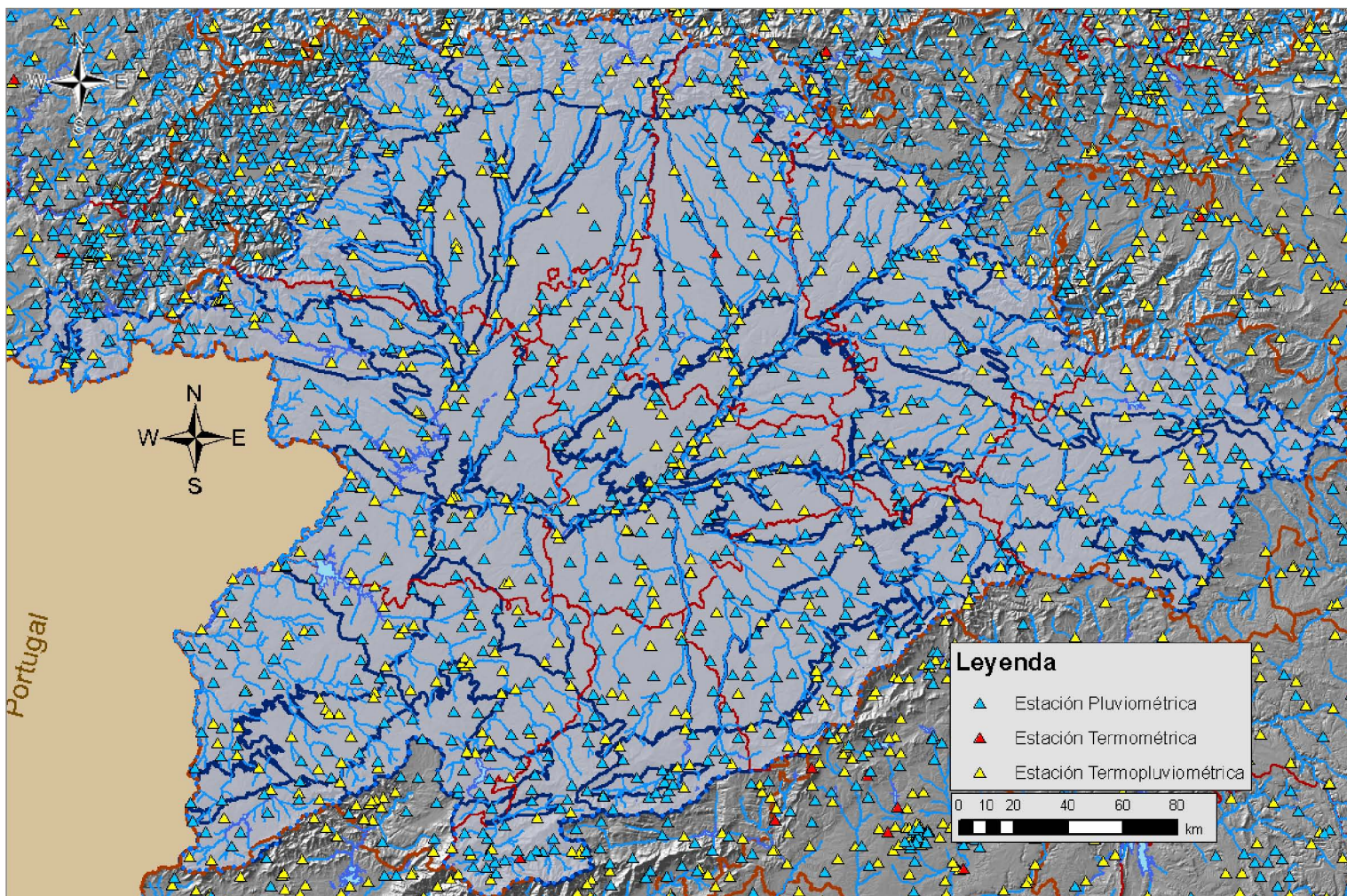


Figura 8. Distribución espacial de estaciones meteorológicas en la DHD y su entorno inmediato

- Hidrogeología descriptiva de cada MASb. De forma general, se ha utilizado la información procedente de los estudios de caracterización inicial y adicional de las masas de agua subterránea de España, así como estudios específicos de acuíferos, UHs y MASb regionales.
- Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad a escala 1:200.000, realizado por el IGME y el MARM en el año 2006, pero en una versión revisada y actualizada a mayo de 2008, figura 9).
- Delimitación oficial de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero, versión de enero de 2009.
- A partir de la distribución superficial de formaciones geológicas dentro de los límites definidos para cada MASb, teniendo como base el Mapa litoestratigráfico y de permeabilidades a escala 1:200.000 del IGME, se ha calculado el porcentaje de afloramientos dentro de cada MASb, en función de sus permeabilidades (muy alta, alta, media, baja, muy baja).
- Resultados obtenidos en el desarrollo de los trabajos realizados por el IGME para la caracterización de la relación río-acuífero, humedal-acuífero y espacios naturales-acuíferos para la Demarcación Hidrográfica del Duero (trabajos correspondientes a la Actividad 4 del Acuerdo de Encomienda de Gestión suscrito entre el Ministerio de Medio Ambiente-(Dirección General del Agua- y el Instituto Geológico y Minero de España -IGME-), en el que se establecen los vínculos entre las aguas superficiales y subterráneas en cada MASb.
- Datos orientados a determinar el índice de disponibilidad de las MASb en la Demarcación Hidrográfica del Duero. La metodología seguida ha sido adaptada del

documento de “Instrucción de Planificación Hidrológica (septiembre de 2008)”, y en adaptaciones realizadas por el propio IGME.

- Cobertura de zonas sensibles a las extracciones, entre las que se encuentran los lugares protegidos (LICs, ZEPAs, etc.) con especial relación con las aguas subterráneas.

- Documentos de Planificación de la DHG relativos al desarrollo de la DMA: Documento de Esquema de Temas Importantes. Se han consultado todos los documentos, prestando especial atención a los relacionados con la evaluación del estado de las masas de agua subterránea (documento de referencia):
 - Versión de diciembre de 2008
 - Versión de junio de 2009
 - Esquema provisional de temas importantes del 11 de diciembre de 2009

- Distribución de sistemas de explotación, infraestructura de pozos de sequía y captaciones pertenecientes a antiguos abastecimiento urbanos que pueden activarse en situaciones operacionales de sequía declaradas como de alerta o emergencia.

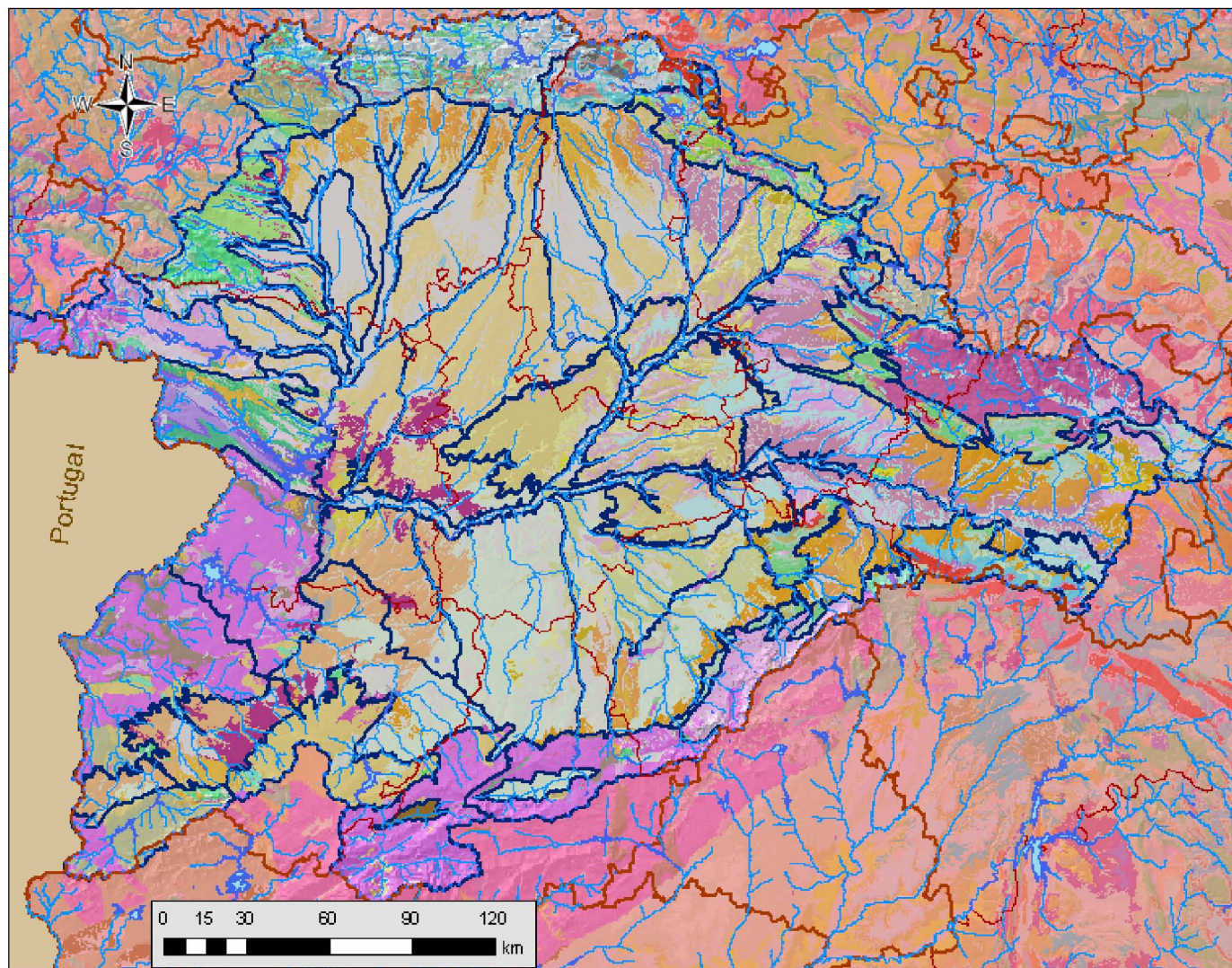


Figura 9. Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad a escala 1:200.000 (IGME y MMA, 2006)

4. CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS

La selección de MASb que pueden ser objeto de utilización en situaciones de sequía para solventar problemas coyunturales de escasez de recursos disponibles para satisfacción de las demandas, se fundamenta en un correcto análisis de los aspectos cuantitativos relacionados con las propias MASb, incluyendo un análisis detallado de la evolución piezométrica registrada en las redes de control histórica (operativa hasta 2001 y gestionada por el IGME) y la actual (operativa desde 2001 y gestionada por el MARM a través de la CHG); así como un análisis exhaustivo del balance hidrogeológico que permite fijar si existen recursos hidrogeológicos disponibles bajo un esquema de aprovechamiento sostenible (respetando las restricciones medioambientales y los derechos de explotación existentes).

A continuación se resume e interpretan los datos que han sido plasmados en las fichas en aquellos relativos al análisis cuantitativo a partir de los datos de balance hidrogeológico disponibles más actualizados y al análisis de la tendencia de la serie histórica a partir de los datos piezométricos registrados en las bases de datos.

4.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO

Para establecer el volumen de recursos hídricos subterráneos que pueden ser incorporados a los sistemas de satisfacción de demandas en situaciones de sequía, procedentes de captaciones en Masas de Agua Subterránea (MASb) de la Demarcación Hidrográfica del Duero, se ha desarrollado una metodología basada en el cálculo del **Índice de Explotación (Ie) y Disponibilidad**

Este indicador se calcula a partir de los datos de balance hidrogeológico que se encuentran en los Planes de Cuenca que se están elaborando con el objetivo de asegurar un aprovechamiento sostenible de las MASb en escenarios de sequía y evaluando como recursos subterráneos disponibles el volumen de recursos renovables que exceden de los compromisos medioambientales que presenta el sistema hidrogeológico. Los elementos del balance

hidrogeológico que se consideran en los cálculos del Índice de Explotación (I_e) corresponden a los siguientes:

RECURSOS RENOVABLES (RREN)

- Infiltración de agua de lluvia (INF_{LLUVIA})
- Pérdidas en cauces (filtraciones en cauces, en embalses y en grandes canalizaciones) (INF_{CAUCES})
- Transferencias Laterales Subterráneas⁽³⁾ ($TRANSF_{LATERALES}$)
- Retornos de Riegos (RET_{RIEGO})

$$\text{Calculándose } RREN = (INF_{LLUVIA}) + (INF_{CAUCES}) + (RET_{RIEGO}) + (TRANSF_{LATERALES})$$

La suma de los elementos del balance hidrogeológico correspondientes a la recarga del sistema hidrogeológico (ENTRADAS) constituyen los RECURSOS RENOVABLES (RREN) o conjunto de recursos hídricos que, por término medio y para un periodo de tiempo suficientemente representativo, conforman la alimentación que registra anualmente el sistema hidrogeológico, es decir, constituyen el volumen de renovación anual promedio de la MASb.

RESTRICCIONES MEDIOAMBIENTALES (RMED)

- Descarga por manantiales ($S_{MANANTIALES}$)
- Drenaje a cauces que conforman el caudal ecológico de un determinado tramo de cauce ($Q_{ECOLÓGICO}$)
- Salidas subterráneas al mar (SAL_{MAR})
- Alimentación Humedales ($DRN_{HUMEDALES}$)

⁽³⁾ Las Transferencias Laterales deberían de expresarse como Entradas laterales a la Masa de Agua Subterránea desde Masas vecinas, mientras que las Salidas Laterales deberían de figurar como Restricciones Medioambientales, pero se ha optado por considerar el resultado global como Transferencia Lateral, de tal forma que si las salidas laterales son mayores que las entradas, la Transferencia Lateral será un valor negativo.

$$\text{Calculándose } \text{RMED} = (\text{Q}_{\text{ECOLÓGICO}}) + (\text{DRN}_{\text{HUMEDALES}}) + (\text{SAL}_{\text{MAR}}) + (\text{S}_{\text{MANANTIALES}})$$

Entendiendo por RESTRICCIONES MEDIOAMBIENTALES (RMED) el volumen de agua que sale del sistema hidrogeológico, bien por drenaje al sistema hidrológico superficial o mediante transferencias laterales subterráneas que son precisas para garantizar el buen estado hidro-ecológico de espacios de interés ambiental (REQUERIMIENTOS MEDIOAMBIENTALES –RMA-: caudales ecológicos, descarga por manantiales, alimentación a humedales y salidas subterráneas al mar) y para la recarga de sistemas hidrogeológicos dependientes a través de transferencias laterales subterráneas, el volumen de Recursos Disponibles⁽⁴⁾ (RDIS) de un determinado sistema hidrogeológico o MASb viene dado por la expresión:

$$\text{RDIS (Recursos Disponibles)} = \text{RREN (Recursos Renovables)} - \text{RMED (Restricciones Medioambientales)}$$

La diferencia entre los Recursos Renovables (RREN) y las Restricciones Medioambientales (RMED) constituyen el total de Recursos Disponibles (RDIS) de la MASb. Partiendo de este cálculo, el Índice de Explotación y Disponibilidad (*Ie*) se define en función de la siguiente expresión:

$$Ie = \frac{B}{RDIS}$$

donde:

Ie, índice de explotación, que ofrece información sobre el ratio de recursos disponibles de la MASb que son objeto actual de aprovechamiento directo (Bombeos o Extracciones) en atención a los datos que operan los organismos de cuenca (bases de datos sobre concesiones y derechos de aguas subterráneas).

B, bombeos o extracciones de aguas subterráneas en la MASb considerada en hm³/a

⁽⁴⁾ Según la Instrucción de Planificación Hidrológica (ORDEN ARM/2656/2008, de 22 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica) los Recursos Disponibles de una MASb se definen 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.

RDIS, recursos disponibles en hm^3/a , que se define como el volumen anual medio de recursos renovables que no están sometidos a restricciones medioambientales (caudales ecológicos asociados a la descarga difusa a cauces o puntual por manantiales, alimentación a humedales y salidas subterráneas al mar) y para la recarga de sistemas hidrogeológicos dependientes a través de transferencias laterales subterráneas.

El Índice de explotación (**Ie**) toma un valor mínimo nulo (situación correspondiente a un régimen natural) y puede alcanzar un valor superior a la unidad. Así, un valor del Índice de explotación (**Ie**) superior a la unidad indica una situación de aprovechamiento no sostenible de los recursos hídricos subterráneos, ya que no se verifican los requerimientos ambientales⁽⁵⁾.

Además, según se indica en la Instrucción de Planificación (ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica), se considerará que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuando el índice de explotación sea mayor de 0,8 y además exista una tendencia clara de disminución de los niveles piezométricos en una zona relevante de la masa de agua subterránea.

Partiendo de las expresiones anteriormente expuestas y de los datos de balances hidrogeológicos oficiales recogidos en la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHD, se han fijado los siguientes términos para cada una de las MASb definidas en la DHD a partir de la información contenida en el documento.

En la tabla 1 se exponen los datos anteriormente referidos para la totalidad de las Masas de Agua Subterránea definidas en la DHD. Se diferencian por colores atendiendo al resultado obtenido en el cálculo del Ie:

⁽⁵⁾ Es preciso considerar que los cálculos se refieren a datos globales de la MASb, por lo que es posible que si las extracciones están concentradas en un determinado sector, a nivel de toda la MASb el balance sea excedentario y muestre una situación de aprovechamiento sostenible, pero localmente se estén produciendo problemas derivados de una explotación intensiva dando lugar a problemas medioambientales (secado de manantiales /o cauces, merma de la alimentación a humedales, intrusión marina localizada, inversión en flujos laterales, etc.)

- Si $I_e < 0,8$, existe disponibilidad de recursos (coloreado en verde)
- Si $0,8 \leq I_e < 1$, existe una explotación próxima a la intensiva (disponibilidad condicionada)
- Si $I_e \geq 1$, existe explotación intensiva (no disponibilidad) de recursos

Masa de Agua Subterránea		Recursos Renovables (RREN) (hm^3/a)	Restricciones Ambientales (RMED) (hm^3/a)	Recursos Disponibles (RD(S)) (hm^3/a)	Extracciones (B) (hm^3/a)	Recursos NO Comprometidos (RNC) (hm^3/a)	Índice de Explotación (I_e)
Código	Nombre						
022.001	GUARDO	244,55	48,11	196,44	4,00	192,44	0,02
022.002	LA POLA DE GORDON	127,85	24,97	102,88	1,00	101,88	0,01
022.003	CERVERA DE PISUERGA	187,78	37,16	150,62	2,00	148,62	0,01
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA	102,64	19,93	82,71	4,00	78,71	0,05
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA	320,16	56,63	263,53	17,00	246,53	0,06
022.006	VALDAVIA	189,39	29,28	160,11	4,00	156,11	0,02
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	125,09	18,42	106,67	11,00	95,67	0,10
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	126,94	4,99	121,95	24,00	97,95	0,20
022.009	TIERRA DE CAMPOS	120,44	19,89	100,55	29,00	71,55	0,29
022.010	CARRION	95,02	11,00	84,02	3,00	81,02	0,04
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	44,80	1,56	43,24	11,00	32,24	0,25
022.012	LA MARAGATERIA	166,96	32,19	134,77	3,00	131,77	0,02
022.014	VILLADIEGO	27,73	4,95	22,78	2,00	20,78	0,09
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	132,47	2,69	129,78	7,00	122,78	0,05
022.016	CASTROJERIZ	78,69	15,54	63,15	1,00	62,15	0,02
022.017	BURGOS	168,81	32,76	136,05	7,00	129,05	0,05
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	57,71	11,54	46,17	1,00	45,17	0,02
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	10,90	1,18	9,72	3,00	6,72	0,31
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	43,74	2,35	41,39	10,00	31,39	0,24
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA	29,11	5,82	23,29	0,00	23,29	0,00
022.022	SANABRIA	76,50	14,50	62,00	1,00	61,00	0,02
022.023	VILARDEVOS-LAZA	50,09	10,02	40,07	0,00	40,07	0,00
022.024	VALLE DEL TERA	46,90	6,58	40,32	3,00	37,32	0,07
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO	11,54	1,91	9,63	1,00	8,63	0,10
022.027	SIERRA DE CAMEROS	198,41	38,88	159,53	1,00	158,53	0,01
022.028	VERIN	7,52	1,50	6,02	0,00	6,02	0,00
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	79,44	14,09	65,35	8,00	57,35	0,12

Masa de Agua Subterránea		Recursos Renovables (RREN) (hm^3/a)	Restricciones Ambientales (RMED) (hm^3/a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm^3/a)	Extracciones (B) (hm^3/a)	Recursos NO Comprometidos (RNC) (hm^3/a)	Índice de Explotación (Ie)
Código	Nombre						
022.030	ARANDA DE DUERO	185,00	34,60	150,40	9,00	141,40	0,06
022.031	VILLAFAFILA	36,66	6,73	29,93	12,00	17,93	0,40
022.032	PARAMO DE TOROZOS	45,97	8,99	36,98	5,00	31,98	0,14
022.033	ALISTE	16,37	3,27	13,10	3,00	10,10	0,23
022.034	ARAVIANA	11,90	2,38	9,52	0,00	9,52	0,00
022.035	CABREJAS-SORIA	42,57	8,51	34,06	0,00	34,06	0,00
022.036	MONCAYO	12,15	2,43	9,72	0,00	9,72	0,00
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	141,24	26,05	115,19	3,00	112,19	0,03
022.038	TORDESILLAS	57,03	7,41	49,62	74,00	0,00	1,49
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	44,53	2,91	41,62	5,00	36,62	0,12
022.040	SAYAGO	20,37	3,87	16,50	3,00	13,50	0,18
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	37,72	0,94	36,78	10,00	26,78	0,27
022.042	RIAZA	58,20	10,64	47,56	3,00	44,56	0,06
022.043	PARAMO DE CUELLAR	45,35	7,87	37,48	15,00	22,48	0,40
022.044	PARAMO DE CORCOS	24,40	4,48	19,92	3,00	16,92	0,15
022.045	LOS ARENALES	70,60	8,52	62,08	54,00	8,08	0,87
022.046	SEPULVEDA	43,21	8,44	34,77	0,00	34,77	0,00
022.047	MEDINA DEL CAMPO	95,59	12,52	83,07	137,00	0,00	1,65
022.048	TIERRA DEL VINO	75,20	10,24	64,96	90,00	0,00	1,39
022.049	AYLLON	58,53	11,31	47,22	1,00	46,22	0,02
022.050	ALMAZAN SUR	50,44	9,89	40,55	10,00	30,55	0,25
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	12,16	2,43	9,73	0,00	9,73	0,00
022.052	SALAMANCA	120,59	15,32	105,27	77,00	28,27	0,73
022.053	VITIGUDINO	16,25	3,05	13,20	2,00	11,20	0,15
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	23,49	3,90	19,59	1,00	18,59	0,05
022.055	CANTIMPALOS	54,79	9,96	44,83	29,00	15,83	0,65
022.056	PRADENA	12,67	2,53	10,14	0,00	10,14	0,00
022.057	SEGOVIA	5,58	1,12	4,46	0,00	4,46	0,00
022.058	CAMPO CHARRO	21,12	3,82	17,30	4,00	13,30	0,23
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	55,80	10,76	45,04	6,00	39,04	0,13
022.060	GREDOS	48,21	7,44	40,77	1,00	39,77	0,02
022.061	SIERRA DE AVILA	28,15	5,23	22,92	7,00	15,92	0,31
022.063	CIUDAD RODRIGO	27,32	5,06	22,26	1,00	21,26	0,04
022.064	VALLE DE AMBLES	18,31	3,66	14,65	3,00	11,65	0,20
022.065	LAS BATUECAS	13,45	2,49	10,96	0,00	10,96	0,00
022.066	VALDECORNEJA	5,97	1,19	4,78	0,00	4,78	0,00

Masa de Agua Subterránea		Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Restricciones Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO Comprometidos (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)
Código	Nombre						
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	48,84	8,97	39,87	20,00	19,87	0,50
TOTALES		4556,91	747,37	3809,54	746,00	3166,89	

Tabla 1. Evaluación de Recursos Disponibles en las Masas de Agua Subterránea de la DHD

Atendiendo a los datos recogidos en la tabla 2, el 16,4% de los recursos renovables asociados a MASb de la DHD deben ser objeto de reserva para dotar compromisos medioambientales, lo que supone un volumen anual medio de 747 hm³.

Una vez reservados los caudales medioambientales (caudales ecológicos y humedales), el total de recursos disponibles en la DH-Duero asciende a un volumen medio anual de 3.810 hm³, cálculos en lo que no se consideran las transferencias laterales⁽⁶⁾ entre MASb hidráulicamente conectadas.

Considerando que los volúmenes de aguas subterráneas captadas en las MASb de la DHD mediante bombes suponen un volumen promedio anual de 746 hm³, y partiendo del volumen de recursos disponibles anteriormente citado (3.810 hm³/a), la DHD dispone de un total de 3.167 hm³/a de recursos hídricos subterráneos para su utilización en situaciones de sequía, que corresponden con el 69,5% de los recursos renovables.

En la figura 10 se clasifican las MASb de la DHD, según una escala de colores, en función del Índice de Explotación (Ie) calculado.

⁽⁶⁾ En el documento Esquema de Temas Importantes elaborado por la Oficina de Planificación del CHD se indica que la valoración de los recursos subterráneos se ha realizado mediante el modelo AQUATOOLDMA. Este modelo permite calcular el recurso Total. El recurso disponible se calcula restando las necesidades ambientales (consideradas un 20% del recurso natural total) pero estos datos no se han considerado para efectuar los cálculos de los Recursos Disponibles, ya que tampoco se consideran en la Instrucción de Planificación (ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica).

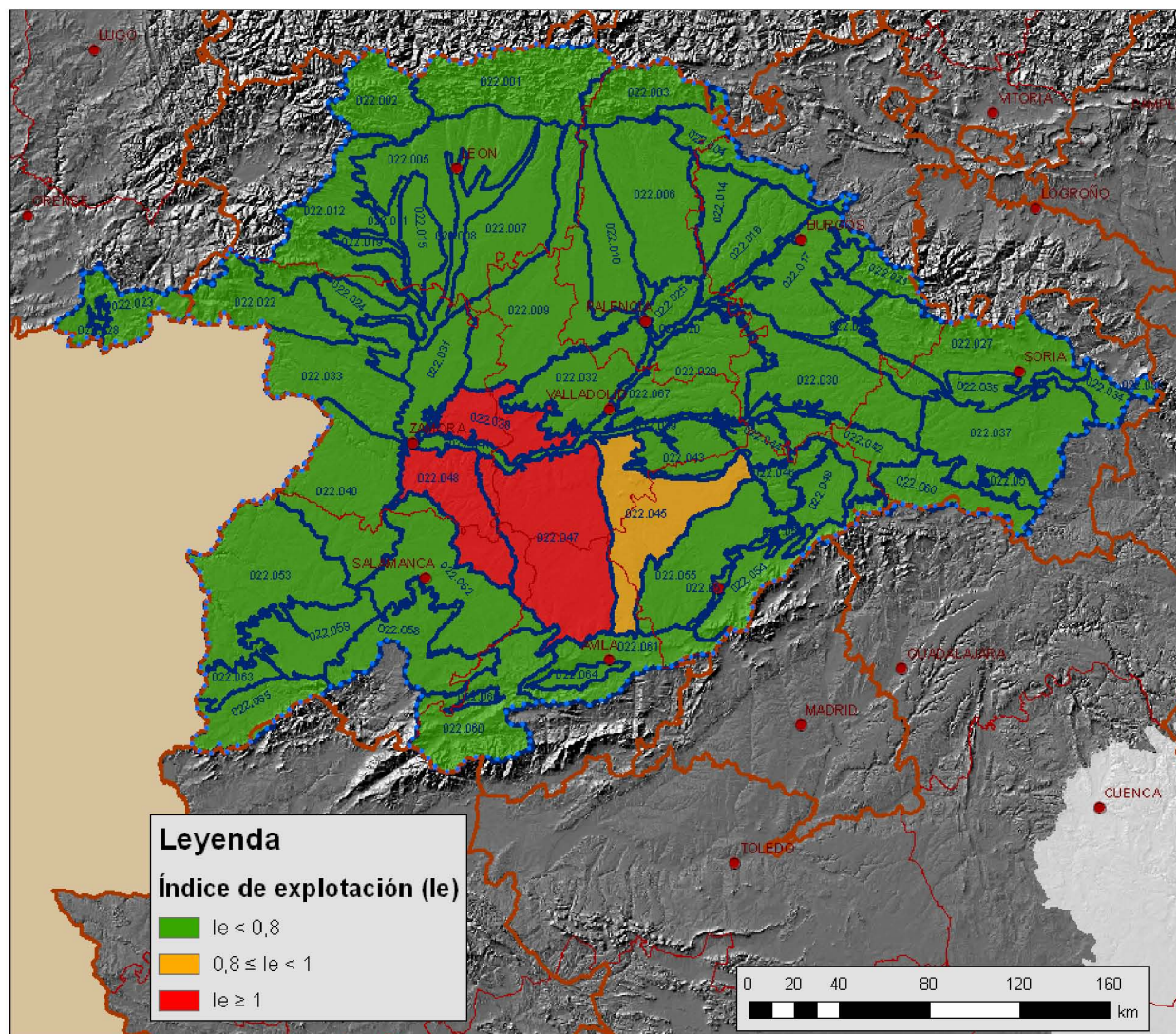


Figura 10. Valores del Índice de Explotación (I_e) de las Masas de Agua Subterránea de la DHD

4.2 ANÁLISIS DE TENDENCIAS

El análisis de las MASb, atendiendo a criterios cuantitativos, se ha formulado como combinación de factores relacionados con el estado del balance hidrogeológico (análisis cuantitativo) y el análisis detallado de la evolución piezométrica registrada en las redes de control históricas y actuales, que si bien, se trata de datos complementarios, ofrecen de forma combinada criterios adecuados para la selección de MASb que pueden ser objeto de aprovechamiento en situaciones de sequía.

El análisis de tendencia de la evolución piezométrica de las MASb se ha realizado en referencia a:

- Series Temporales de registros piezométricos de que dispone el IGME en su Base de Datos AGUAS, donde se almacenan todos los datos piezométricos registrados en las Redes de Control Históricas desde el año 1971 hasta el año 2001, en el que la explotación de las Redes de Control de Aguas Subterráneas pasó a las Confederaciones Hidrográficas.
- Series Temporales de datos piezométricos de que dispone el MARM procedente de la explotación de las Redes Oficiales de Control de Aguas Subterráneas de la cuenca Hidrográfica del Duero y que abarcan e periodo 2001-2009.

En algunas ocasiones las Redes Históricas y las Redes Oficiales Actuales presentan una cierta continuidad, pero en numerosas ocasiones esta continuidad no existe y se trata de redes piezométricas no comparables, por lo que no es conveniente llevar a cabo un análisis conjunto de los datos y proceder a un análisis separado de las series históricas del IGME, por un lado, y las actuales por otro.

No obstante, aunque las redes no sean integrables en la mayor parte de las ocasiones, no impide que pueda efectuarse un análisis conjunto de las mismas, dado que el objetivo final es un análisis de tendencia para puntos de agua situados en una misma MASb.

El análisis de las series históricas de piezometría se realiza por MASb. Para ello, de entre todos los piezómetros disponibles en la MASb, se seleccionan aquellos que permiten llevar a efecto un análisis más riguroso, ya que presentan una mayor continuidad en las medidas, las series asociadas abarcan periodos de tiempo más largos y los datos medidos son comparables, debido a que responden a un mismo periodo de tiempo.

Una vez efectuada la selección de los puntos de control piezométricos más adecuados, se procede a fijar el periodo de tiempo de referencia y el número de valores piezométricos seleccionados, indicando su número y calculando la cota piezométrica mínima, promedio y máxima para el periodo considerado. Estos datos, son importantes para fijar, por ejemplo, el índice de estado que se utiliza para definir la situación operacional de sequía.

Con el conjunto de datos piezométricos seleccionados se procede a calcular el valor medio de cota piezométrica para el conjunto de datos piezométricos referidos a un mismo periodo de tiempo, obteniendo así, la evolución piezométrica promedio de la MASb para el periodo de tiempo considerado.

A partir de la evolución piezométrica media, se calcula la tendencia piezométrica para el periodo considerado, evaluando la variabilidad de las medidas seleccionadas mediante el cálculo del coeficiente de correlación de las medidas según el tiempo. La tendencia se calcula a partir del coeficiente de pendiente de la ecuación de regresión lineal generada a partir de las medidas piezométricas en función del tiempo. Este coeficiente tomará valores positivos (piezometría ascendente para el periodo de tiempo considerado) o negativos (piezometría descendente para el periodo de tiempo considerado) y presenta unidades de velocidad de evolución piezométrica en el tiempo, es decir, m/d, multiplicando por 365 se obtiene el valor de velocidad de evolución piezométrica anual (en m/a).

Operando igual para el conjunto de datos piezométricos de las series actuales vinculadas a las Redes Oficiales de Control Piezométrico del MARM se obtiene el valor de de velocidad de evolución piezométrica anual (en m/a) y la tendencia piezométrica (valores positivos:

piezometría ascendente para el periodo de tiempo considerado; o negativos: piezometría descendente para el periodo de tiempo considerado).

Todos los gráficos de evolución piezométrica generados, tanto en las series históricas como las actuales, se acompañan de los datos de precipitación registrados en el entorno de la ubicación de los piezómetros seleccionados, al objeto de precisar un análisis piezométrico objetivo que considere la evolución registrada por la recarga natural asociada a la infiltración de agua de lluvia y permita establecer si la evolución piezométrica detectada corresponde a una evolución natural en la MASb y, por tanto, vinculada a la tendencia natural de las precipitaciones, o al efecto del régimen influenciado impuesto (extracciones, retornos, etc.).

Es importante destacar, que se han establecido rangos para clasificar las tendencias, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Se considera **Tendencia ascendente**, cuando la velocidad tiene valor positivo, y es superior a 0,1825 m/a (equivalente a una pendiente superior a 5×10^{-4}).
- Se considera **Tendencia descendente**, cuando la velocidad tiene valor negativo, y es inferior a -0,1825 m/a (equivalente a una pendiente inferior a -5×10^{-4}).
- Se considera **Tendencia estable**, cuando la velocidad tiene un valor comprendido entre 0,1825 y -0,1825 m/a (equivalente a una pendiente entre 5×10^{-4} y -5×10^{-4}).

En las siguientes figuras (figura 11, figura 12), se muestran ejemplos de análisis de tendencias de las series históricas y actuales para una MASb, tal y como se reflejan en las fichas que se adjuntan.



Figura 11. Ejemplo de serie de evolución piezométrica generada para el análisis histórico

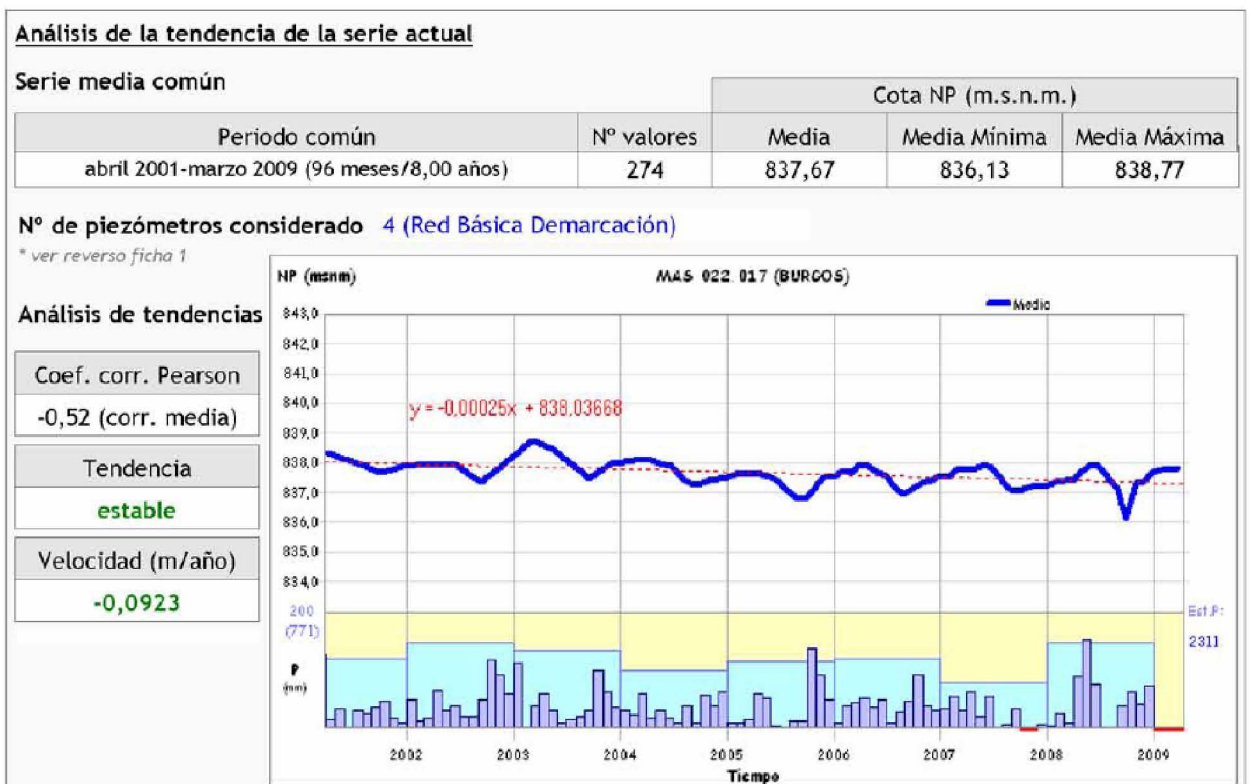


Figura 12. Ejemplo de serie de evolución piezométrica generada para el análisis de la serie actual

Es importante aclarar ciertos aspectos sobre el análisis de tendencia y los datos reflejados en la ficha:

- El análisis se lleva a cabo teniendo en cuenta piezómetros con serie piezométrica coincidente en el tiempo, lo más amplia posible. Evidentemente son muchos los puntos que no se tienen en cuenta por diferentes cuestiones (se dejaron de medir, o empezaron a medirse al final de la serie. Una de las premisas que se han tenido en cuenta es el no extrapolar series cortas o incompletas, y realizar las mínimas interpolaciones.
- Los valores disponibles se promedian mensualmente, y si alguno de los piezómetros no tiene valor en el mes considerado, se calcula su valor por interpolación lineal, de tal forma que todos los piezómetros tengan un valor y no se produzcan desequilibrios en el cálculo de la media.
- El periodo común considerado, es el que corresponde al utilizado para el cálculo de la tendencia, y el número de valores considerado es el número de valores reales que existen en ese periodo real. Se reflejan además, el valor medio total, y los valores mínimos y máximos que alcanza la media (se pueden deducir también del gráfico representado), (figura 13).
- Se muestra el número de piezómetros que se han tenido en cuenta para el cálculo de la serie media y el análisis de tendencia, pero no se muestran sus evoluciones. Las características de estos piezómetros se pueden ver en el reverso de la ficha 1, tal y como muestra la tabla 2, correspondiente a la serie histórica del ejemplo anterior.

Red IGME

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Medidas	Inicio medidas	Fin medidas	Cota NP mínima	Cota NP máxima	Última medida
181230001	422532	4663283	830,00	sondeo	350	44	03/1972	04/2001	810,00	830,00	829,40
181240001	429151	4663686	840,00	sondeo	300	56	03/1972	10/2001	831,40	838,80	838,10
181280002	426604	4657324	846,00	sondeo	250	65	06/1972	10/2001	820,72	833,45	820,72
191150001	433539	4675989	865,00	sondeo	450	75	03/1972	10/2001	850,02	858,41	850,71
191150003	431897	4674396	891,00	sondeo	400	57	06/1972	10/2001	832,52	852,06	838,92
191150004	433939	4675585	857,00	sondeo	400	53	03/1972	04/2001	851,85	856,00	855,30
191220001	438532	4662522	883,00	sondeo	350	58	06/1972	04/2001	871,63	882,93	872,16
191230001	443463	4661524	922,00	sondeo	300	64	06/1972	10/2001	895,89	905,22	896,42

Tabla 2. Características de los piezómetros utilizados

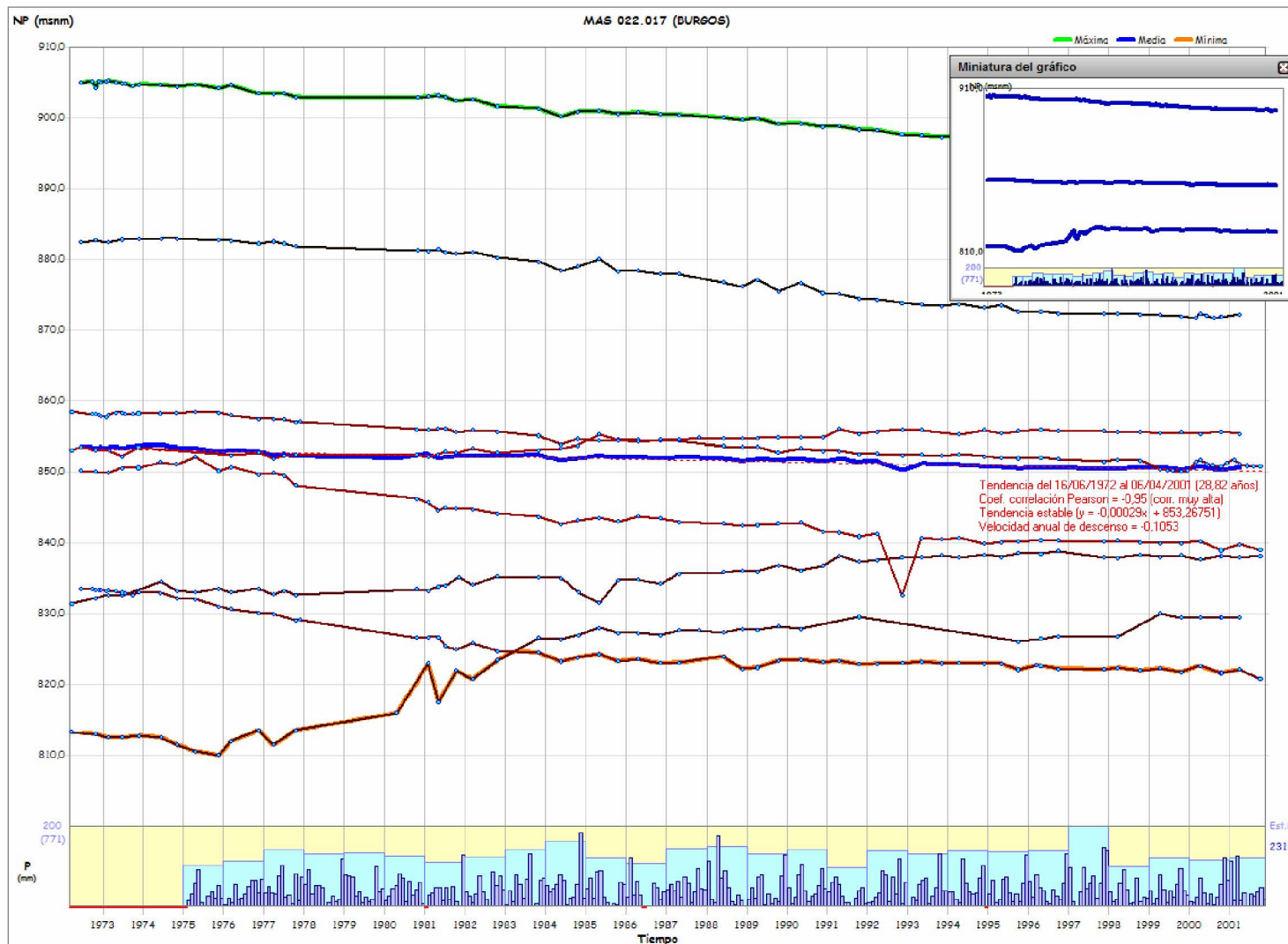


Figura 13. Evoluciones históricas reales, y series medias, máximas y mínimas

- La tendencia se calcula mediante la recta de regresión lineal, calculando la pendiente de la citada recta (la cual indica la velocidad de ascenso o descenso en m/d). De este análisis se deducen algunos aspectos importantes, que se han de tener en cuenta:
 - Se muestra el valor del Coeficiente de Correlación de Pearson (correlación entre -1 y 1, siendo 0 la peor correlación, o falta de correlación). La correlación es importante porque indica el grado de ajuste de la recta a los valores de la serie media.
 - La velocidad es un parámetro importante, puesto que indica en que grado está variando la piezometría media.

- Por último, se representa la pluviometría mensual (AEMET) correspondiente a la estación, o estaciones pluviométricas representativa, seleccionada atendiendo a criterios de proximidad geográfica, amplitud de las series pluviométricas e inexistencia de lagunas. También se indica la pluviometría anual, relativizando la escala respecto al año (año natural) de mayor pluviometría. De esta forma, se puede observar de forma más intuitiva cuales han sido los años en los que se ha registrado mayor y/o menor precipitación.

También se indica la existencia de meses en los que no hay dato pluviométrico, mediante una barra invertida roja (figura 14).

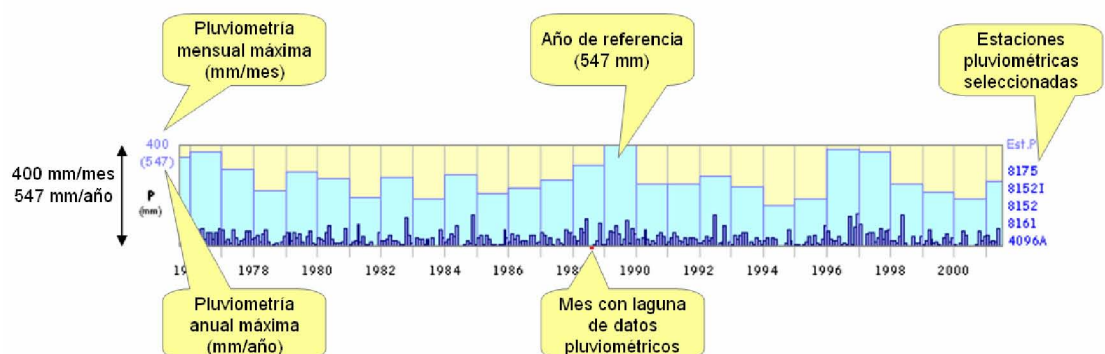


Figura 14. Serie pluviométrica seleccionada para el caso del ejemplo anterior

Por lo tanto, antes de llegar a conclusiones, es importante tener en cuenta que para obtener un análisis óptimo:

- La serie media debe ser lo más amplia posible, y tener el máximo número de valores posible (al menos uno por mes para cada piezómetro, dentro del intervalo considerado).
- La correlación debe ser buena, lo que indicará que la tendencia analizada se aproxima a la realidad y por lo tanto, a la representatividad.
- La serie media se debe de adaptar a los periodos de control de las redes consideradas, de forma que:
 - La red histórica del IGME debe terminar en el año 2001.
 - La red básica de la Demarcación debe terminar en el año 2009.

El análisis óptimo debe de tener máxima amplitud, máximo número de valores y una buena correlación. Si a esto se le suma una buena distribución de piezómetros en la MASb, se logrará la máxima representatividad posible. Pero esto no siempre es posible, el análisis de datos piezométricos no puede extenderse a todas las MASb de la DHG ya que no en todas de ellas existente redes de control piezométrico históricas ni actuales con una suficiente representatividad temporal como para considerarlas como válidas y demostrativas de la evolución piezométrica de los acuíferos que conforman el sistema hidrogeológico que configura la MASb.

De acuerdo con estas observaciones, para la selección de las series históricas y actuales, que pueden ser combinadas, se ha seguido el siguiente criterio:

- Selección de series piezométricas históricas que presenten un índice de representatividad superior al 50%, es decir, que abarquen una serie temporal que represente, al menos, un 50% de la serie total considerada, esto es, el periodo 1971-2001 (30 años), lo que asegura que las series seleccionadas tengan una longitud temporal mínima de 15 años. Cálculo del coeficiente de velocidad de evolución piezométrico histórico (VePzH, en m/a).

- Selección de series piezométricas actuales que presenten un índice de representatividad superior al 60%, es decir, que abarquen una serie temporal que represente, al menos, un 60% de la serie total considerada, esto es, el periodo 2001-2009 (8,33 años, puesto que las medidas más modernas corresponden a abril de 2009), lo que asegura que las series seleccionadas tengan una longitud temporal mínima de 5 años. Cálculo del coeficiente de velocidad de evolución piezométrico actual (VePzA, en m/a).
- Cálculo del coeficiente de velocidad de evolución piezométrico (VePz, en m/a) a partir de la siguiente expresión:

$$VePz = \frac{VePzH \cdot t_H + VePzA \cdot t_A}{t_H + t_A}$$

donde:

VePz, coeficiente de velocidad de evolución piezométrico (en m/a)

VePzH, coeficiente de velocidad de evolución piezométrico histórico (en m/a)

VePzA, coeficiente de velocidad de evolución piezométrico actual (en m/a)

t_H , periodo de tiempo representativo de la serie histórica (se ha considerado un valor de 15 años para un índice de representatividad del 50% de la serie completa -1971-2001-)

t_A , periodo de tiempo representativo de la serie histórica (se ha considerado un valor de 5 años para un índice de representatividad del 60% de la serie completa -2001-2009-)

Hay que destacar, que el análisis piezométrico continuo (serie histórica + serie actual) sólo se ha podido llevar a cabo en 17 MASb, de acuerdo con los parámetros de representatividad asignados (este análisis continuo es posible en un mayor número de MASb, cuando la representatividad es menos restrictiva). Las MASb en las que se ha realizado el análisis continuo en condiciones de representatividad óptimas se muestran en la siguiente tabla (tabla 3):

Código	Nombre	Coefficiente de velocidad serie histórica (m/año)	Coefficiente de velocidad serie actual (m/año)	Coefficiente de velocidad (m/año)	Índice de explotación
022.009	TIERRA DE CAMPOS	-0,068	-0,130	-0,083	0,29
022.010	CARRION	0,158	-0,230	0,061	0,04
022.017	BURGOS	-0,105	-0,092	-0,102	0,05
022.031	VILLAFAFILA	-0,023	0,094	0,006	0,40
022.036	MONCAYO	-0,098	-0,160	-0,113	0,00
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	-0,042	-0,301	-0,107	0,03
022.038	TORDESILLAS	-0,457	0,423	-0,237	1,49
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	-0,426	-0,054	-0,333	0,12
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	0,249	0,309	0,264	0,27
022.043	PARAMO DE CUELLAR	-0,107	-0,826	-0,287	0,40
022.045	LOS ARENALES	-0,616	-0,167	-0,504	0,87
022.047	MEDINA DEL CAMPO	-0,901	-0,158	-0,715	1,65
022.048	TIERRA DEL VINO	-0,206	-0,384	-0,251	1,39
022.052	SALAMANCA	-0,017	0,128	0,019	0,73
022.055	CANTIMPALOS	-0,128	-0,514	-0,224	0,65
022.064	VALLE DE AMBLES	-0,340	-0,207	-0,307	0,20
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	-0,724	-0,080	-0,563	0,50

Tabla 3. Velocidades de evolución piezométricas obtenidos combinando series históricas y actuales

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los análisis de tendencias históricas y actuales para todas las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero (tabla 4), en las que existen piezómetros de control, junto con los resultados obtenidos en el cálculo del Índice de Explotación, indicando además, si la MASb se halla en riesgo cuantitativo de no cumplir los objetivos medioambientales para el año 2015, impuestos por la Directiva Marco.

Masa de Agua Subterránea		Análisis histórico					Análisis actual					Coefficiente de velocidad			Índice de explotación
Código	Nombre	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de velocidad (m/año)	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de velocidad (m/año)	Coefficiente de velocidad serie histórica (m/año)	Coefficiente de velocidad serie actual (m/año)	Coefficiente de velocidad (m/año)	
022.001	GUARDO						2223,87	1	0,15	0,59	1,147				0,02
022.002	LA POLA DE GORDON														0,01
022.003	CERVERA DE PISUERGA						1077,44	1	0,15	0,15	0,305				0,01
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA						269,30	4	0,15	0,11	0,080				0,05
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL	336,97	7	0,96	0,17	-0,007	214,43	11	0,27	0,34	-0,131	-0,007			0,06

Masa de Agua Subterránea		Análisis histórico					Análisis actual					Coeficiente de velocidad			Índice de explotación
Código	Nombre	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de velocidad (m/año)	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de velocidad (m/año)	Coefficiente de velocidad serie histórica (m/año)	Coefficiente de velocidad serie actual (m/año)	Coefficiente de velocidad (m/año)	
	TUERTO-ESLA														
022.006	VALDAVIA	223,87	11	0,97	0,94	0,157	205,21	12	0,15	0,04	-0,064	0,157		0,02	
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	186,85	10	0,95	0,57	-0,062	311,42	6	0,55	0,11	0,018	-0,062		0,10	
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	130,75	6	0,97	0,95	0,181	261,50	3	0,11	0,28	-0,418	0,181		0,20	
022.009	TIERRA DE CAMPOS	181,89	18	0,96	0,62	-0,068	818,53	4	0,96	0,46	-0,130	-0,068	-0,130	0,083	
022.010	CARRION	662,53	2	0,97	0,88	0,158	1325,06	1	0,98	0,82	-0,230	0,158	-0,230	0,061	
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	56,34	6	0,94	0,94	0,088						0,088		0,25	
022.012	LA MARAGATERIA	1117,79	2	0,97	0,84	0,079	1117,79	2	0,54	0,08	0,101	0,079		0,02	
022.014	VILLADIEGO	736,22	1	0,01	1,00	-17,544	736,22	1	0,15	0,92	-0,354			0,09	
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	225,20	3	0,97	0,66	0,041	168,90	4	0,27	0,92	-1,003	0,041		0,05	
022.016	CASTROJERIZ	1126,13	1	0,98	0,82	-0,061	563,06	2	0,27	0,92	-0,113	-0,061		0,02	
022.017	BURGOS	209,50	8	0,96	0,95	-0,105	419,00	4	0,96	0,52	-0,092	-0,105	-0,092	0,102	
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS													0,02	
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	88,83	2	0,10	0,47	0,362	177,66	1	0,25	0,58	-0,720			0,31	
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	235,61	2	0,45	0,50	0,530								0,24	
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA													0,00	
022.022	SANABRIA													0,02	
022.023	VILARDEVOS-LAZA													0,00	
022.024	VALLE DEL TERA	154,90	6	1,01	0,32	0,017	232,36	4	0,27	0,36	0,285	0,017		0,07	
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO						400,44	1	0,15	0,69	-1,840			0,10	
022.027	SIERRA DE CAMEROS													0,01	
022.028	VERIN													0,00	
022.029	PARAMO DE ESGUEVA													0,12	
022.030	ARANDA DE DUERO	249,68	9	0,95	0,93	-0,237	249,68	9	0,15	0,45	-1,175	-0,237		0,06	
022.031	VILLAFILA	202,80	5	0,99	0,40	-0,023	338,00	3	0,96	0,52	0,094	-0,023	0,094	0,006	
022.032	PARAMO DE TOROZOS													0,14	
022.033	ALISTE	1841,46	1	0,12	0,04	0,153								0,23	
022.034	ARAVIANA	424,96	1	0,25	0,41	0,789	424,96	1	0,88	0,73	-1,501		-1,501	0,00	
022.035	CABREJAS-SORIA						473,04	1	0,57	0,40	0,029			0,00	
022.036	MONCAYO	92,15	1	0,61	0,09	-0,098	92,15	1	0,97	0,06	-0,160	-0,098	-0,160	0,113	
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	596,55	4	0,57	0,29	-0,042	340,88	7	0,87	0,57	-0,301	-0,042	-0,301	0,107	
022.038	TORDESILLAS	197,62	6	0,97	0,98	-0,457	296,43	4	0,89	0,30	0,423	-0,457	0,423	0,237	
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	256,58	2	0,99	0,91	-0,426	513,16	1	0,89	0,07	-0,054	-0,426	-0,054	0,333	
022.040	SAYAGO													0,18	

Masa de Agua Subterránea		Análisis histórico					Análisis actual					Coeficiente de velocidad			Índice de explotación
Código	Nombre	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de velocidad (m/año)	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coefficiente de Correlación	Coefficiente de velocidad (m/año)	Coefficiente de velocidad serie histórica (m/año)	Coefficiente de velocidad serie actual (m/año)	Coefficiente de velocidad (m/año)	
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	111,63	3	0,97	0,77	0,249	83,73	4	0,82	0,22	0,309	0,249	0,309	0,264	0,27
022.042	RIAZA	343,83	3	0,96	0,97	-0,204	343,83	3	0,15	0,90	0,375	-0,204			0,06
022.043	PARAMO DE CUELLAR	87,20	11	0,74	0,29	-0,107	479,59	2	0,99	0,57	-0,826	-0,107	-0,826	0,287	0,40
022.044	PARAMO DE CORCOS	449,92	1	0,97	0,17	0,039						0,039			0,15
022.045	LOS ARENALES	147,22	16	0,95	0,97	-0,616	336,50	7	0,89	0,20	-0,167	-0,616	-0,167	0,504	0,87
022.046	SEPULVEDA														0,00
022.047	MEDINA DEL CAMPO	92,62	39	0,96	0,96	-0,901	328,37	11	0,89	0,11	-0,158	-0,901	-0,158	0,715	1,65
022.048	TIERRA DEL VINO	97,36	16	0,96	0,88	-0,206	311,54	5	0,86	0,43	-0,384	-0,206	-0,384	0,251	1,39
022.049	AYLLON	334,49	2	0,93	0,73	0,063	222,99	3	0,15	0,72	0,423	0,063			0,02
022.050	ALMAZAN SUR						172,64	6	0,88	0,34	-0,330		-0,330		0,25
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	158,22	2	0,64	0,36	-0,313						-0,313			0,00
022.052	SALAMANCA	202,14	12	0,96	0,20	-0,017	1212,83	2	0,96	0,19	0,128	-0,017	0,128	0,019	0,73
022.053	VITIGUDINO														0,15
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA														0,05
022.055	CANTIMPALOS	217,74	9	0,95	0,84	-0,128	391,92	5	0,85	0,76	-0,514	-0,128	-0,514	0,224	0,65
022.056	PRADENA														0,00
022.057	SEGOVIA														0,00
022.058	CAMPO CHARRO	1575,18	1	0,97	0,44	-0,112						-0,112			0,23
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	646,81	2	0,97	0,29	-0,100	323,40	4	0,07	0,93	1,308	-0,100			0,13
022.060	GREDOS														0,02
022.061	SIERRA DE AVILA														0,31
022.063	CIUDAD RODRIGO	415,97	1	0,02	1,00	-4,371	415,97	1	0,07	0,92	1,503				0,04
022.064	VALLE DE AMBLES	79,06	3	0,83	0,89	-0,340	237,17	1	0,85	0,35	-0,207	-0,340	-0,207	0,307	0,20
022.065	LAS BATUECAS														0,00
022.066	VALDECORNEJA						97,71	1	0,89	0,27	-0,224		-0,224		0,00
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	482,33	11	0,91	0,95	-0,724	884,27	6	0,89	0,06	-0,080	-0,724	-0,080	0,563	0,50

Tabla 4. Resumen del análisis piezométrico de datos históricos y actuales

De todas las MASb de la cuenca (64 MASb), se ha podido realizar un análisis histórico en 39 (60,9 % de las MASb) y un análisis actual en 40 (62,5 %).

La siguiente figura (figura 15) muestra los resultados obtenidos para el análisis de la piezometría histórica, donde se puede observar que destaca la presencia de numerosas MASb que presentan tendencia estable.

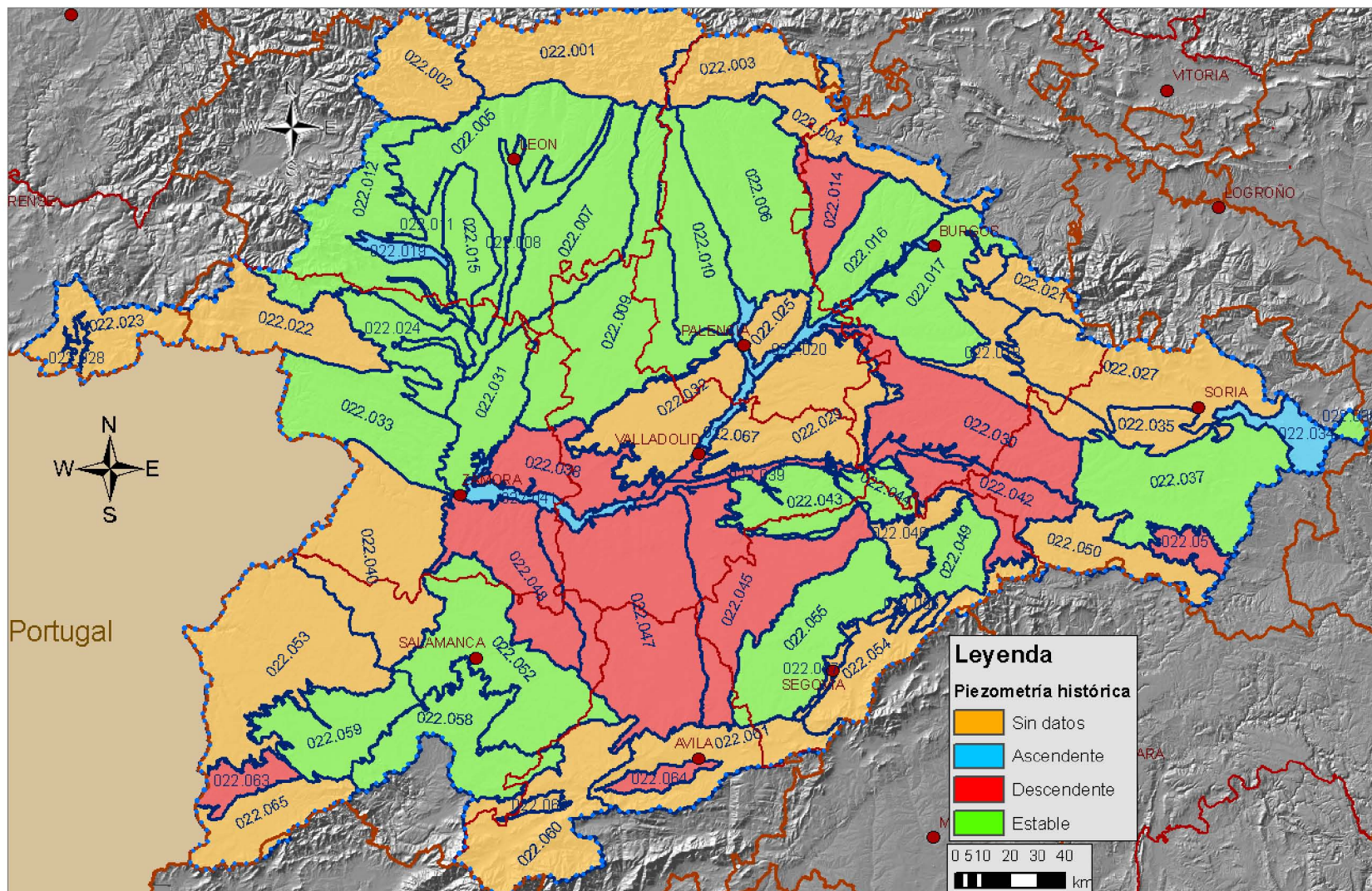


Figura 15. Análisis de la piezometría histórica de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero

Como se puede observar en la figura anterior, no ha sido posible analizar la tendencia de las series históricas en numerosas MASb, sobre todo en las zonas de borde de la Demarcación. Asimismo destaca el predominio de las MASb en las que predomina la tendencia estable o descendente, siendo minoritarias aquellas que presentan tendencias ascendentes.

En la siguiente figura (figura 16) se muestra el resultado del análisis de tendencia actual, realizado con los puntos de control de la Red Básica de la Demarcación.

De la comparativa entre las dos figuras (figura 15, figura 16) y análisis, se puede deducir que existe una variación notable en lo que respecta a las MASb con tendencia estable, sobre todo de la mitad septentrional de la Cuenca, donde se produce un aumento de las tendencias descendentes. Además, disminuye el número de MASb en las que no se puede realizar análisis de tendencia. Por último es significativo el número de MASb que han pasado de tendencias estables y descendentes a tendencias ascendentes. A este respecto, se ha de tener en cuenta que una tendencia actual ascendente no implica necesariamente una recuperación de una MASb que históricamente mostraba tendencia descendente, puesto que la amplitud de los periodos es muy diferente. No obstante, se puede considerar como un síntoma de recuperación.

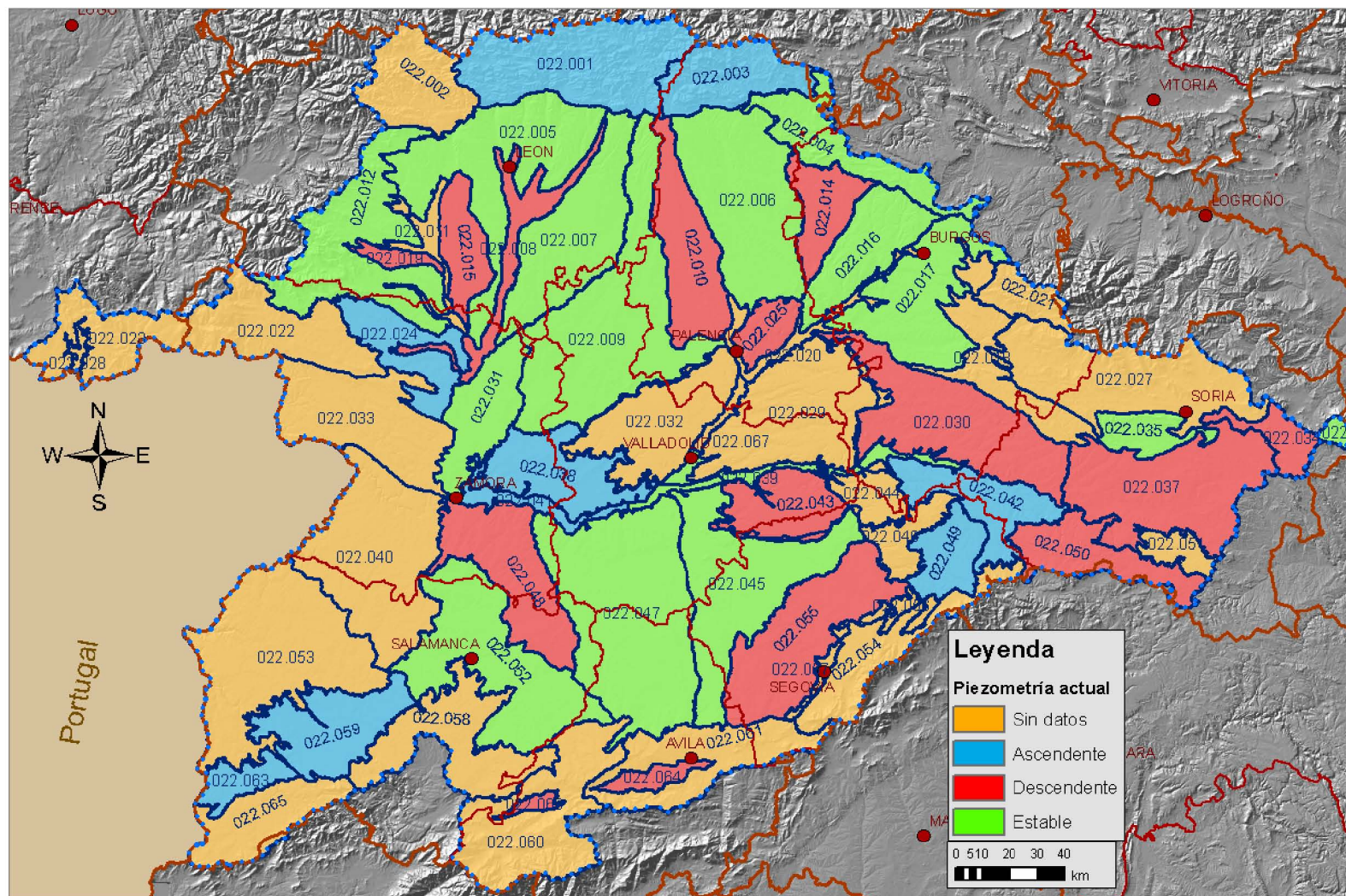


Figura 16. Análisis de la piezometría actual de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero

4.3 *DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN*

En la Demarcación Hidrográfica del Duero se han definido un total de 5 Sistemas de Explotación, que acogen las 64 MASb que han sido definidas en el ámbito hidrográfico. Estos sistemas de explotación se subdividen a su vez en 12 Sistemas de Explotación Regulados, que agrupan conjuntos de ríos o tramos de ríos, y MASb especialmente interrelacionados. Dentro del PES de la DHD se hace mención a dichos Sistemas de Explotación Regulados, aunque para la homogeneización de los informes de las distintas demarcaciones, se ha optado por realizar el análisis de los Sistemas de Explotación definidos por el MARM.

Cabe destacar que la adscripción de cada MASb a Sistemas de Explotación no está establecida de modo riguroso. Con objeto de realizar un trabajo homogéneo, se ha analizado el porcentaje de MASb incluido en cada Sistema de Explotación, descartándose aquellas MASb que tuvieran menos de un 20% de inclusión en un Sistema, con objeto de realizar un reparto proporcional de recursos para porcentajes superiores.

Desde un punto de vista técnico, la adscripción debe de pasar por un análisis geológico/hidrogeológico, puesto que en muchas ocasiones, y a modo de ejemplo, los recursos son captados en una zona de descarga dentro de un sistema, y en cambio la zona de recarga se halla en otro sistema (asignándose por este método los recursos al sistema equivocado). Tal trabajo escapa al dimensionamiento del presente estudio.

Los Sistemas de Explotación definidos, son los siguientes:

- 1 – ESLA-VALDERADUEY-ÓRBIGO-TERA
- 2 – PISUERGA-CARRIÓN-ARLANZA
- 3 – ALTO DUERO-RIAZA
- 4 – ADAJA-CEGA-BAJO DUERO
- 5 – TORMES-ÁGUEDA

Realizando los cálculos de recursos disponibles, aprovechamientos y recursos no comprometidos por Sistemas de Explotación se obtienen los resultados correspondientes a los Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles que existen en cada uno de ellos, los cuales se sintetizan a continuación, junto con las tablas y figuras correspondientes.

En la siguiente figura se muestra la situación de los 15 sistemas de explotación de la Demarcación hidrográfica del Duero (figura 17).

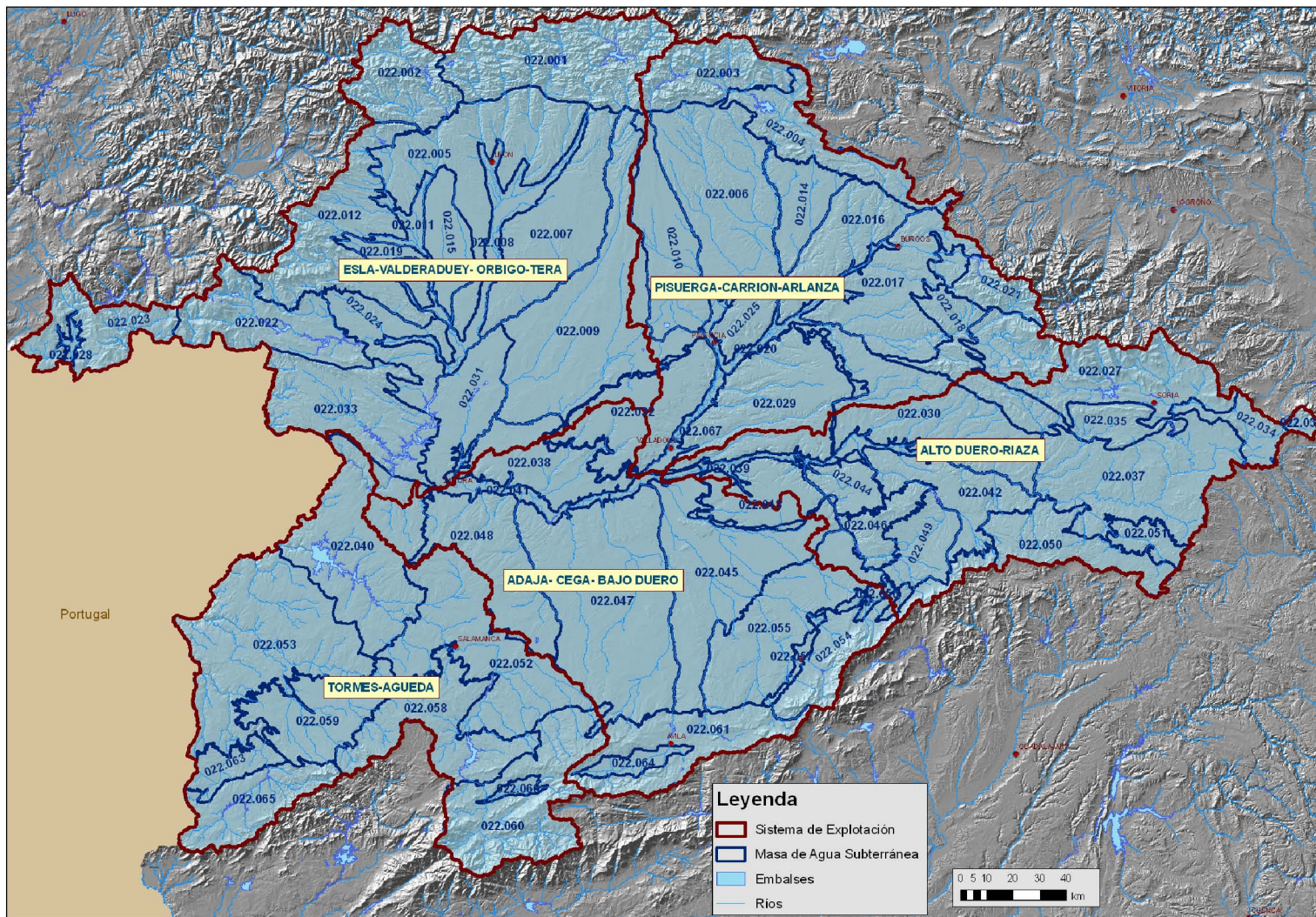


Figura 17. Sistemas de Explotación, Masas de Agua Subterránea y Ríos de la Demarcación Hidrográfica del Duero

Esla – Valderaduey – Órbigo – Tera

En el **Sistema de Explotación 1 - Esla – Valderaduey – Órbigo – Tera** se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 1.413,97 hm³, repartidos entre 17 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 148,39 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 1.271,97 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,21, existiendo 1 MASb con Índice de Explotación (*Ie*) superior a 1, es decir, el 79% de los recursos hídricos subterráneos renovables de este Sistema de Explotación no están sujetos a restricciones medioambientales y, por tanto, constituyen recursos subterráneos utilizables para mitigar problemas de escasez en sequías (figura 18 y tabla 5).

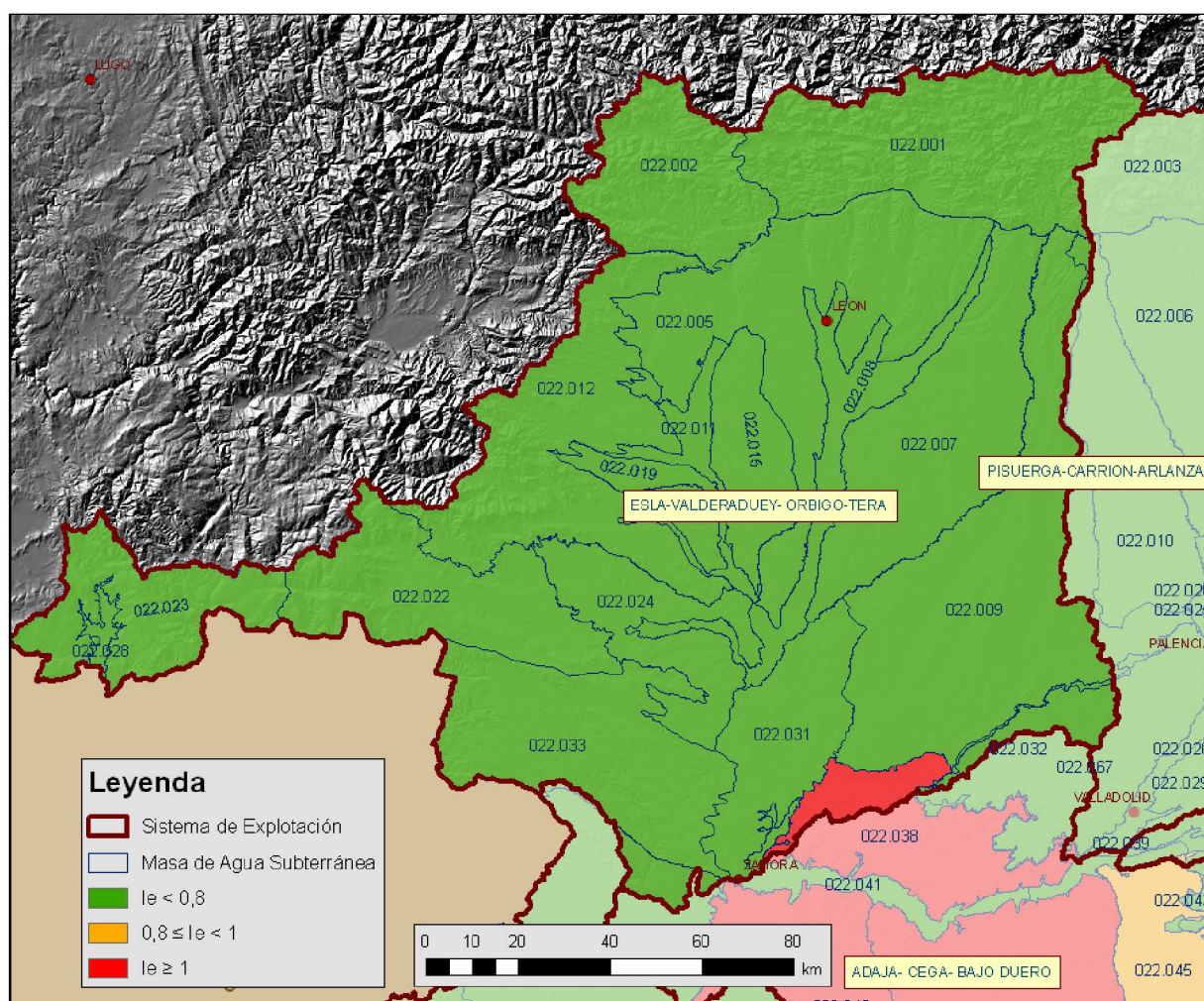


Figura 18. Sistema de Explotación de Elsa-Valderaduey-Órbigo-Tera y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
1 - ESLA-VALDERADUEY- ORBIGOTERA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.001	GUARDO	100,0 %	244,55	48,11	196,44	4,00	192,44	0,02	Disponibilidad
022.002	LA POLA DE GORDON	100,0 %	127,85	24,97	102,88	1,00	101,88	0,01	Disponibilidad
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA	100,0 %	320,16	56,63	263,53	17,00	246,53	0,06	Disponibilidad
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	100,0 %	125,09	18,42	106,67	11,00	95,67	0,10	Disponibilidad
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	100,0 %	126,94	4,99	121,95	24,00	97,95	0,20	Disponibilidad
022.009	TIERRA DE CAMPOS	100,0 %	120,44	19,89	100,55	29,00	71,55	0,29	Disponibilidad
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	100,0 %	44,80	1,56	43,24	11,00	32,24	0,25	Disponibilidad
022.012	LA MARAGATERIA	100,0 %	166,96	32,19	134,77	3,00	131,77	0,02	Disponibilidad
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	100,0 %	132,47	2,69	129,78	7,00	122,78	0,05	Disponibilidad
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	100,0 %	10,90	1,18	9,72	3,00	6,72	0,31	Disponibilidad
022.022	SANABRIA	100,0 %	76,50	14,50	62,00	1,00	61,00	0,02	Disponibilidad
022.023	VILARDEVOS-LAZA	100,0 %	50,09	10,02	40,07	0,00	40,07	0,00	Disponibilidad

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
1 - ESLA-VALDERADUEY- ORBIGO-TERA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.024	VALLE DEL TERA	100,0 %	46,90	6,58	40,32	3,00	37,32	0,07	Disponibilidad
022.028	VERIN	100,0 %	7,52	1,50	6,02	0,00	6,02	0,00	Disponibilidad
022.031	VILLAFAFILA	100,0 %	36,66	6,73	29,93	12,00	17,93	0,40	Disponibilidad
022.033	ALISTE	100,0 %	16,37	3,27	13,10	3,00	10,10	0,23	Disponibilidad
022.038	TORDESILLAS	26,2 %	14,94	1,94	13,00	19,39	0,00	1,49	No disponibilidad
17 masas			1669,14	255,17	1413,97	148,39	1271,97	0,21	

Tabla 5. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Elsa-Valderaduey-Órbigo-Tera

Pisuerga – Carrión - Arlanza

En el Sistema de Explotación 2 - Pisuerga – Carrión – Arlanza se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 995,15 hm³, repartidos entre 16 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 59,05 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 936,10 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,09, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (*I_e*), es decir, el 91% de los recursos hídricos subterráneos renovables de este Sistema de Explotación no están sujetos a restricciones medioambientales y, por tanto, constituyen recursos subterráneos utilizables para mitigar problemas de escasez en sequías (figura 18 y tabla 6).

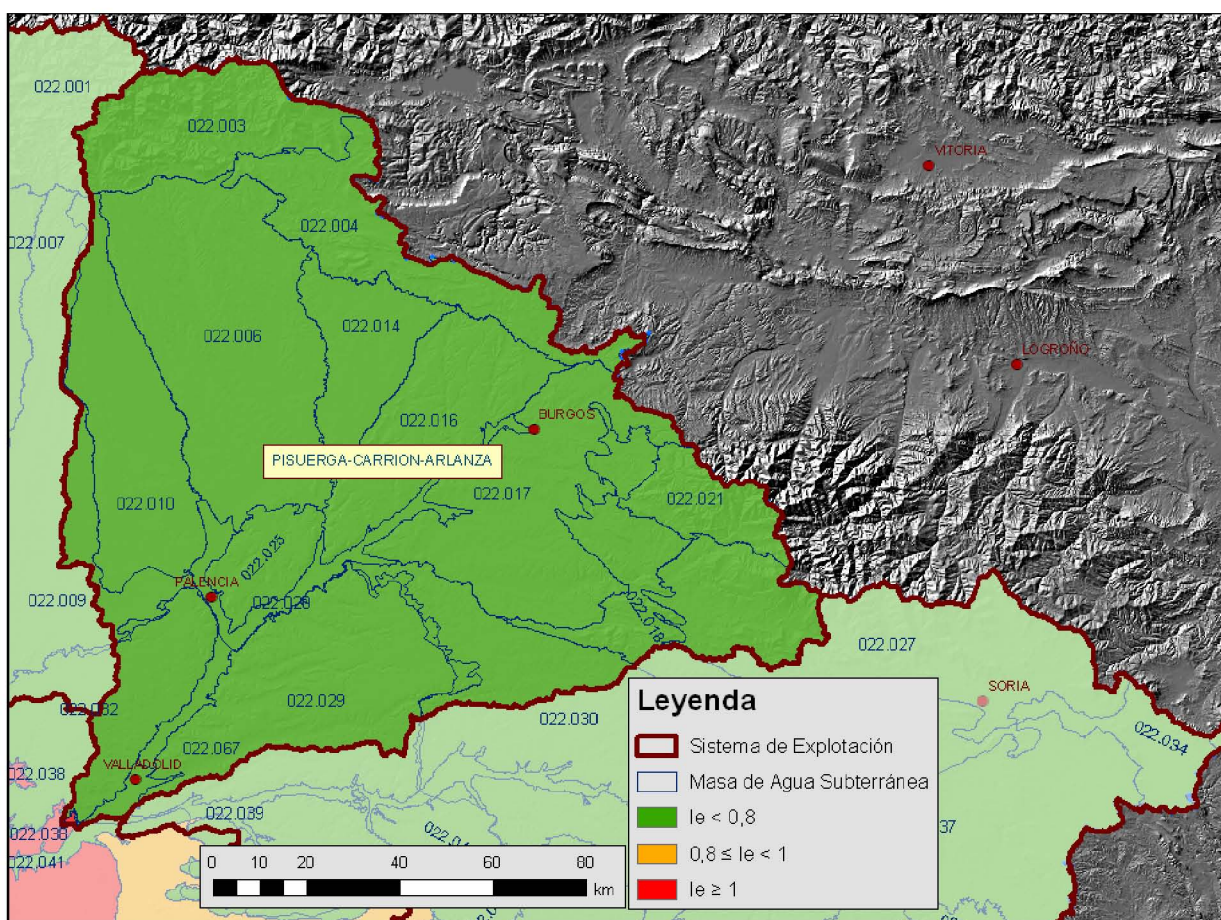


Figura 19. Sistema de Explotación de Pisuerga-Carrión-Arlanza y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
Masas de Agua Subterránea								Ie	Disponibilidad
022.003	CERVERA DE PISUERGA	100,0 %	187,78	37,16	150,62	2,00	148,62	0,01	Disponibilidad
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA	100,0 %	102,64	19,93	82,71	4,00	78,71	0,05	Disponibilidad
022.006	VALDAVIA	100,0 %	189,39	29,28	160,11	4,00	156,11	0,02	Disponibilidad
022.010	CARRION	100,0 %	95,02	11,00	84,02	3,00	81,02	0,04	Disponibilidad
022.014	VILLADIEGO	100,0 %	27,73	4,95	22,78	2,00	20,78	0,09	Disponibilidad
022.016	CASTROJERIZ	100,0 %	78,69	15,54	63,15	1,00	62,15	0,02	Disponibilidad
022.017	BURGOS	100,0 %	168,81	32,76	136,05	7,00	129,05	0,05	Disponibilidad
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	63,9 %	36,88	7,37	29,50	0,64	28,86	0,02	Disponibilidad
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	100,0 %	43,74	2,35	41,39	10,00	31,39	0,24	Disponibilidad
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA	100,0 %	29,11	5,82	23,29	0,00	23,29	0,00	Disponibilidad
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO	100,0 %	11,54	1,91	9,63	1,00	8,63	0,10	Disponibilidad
022.027	SIERRA DE CAMEROS	30,8 %	61,11	11,98	49,14	0,31	48,83	0,01	Disponibilidad

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
2 - PISUERGA-CARRION-ARLANZA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	78,8 %	62,60	11,10	51,50	6,30	45,19	0,12	Disponibilidad
022.030	ARANDA DE DUERO	31,1 %	57,54	10,76	46,77	2,80	43,98	0,06	Disponibilidad
022.032	PARAMO DE TOROZOS	54,0 %	24,82	4,85	19,97	2,70	17,27	0,14	Disponibilidad
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	61,5 %	30,04	5,52	24,52	12,30	12,22	0,50	Disponibilidad
16 masas			1207,43	212,28	995,15	59,05	936,10	0,09	

Tabla 6. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Pisuerga-Carrión-Arlanza

Alto Duero - Riaza

En el **Sistema de Explotación 3 - Alto Duero – Riaza** (figura 20) se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 697,33 hm³, repartidos entre 19 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 49,66 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 647,67 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,09, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (*Ie*), es decir, el 91% de los recursos hídricos subterráneos renovables de este Sistema de Explotación no están sujetos a restricciones medioambientales y, por tanto, constituyen recursos subterráneos utilizables para mitigar problemas de escasez en sequías (tabla 7).

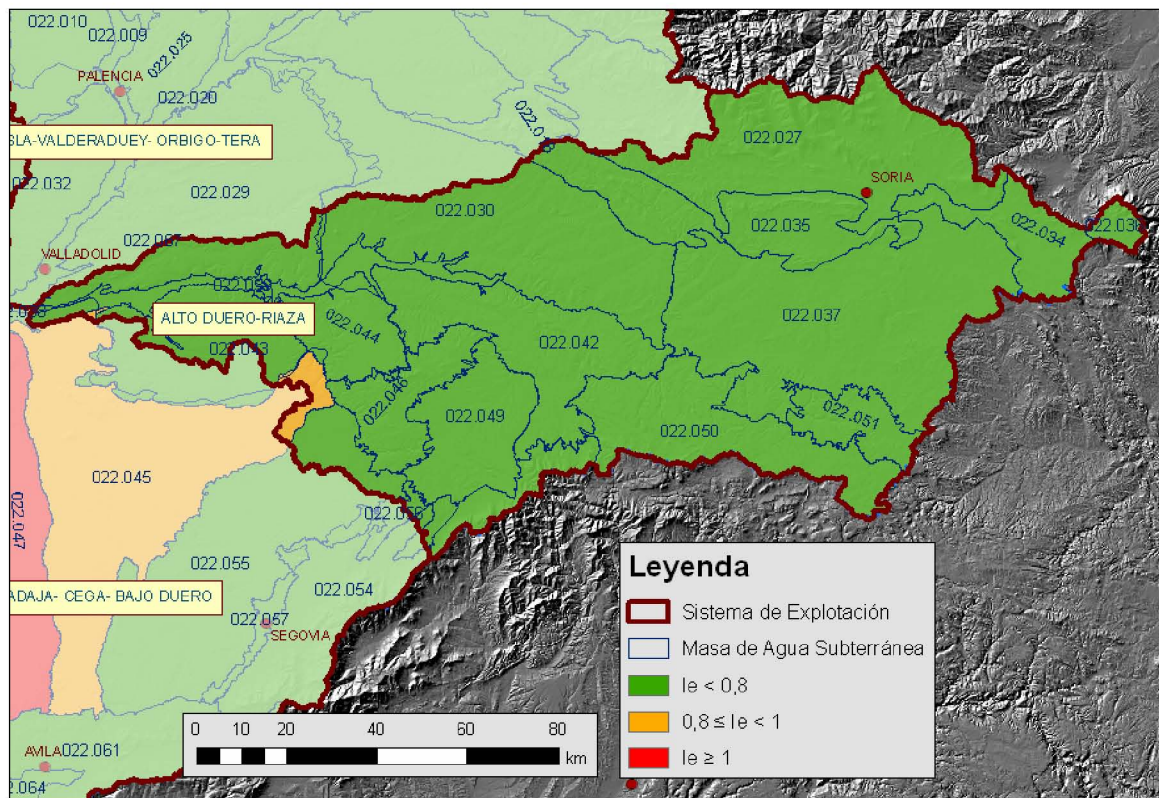


Figura 20. Sistema de Explotación de Alto Duero – Riaza y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
3 - ALTO DUERO-RIAZA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	36,1 %	20,83	4,17	16,67	0,36	16,31	0,02	Disponibilidad
022.027	SIERRA DE CAMEROS	69,2 %	137,30	26,90	110,39	0,69	109,70	0,01	Disponibilidad
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	21,2 %	16,84	2,99	13,85	1,70	12,16	0,12	Disponibilidad
022.030	ARANDA DE DUERO	68,9 %	127,47	23,84	103,63	6,20	97,42	0,06	Disponibilidad
022.034	ARAVIANA	100,0 %	11,90	2,38	9,52	0,00	9,52	0,00	Disponibilidad
022.035	CABREJAS-SORIA	100,0 %	42,57	8,51	34,06	0,00	34,06	0,00	Disponibilidad
022.036	MONCAYO	100,0 %	12,15	2,43	9,72	0,00	9,72	0,00	Disponibilidad
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	100,0 %	141,24	26,05	115,19	3,00	112,19	0,03	Disponibilidad
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	100,0 %	44,53	2,91	41,62	5,00	36,62	0,12	Disponibilidad
022.042	RIAZA	100,0 %	58,20	10,64	47,56	3,00	44,56	0,06	Disponibilidad
022.043	PARAMO DE CUELLAR	51,8 %	23,49	4,08	19,41	7,77	11,64	0,40	Disponibilidad
022.044	PARAMO DE CORCOS	100,0 %	24,40	4,48	19,92	3,00	16,92	0,15	Disponibilidad

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
3 - ALTO DUERO-RIAZA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.046	SEPULVEDA	100,0 %	43,21	8,44	34,77	0,00	34,77	0,00	Disponibilidad
022.049	AYLLON	100,0 %	58,53	11,31	47,22	1,00	46,22	0,02	Disponibilidad
022.050	ALMAZAN SUR	100,0 %	50,44	9,89	40,55	10,00	30,55	0,25	Disponibilidad
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	100,0 %	12,16	2,43	9,73	0,00	9,73	0,00	Disponibilidad
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	23,5 %	5,52	0,92	4,60	0,24	4,37	0,05	Disponibilidad
022.056	PRADENA	35,1 %	4,45	0,89	3,56	0,00	3,56	0,00	Disponibilidad
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	38,5 %	18,80	3,45	15,35	7,70	7,65	0,50	Disponibilidad
19 masas			854,03	156,70	697,33	49,66	647,67	0,09	

Tabla 7. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Alto Duero - Riaza

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.032	PARAMO DE TOROZOS	46,0 %	21,15	4,14	17,01	2,30	14,71	0,14	Disponibilidad
022.038	TORDESILLAS	73,8 %	42,09	5,47	36,62	54,61	0,00	1,49	No disponibilidad
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	100,0 %	37,72	0,94	36,78	10,00	26,78	0,27	Disponibilidad
022.043	PARAMO DE CUELLAR	48,2 %	21,86	3,79	18,07	7,23	10,84	0,40	Disponibilidad
022.045	LOS ARENALES	100,0 %	70,60	8,52	62,08	54,00	8,08	0,87	Disponibilidad condicionada
022.047	MEDINA DEL CAMPO	100,0 %	95,59	12,52	83,07	137,00	0,00	1,65	No disponibilidad
022.048	TIERRA DEL VINO	100,0 %	75,20	10,24	64,96	90,00	0,00	1,39	No disponibilidad
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	76,5 %	17,97	2,98	14,99	0,77	14,22	0,05	Disponibilidad
022.055	CANTIMPALOS	100,0 %	54,79	9,96	44,83	29,00	15,83	0,65	Disponibilidad
022.056	PRADENA	64,9 %	8,22	1,64	6,58	0,00	6,58	0,00	Disponibilidad
022.057	SEGOVIA	100,0 %	5,58	1,12	4,46	0,00	4,46	0,00	Disponibilidad
022.061	SIERRA DE AVILA	100,0 %	28,15	5,23	22,92	7,00	15,92	0,31	Disponibilidad

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.064	VALLE DE AMBLES	100,0 %	18,31	3,66	14,65	3,00	11,65	0,20	Disponibilidad
	13 masas		497,23	70,21	427,01	394,91	129,07	0,57	

Tabla 8. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Adaja – Cega – Bajo Duero

Tormes - Águeda

En el **Sistema de Explotación 5 - Tormes - Águeda** (figura 22) se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 276,08 hm³, repartidos entre 9 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 94,00 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 182,08 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,16, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (*Ie*), es decir, el 84% de los recursos hídricos subterráneos renovables de este Sistema de Explotación no están sujetos a restricciones medioambientales y, por tanto, constituyen recursos subterráneos utilizables para mitigar problemas de escasez en sequías (tabla 9).

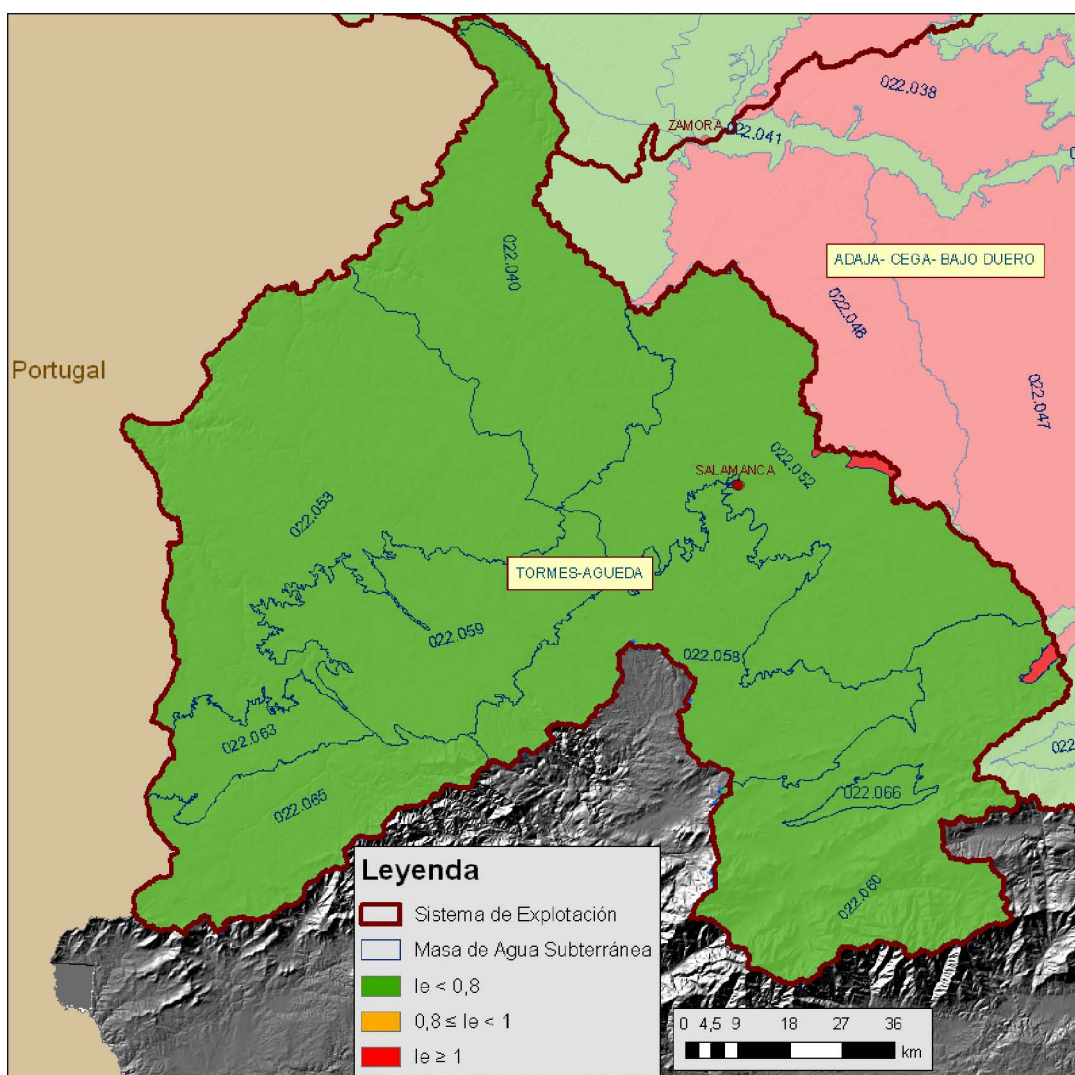


Figura 22. Sistema de Explotación de Tormes - Águeda y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos Renovables (RREN) (hm ³ /a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm ³ /a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm ³ /a)	Extracciones (B) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
5 - TORMES-AGUEDA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
022.040	SAYAGO	100,0 %	20,37	3,87	16,50	3,00	13,50	0,18	Disponibilidad
022.052	SALAMANCA	100,0 %	120,59	15,32	105,27	77,00	28,27	0,73	Disponibilidad
022.053	VITIGUDINO	100,0 %	16,25	3,05	13,20	2,00	11,20	0,15	Disponibilidad
022.058	CAMPO CHARRO	100,0 %	21,12	3,82	17,30	4,00	13,30	0,23	Disponibilidad
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	100,0 %	55,80	10,76	45,04	6,00	39,04	0,13	Disponibilidad
022.060	GREDOS	100,0 %	48,21	7,44	40,77	1,00	39,77	0,02	Disponibilidad
022.063	CIUDAD RODRIGO	100,0 %	27,32	5,06	22,26	1,00	21,26	0,04	Disponibilidad
022.065	LAS BATUECAS	100,0 %	13,45	2,49	10,96	0,00	10,96	0,00	Disponibilidad
022.066	VALDECORNEJA	100,0 %	5,97	1,19	4,78	0,00	4,78	0,00	Disponibilidad
9 masas			329,08	53,00	276,08	94,00	182,08	0,16	

Tabla 9. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Tormes - Águeda

5. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

Para el análisis del estado cualitativo de las Masas de Agua Subterránea de la DHD se han utilizado tanto los datos de calidad química obtenidos de las redes de Control Históricas del IGME (periodo 1971-2001) y las asociados a las Redes Oficiales de Control de la Calidad Química del Agua Subterránea del MARM (periodo 2001-2009).

Para el análisis de estado cualitativo se han utilizado una serie de parámetros mayoritarios que ofrecen información sobre la facies hidroquímica predominante en las MASb y su evolución temporal, evaluando la calidad del agua subterránea por comparación de los contenidos registrados en los muestreos realizados en las diferentes campañas (redes históricas y actuales), con los umbrales de potabilidad que fija el RD R.D. 140/2003 “Criterios Sanitarios de la calidad del agua de consumo humano” para esos mismos parámetros. En concreto, los parámetros utilizados corresponden a: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C), Magnesio (mg/l), Nitratos (mg/l), Sodio (mg/l) y Sulfatos (mg/l).

La comparación de los contenidos en estos componentes mayoritarios con los umbrales de potabilidad permiten evaluar la calidad del agua en lo que se refiere a su aptitud para uso en abastecimiento urbano. Así, se ha calculado, para cada uno de estos parámetros, el denominado Índice de Calidad ($I_{C[P]}$), que responde a la siguiente expresión:

$$I_{C[P]} = \frac{[P]}{V_{L(P)}}$$

donde:

$I_{C[P]}$, Índice de Calidad del parámetro P

$[P]$, concentración registrada para el parámetro P

$V_{L(P)}$, valor límite o umbral de potabilidad impuesto por la legislación

Para establecer la clasificación según la calidad química, el Índice de Calidad Química (ICQ) se toma como referencia los valores paramétricos obtenidos y se considera el valor más desfavorable, es decir, el valor máximo de los correspondientes índices $Ic_{[P]}$.

$$Ic = Máx(Ic_{[P]})$$

De forma que con este valor del Índice de Calidad (Ic) se puede fijar al aptitud del agua subterránea, atendiendo a criterios hidroquímicos básicos, de una determinada MASb para la satisfacción de demandas urbanas en situaciones de sequía.

Como es lógico, si el agua subterránea se pretende destinar a un uso menos exigente que el abastecimiento urbano (como puede ser el regadío), el indicador calculado no tiene un valor excluyente, no obstante los parámetros considerados ofrecen la posibilidad de analizar la aptitud genérica del agua subterránea de la MASb para cualquier uso, lo que tiene se confirmado mediante los análisis “in situ” pertinentes previamente a la puesta en funcionamiento de las infraestructuras de captación de aguas subterráneas en situaciones sequía.

Como ya se describió en el apartado metodológico, para la realización del análisis cualitativo de una MASb se seleccionan los puntos de control con un registro histórico importante, teniendo en cuenta que el periodo seleccionado debe de ser común para todos los parámetros (Conductividad, Nitratos, Sulfatos, Magnesio y Sodio).

Una vez seleccionados los puntos de control, se calcula la evolución media y su tendencia (para cada parámetro). La casuística en este tipo de análisis es muy amplia, y se encuentran casos en los que:

- Algún parámetro no ha sido analizado, y no es posible su análisis tendencial.
- Para un mismo periodo, los puntos de control no son los mismos.
- Mayor o menor número de medidas en unos parámetros que en otros.

Como criterio general de actuación, se ha priorizado el procedimiento de la siguiente manera:

1. Selección de los mismos puntos de control para la realización del análisis tendencial de cada parámetro.
2. Selección del mismo periodo de análisis tendencial.

La siguiente figura (figura 23) muestra un ejemplo de análisis realizado para la serie actual del Páramo de Torozos, en la que se han considerado 7 puntos de control:






Puntos considerados		7 (Red Básica Demarcación)		Periodo común		abril 2007-febrero 2008 (11 meses/0,92 años)	
Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)	30	621,43	445,62	778,77	624,72	 37,2075 ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	30	12,23	8,15	25,92	8,15	 -12,7328 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO ₃)	30	41,96	30,62	65,96	30,62	 -41,3176 (mg/l NO ₃ /año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	30	29,23	5,34	47,79	26,85	 15,0854 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO ₄)	30	84,01	28,84	133,80	70,67	 11,7820 (mg/l SO ₄ /año)	250,00

Figura 23. Resultados del análisis tendencial en una serie actual

Como se puede observar en la figura anterior, 2 parámetros muestran una tendencia descendente, mientras que otros 3 están aumentando. El periodo común seleccionado comprende 11 meses (desde abril de 2007 hasta febrero de 2008), y se han utilizado 7 puntos de control (cuyas características quedan sintetizadas en el reverso de la Ficha 1. El número de valores reales que se han utilizado para el análisis tendencial ha sido de 30.

Posteriormente se caracteriza la facies predominante (en principio las dos facies que más predominen en el conjunto de muestras que se han tenido en cuenta para el análisis tendencial), se representa el diagrama de Piper-Hill-Langelier, y se clasifica la MASb de acuerdo al peor índice de calidad obtenido según la analítica más actual, que en el caso del ejemplo anterior, corresponde a los Nitratos (figura 24).

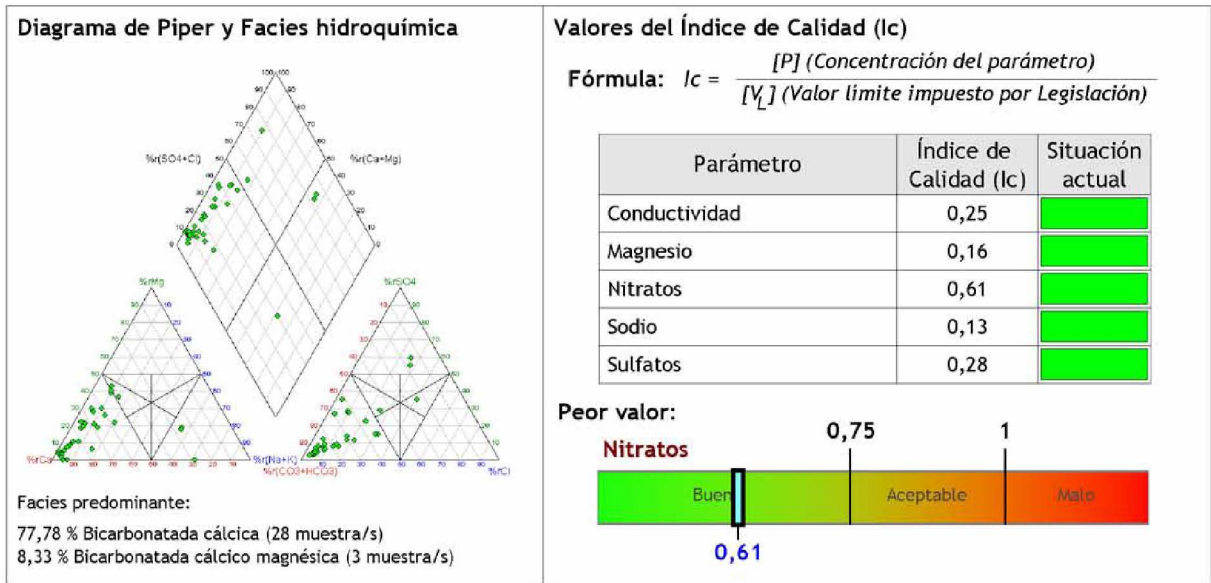


Figura 24. Facies hidroquímica característica y clasificación de acuerdo al índice de calidad

Finalmente, se representa la evolución del índice de calidad de cada parámetro en el periodo considerado, y se destacan observaciones importantes sobre la calidad en la MASb, en aspectos relacionados con la posible situación de riesgo de no cumplimiento con los objetivos medioambientales de la Directiva Marco del agua, intrusión u otros aspectos destacables relacionados con el Índice de calidad (figura 25).

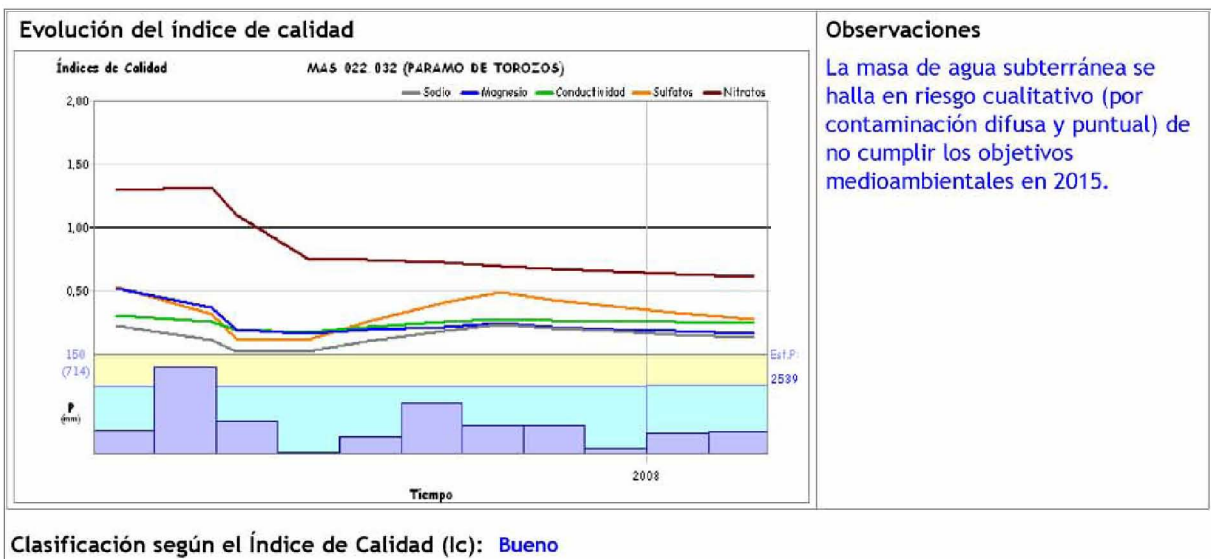


Figura 25. Evolución del índice de calidad, observaciones importantes sobre la calidad y clasificación de la MASb

Aunque se han realizado análisis correspondientes a dos periodos (series históricas del IGME y series actuales de la Red Básica de Demarcación), el valor del $Ic_{[P]}$ se ha fijado tomando como referencia los datos de concentración más actual disponible, de forma que se ofrece la situación más reciente sobre la calidad del agua subterránea.

A continuación se describen los resultados obtenidos en cada análisis.

5.1 ANÁLISIS HISTÓRICO

Se ha podido realizar análisis de tendencia histórica y clasificación según el índice de calidad a 29 de las 64 MASb (45,3 % de las MASb) existentes en la Demarcación Hidrográfica del Duero. De forma resumida (figura 26):

- En 35 MASb no ha sido posible realizar el análisis por falta de puntos de control o medidas analíticas.
- 11 MASb (17,2 %) se clasifican con Ic malo (>1).
- 3 MASb (4,7 %) se clasifican con Ic Aceptable ($>0,75$ y ≤ 1).
- 15 MASb (23,4 %) se clasifican con Ic Bueno ($\leq 0,75$).
- 3 MASb (4,7 %) muestran Ic Malo por los Nitratos.
- 5 MASb (7,8 %) muestran Ic Malo por los Sulfatos.
- 1 MASb (1,6 %) muestran Ic Malo por el Magnesio.
- 7 MASb (10,9 %) muestran Ic Malo por el Sodio.
- 2 MASb (3,1 %) muestran Ic Malo por la Conductividad.
- Hay 1 MASb (022.053 - Vitigudino) en la que no ha sido posible analizar alguno de los parámetros (Nitratos y Conductividad), por lo cual, se ha clasificado la MASb de acuerdo con el resultado de su Ic , pero de forma incompleta.

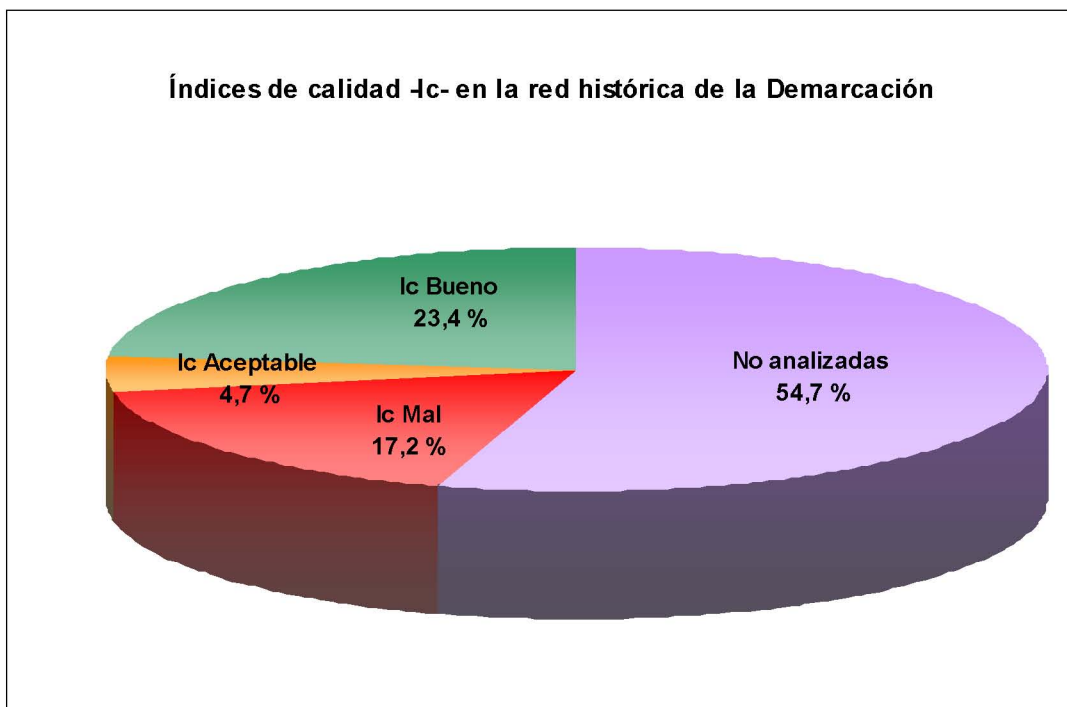


Figura 26. Resumen de Índices de calidad de la red histórica

Es especialmente significativo el elevado número de MASb en los que no se ha podido analizar el índice de calidad. De las MASb en las que sí se ha podido efectuar dicho análisis, únicamente un 17,2% presenta un Índice de Calidad malo, con predominio del sodio como indicador negativo (7 MASb de 29 MASb clasificadas con Ic Malo), seguido por los Sulfatos y Nitratos.

En la siguiente figura (figura 27) se muestran de forma gráfica los resultados del Ic para cada una de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero, indicando el parámetro en el que se ha obtenido el peor Ic (se remarcan las zonas límite de clasificación del Ic).

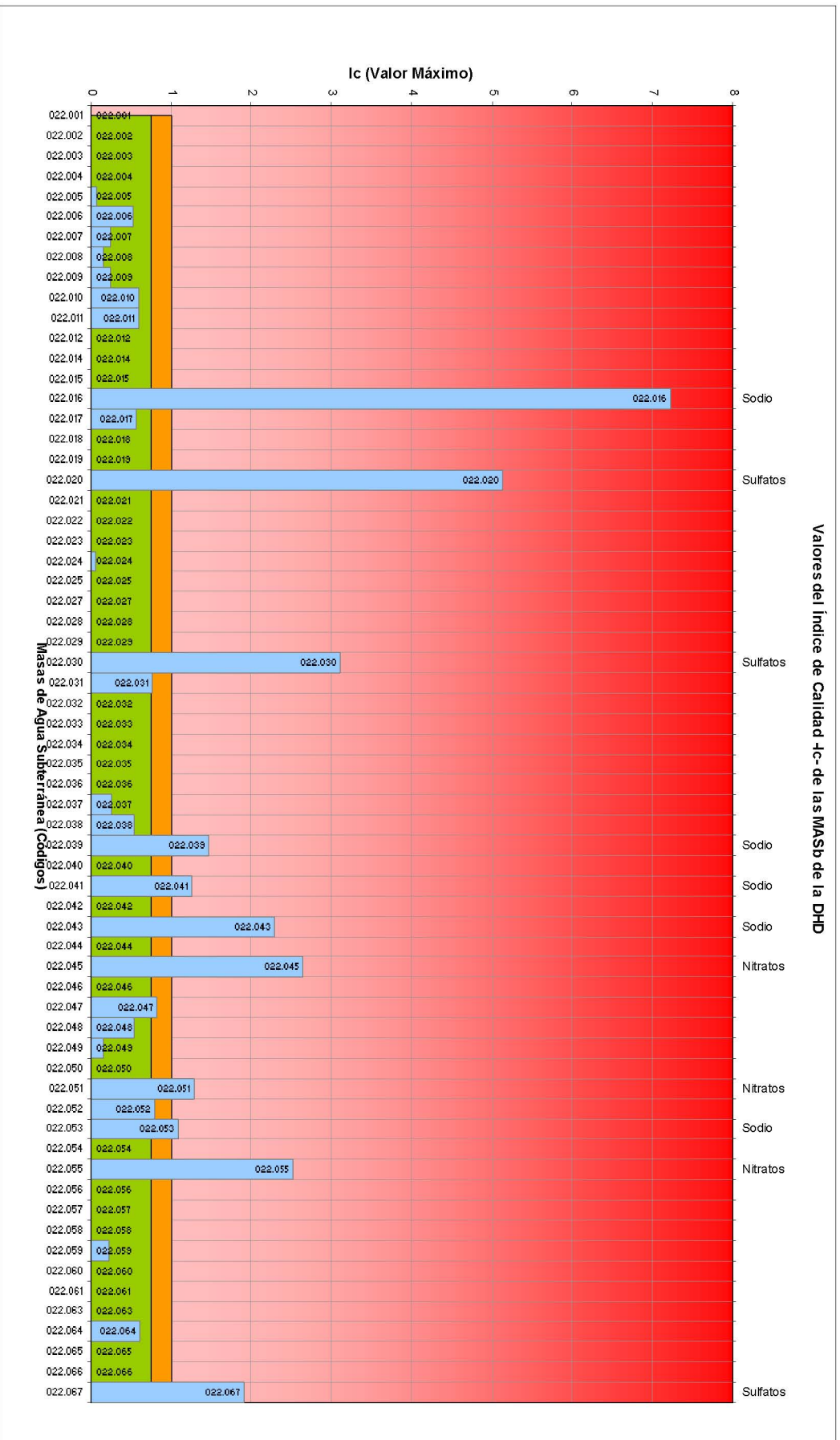


Figura 27. Datos de Ic calculados para el conjunto de las MASb de la DHD. Situación histórica.

Como se puede observar en la figura anterior, hay 3 MASb que destacan por un elevado Ic debido a la presencia de sodio y sulfatos. Se trata de las MASb:

- MASb 022.016 (Castrojeriz): Ic Malo debido al Sodio (7,22), aunque también presenta malos datos para Sulfatos y Conductividad.
- MASb 022.020 (Aluviales del Pisuerga-Arlanzón): Ic Malo debido a los Sulfatos (5,13), aunque también presenta malos datos para Sodio y Conductividad.
- MASb 022.030 (Aranda de Duero): Ic Malo debido a los Sulfatos (3,11), presentando además mal dato para Magnesio.

En la siguiente figura (figura 28) se muestra el mapa de distribución de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero atendiendo a los resultados obtenidos en el Ic.

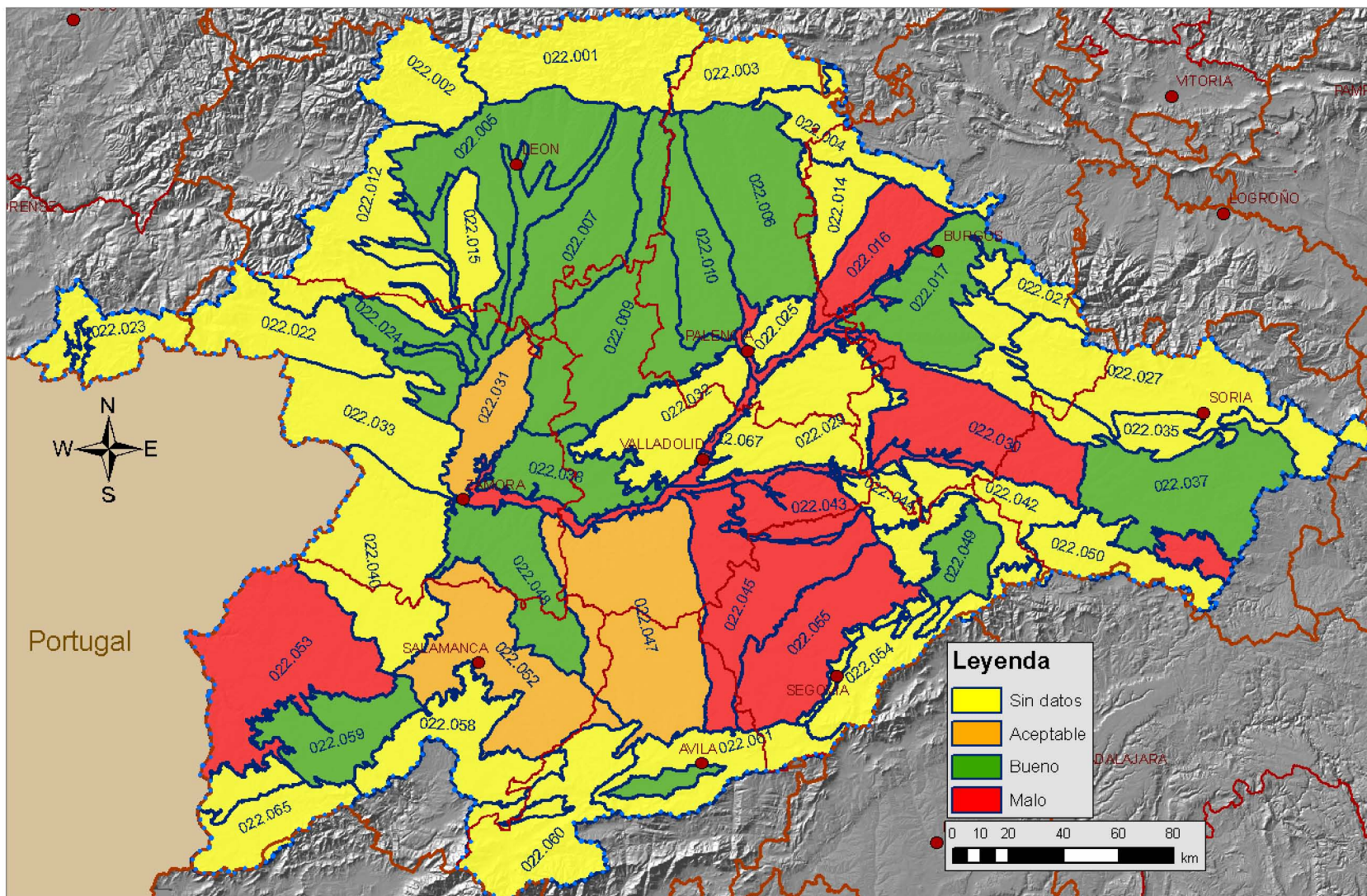


Figura 28. Clasificación de las Masas de Agua Subterránea en la DHD según Ic atendiendo a los datos de la Red Histórica de Calidad de las Aguas Subterráneas del IGME

Y en la tabla siguiente (tabla 10) se han reflejado los resultados numéricos de Ic obtenidos para cada parámetro en las MASb, indicando el valor máximo y la clasificación final. Se sombrea en gris las MASb en las que tal análisis no ha podido llevarse a cabo, por ausencia de información.

Masa de Agua Subterránea		Valores del Índice de Calidad (Ic)						Clasificación según Ic
Código	Nombre	Conductividad	Nitratos	Sulfatos	Magnesio	Sodio	Ic máximo	
022.001	GUARDO	-	-	-	-	-	-	-
022.002	LA POLA DE GORDON	-	-	-	-	-	-	-
022.003	CERVERA DE PISUERGA	-	-	-	-	-	-	-
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA	-	-	-	-	-	-	-
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA	0,07	0,02	0,01	0,04	0,01	0,07	Bueno
022.006	VALDAVIA	0,17	0,03	0,52	0,43	0,03	0,52	Bueno
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	0,08	0,04	0	0,24	0,01	0,24	Bueno
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	0,06	0,02	0,01	0,16	0,01	0,16	Bueno
022.009	TIERRA DE CAMPOS	0,13	0,06	0,05	0,24	0,15	0,24	Bueno
022.010	CARRION	0,17	0,28	0,07	0,59	0,08	0,59	Bueno
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	0,19	0,02	0,02	0,04	0,59	0,59	Bueno
022.012	LA MARAGATERIA	-	-	-	-	-	-	-
022.014	VILLADIEGO	-	-	-	-	-	-	-
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	-	-	-	-	-	-	-
022.016	CASTROJERIZ	2,71	0	5,44	0,6	7,22	7,22	Malo
022.017	BURGOS	0,18	0,57	0,14	0,41	0,06	0,57	Bueno
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	-	-	-	-	-	-	-
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	-	-	-	-	-	-	-
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	1,06	0,14	5,13	0,08	2,82	5,13	Malo
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA	-	-	-	-	-	-	-
022.022	SANABRIA	-	-	-	-	-	-	-
022.023	VILARDEVOS-LAZA	-	-	-	-	-	-	-
022.024	VALLE DEL TERA	0,03	0,04	0	0,06	0,04	0,06	Bueno
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO	-	-	-	-	-	-	-
022.027	SIERRA DE CAMEROS	-	-	-	-	-	-	-
022.028	VERIN	-	-	-	-	-	-	-
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	-	-	-	-	-	-	-
022.030	ARANDA DE DUERO	0,69	0,06	3,11	2,08	0,04	3,11	Malo
022.031	VILLAFAFILA	0,42	0,77	0,43	0,43	0,69	0,77	Aceptable
022.032	PARAMO DE TOROZOS	-	-	-	-	-	-	-
022.033	ALISTE	-	-	-	-	-	-	-

Masa de Agua Subterránea		Valores del Índice de Calidad (Ic)						Clasificación según Ic
Código	Nombre	Conductividad	Nitratos	Sulfatos	Magnesio	Sodio	Ic máximo	
022.034	ARAVIANA	-	-	-	-	-	-	-
022.035	CABREJAS-SORIA	-	-	-	-	-	-	-
022.036	MONCAYO	-	-	-	-	-	-	-
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	0,1	0,26	0,04	0,2	0,02	0,26	Bueno
022.038	TORDESILLAS	0,3	0,54	0,22	0,43	0,54	0,54	Bueno
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	0,45	0,1	0,31	0,04	1,47	1,47	Malo
022.040	SAYAGO	-	-	-	-	-	-	-
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	0,44	0,27	0,58	0,09	1,26	1,26	Malo
022.042	RIAZA	-	-	-	-	-	-	-
022.043	PARAMO DE CUELLAR	0,69	0,08	1,36	0,12	2,29	2,29	Malo
022.044	PARAMO DE CORCOS	-	-	-	-	-	-	-
022.045	LOS ARENALES	0,32	2,64	0,15	0,37	0,46	2,64	Malo
022.046	SEPULVEDA	-	-	-	-	-	-	-
022.047	MEDINA DEL CAMPO	0,22	0,82	0,12	0,21	0,34	0,82	Aceptable
022.048	TIERRA DEL VINO	0,18	0,24	0,03	0,54	0,07	0,54	Bueno
022.049	AYLLON	0,09	0,02	0,13	0,16	0,11	0,16	Bueno
022.050	ALMAZAN SUR	-	-	-	-	-	-	-
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	0,18	1,28	0,12	0,2	0,03	1,28	Malo
022.052	SALAMANCA	0,22	0,79	0,09	0,4	0,21	0,79	Aceptable
022.053	VITIGUDINO	0,34	-	0,42	-	1,09	1,09	Malo
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	-	-	-	-	-	-	-
022.055	CANTIMPALOS	0,26	2,51	0,15	0,44	0,12	2,51	Malo
022.056	PRADENA	-	-	-	-	-	-	-
022.057	SEGOVIA	-	-	-	-	-	-	-
022.058	CAMPO CHARRO	-	-	-	-	-	-	-
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	0,12	0,04	0,08	0,22	0,07	0,22	Bueno
022.060	GREDOS	-	-	-	-	-	-	-
022.061	SIERRA DE AVILA	-	-	-	-	-	-	-
022.063	CIUDAD RODRIGO	-	-	-	-	-	-	-
022.064	VALLE DE AMBLES	0,19	0,61	0,04	0,14	0,16	0,61	Bueno
022.065	LAS BATUECAS	-	-	-	-	-	-	-
022.066	VALDECORNEJA	-	-	-	-	-	-	-
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	0,96	0,07	1,91	0,73	1,69	1,91	Malo

Tabla 10. Índice de calidad en las Masas de Agua Subterránea de la DHD (serie histórica)

(Se remarcan las MASb donde no existen Redes de Control Hidroquímico)

5.2 ANÁLISIS ACTUAL

De la misma forma que se ha realizado el análisis históricos para las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero, se ha llevado a cabo el análisis actual de los puntos de control correspondientes a la Red histórica del IGME (periodo 1971-2001).

Se ha podido realizar análisis de tendencia actual y clasificación según el índice de calidad a 58 de las 64 MASb (90,6 % de las MASb) existentes en la Demarcación Hidrográfica del Duero. De forma resumida (figura 29):

- En 6 MASb no ha sido posible realizar el análisis por falta de puntos de control o medidas analíticas.
- 7 MASb (10,9 %) se clasifican con Ic malo (>1).
- 2 MASb (3,1 %) se clasifican con Ic Aceptable ($>0,75$ y ≤ 1).
- 49 MASb (76,3 %) se clasifican con Ic Bueno ($\leq 0,75$).
- 6 MASb (9,7 %) muestran Ic Malo por los Nitratos.
- 1 MASb (1,6 %) muestran Ic Malo por los Sulfatos.
- No existe ninguna MASb con Ic Malo para los parámetros Magnesio, Sodio y Conductividad.
- Hay 1 MASb en las que no ha sido posible analizar alguno de los parámetros (en cambio si el resto de parámetros), por lo cual, se ha clasificado la MASb de acuerdo con el resultado de su Ic, pero de forma incompleta.

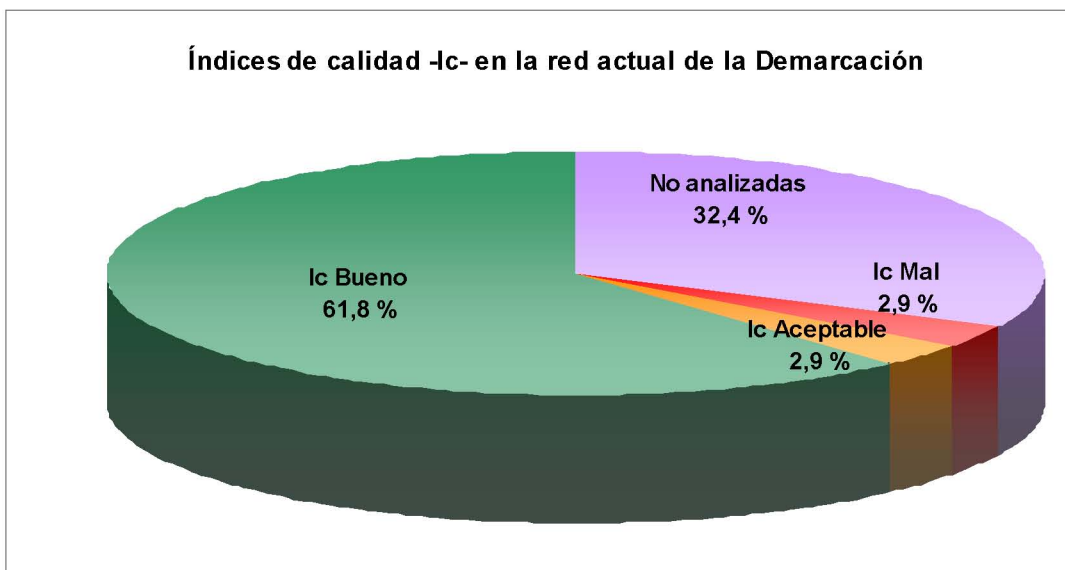


Figura 29. Resumen de Índices de calidad de la red actual

Los resultados estadísticos obtenidos son muy diferentes a los del análisis histórico aumentando considerablemente el número de MASb en las que es posible llevar a cabo el análisis. En este caso no es el Sodio el causante de la peor calidad de la mayoría de las MASb, sino los Nitratos (en 6 MASb). En cualquier caso predomina el Índice de Calidad bueno para la mayor parte de las MASb de la Demarcación (76,6%).

En la siguiente figura (figura 30) se muestran de forma gráfica los resultados del Ic para cada una de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero, indicando el parámetro en el que se ha obtenido el peor Ic.

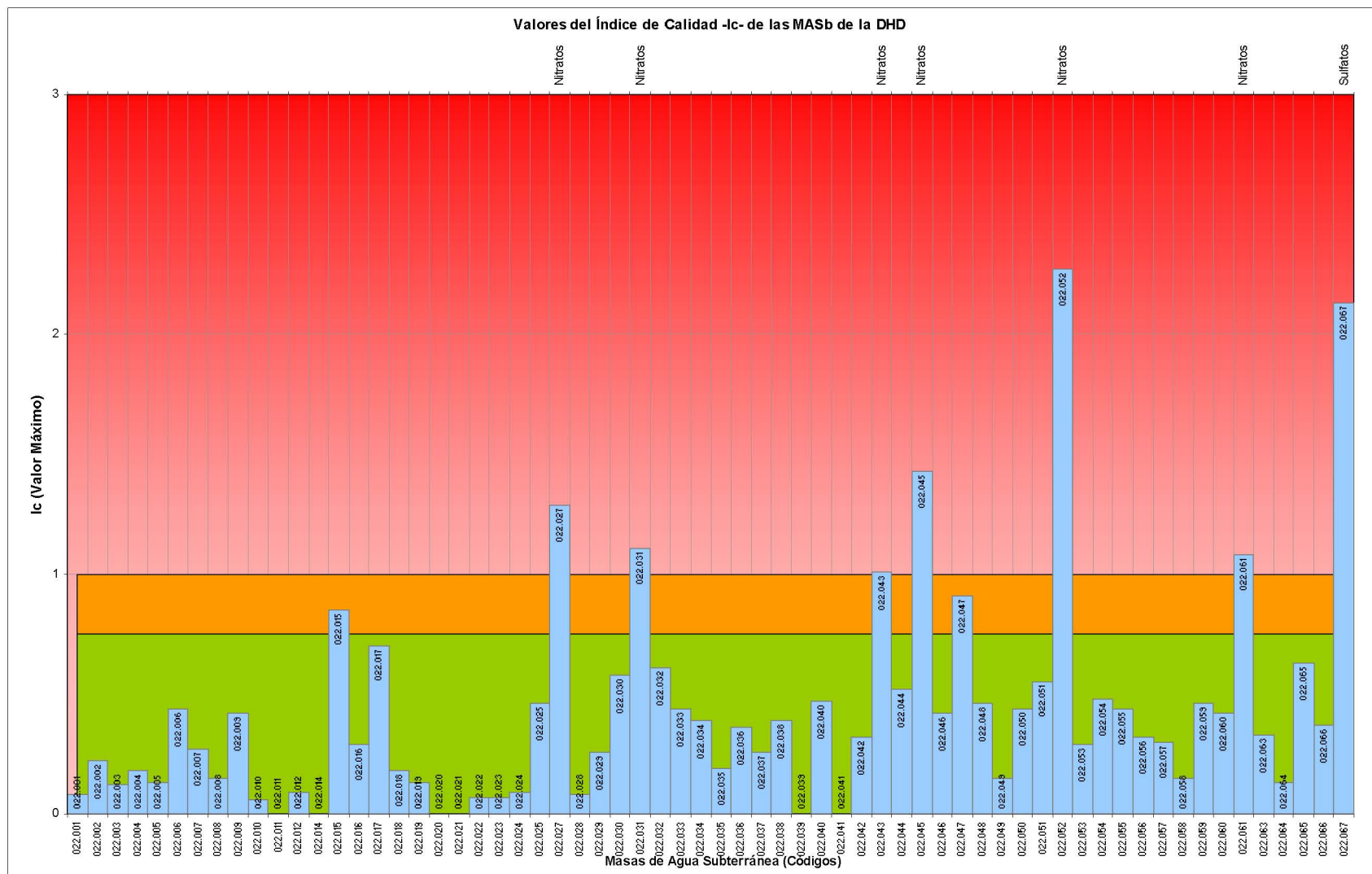


Figura 30. Datos de Ic calculados para el conjunto de las MASb de la DHD. Situación actual.

Como se puede observar en la figura anterior, hay 1 MASb que destacan por un elevado Ic debido a la presencia de nitratos. Se trata de la MASb 022.52 Salamanca con Ic 2,27.

En la siguiente figura (figura 31) se muestra el mapa de distribución de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Duero atendiendo a los resultados obtenidos en el Ic.

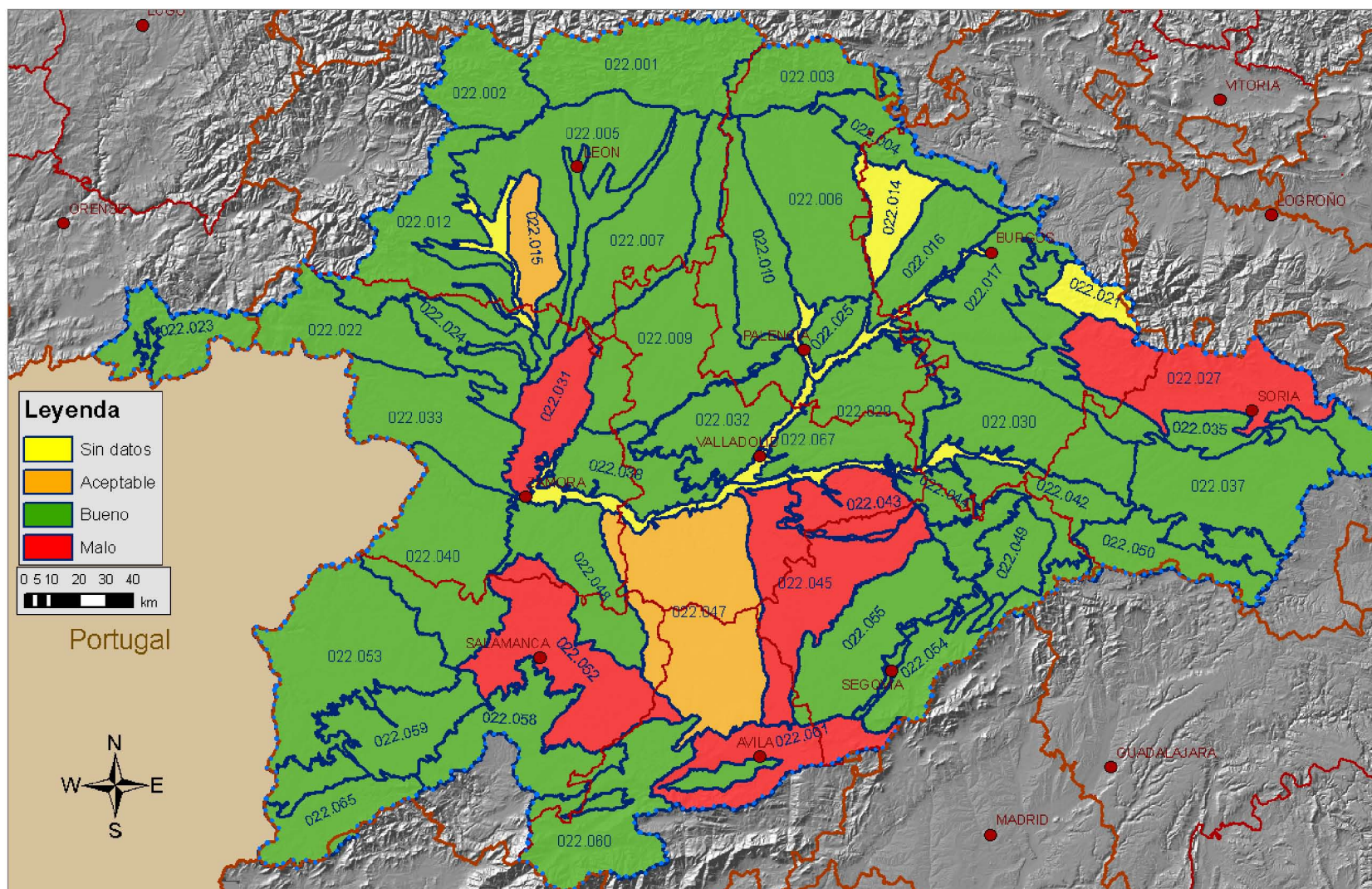


Figura 31. Clasificación de las Masas de Agua Subterránea en la DHD según Ic atendiendo a los datos de la Red Básica de Calidad de las Aguas Subterráneas del MARM

Y en la tabla siguiente (tabla 11) se han reflejado los resultados numéricos de Ic obtenidos para cada parámetro en las MASb, indicando el valor máximo y la clasificación final. Se sombrea en gris las MASb en las que tal análisis no ha podido llevarse a cabo, por ausencia de información.

Masa de Agua Subterránea		Valores del Índice de Calidad (Ic)						Clasificación según Ic
Código	Nombre	Conductividad	Nitratos	Sulfatos	Magnesio	Sodio	Ic máximo	
022.001	GUARDO	0,08	0,03	0,06	0,08	0,01	0,08	Bueno
022.002	LA POLA DE GORDON	0,06	0,06	0,11	0,22	0,03	0,22	Bueno
022.003	CERVERA DE PISUERGA	0,08	0,12	0,07	0,07	0,01	0,12	Bueno
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA	0,18	0,14	0,03	0,06	0,02	0,18	Bueno
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA	0,07	0,02	0,04	0,13	0,08	0,13	Bueno
022.006	VALDAVIA	0,2	0,16	0,28	0,44	0,04	0,44	Bueno
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	0,12	0,02	0,02	0,27	0,04	0,27	Bueno
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	0,05	0,01	-	0,15	0,01	0,15	Bueno
022.009	TIERRA DE CAMPOS	0,25	0,1	0,13	0,2	0,42	0,42	Bueno
022.010	CARRION	0,06	0,02	0	0,02	0	0,06	Bueno
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	-	-	-	-	-	-	-
022.012	LA MARAGATERIA	0,02	0,09	0,04	0,05	0,02	0,09	Bueno
022.014	VILLADIEGO	-	-	-	-	-	-	-
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	0,31	0,22	0,61	0,85	0,05	0,85	Aceptable
022.016	CASTROJERIZ	0,11	0,01	0,04	0,04	0,29	0,29	Bueno
022.017	BURGOS	0,24	0,02	0,7	0,34	0,09	0,7	Bueno
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	0,16	0,09	0,05	0,18	0,01	0,18	Bueno
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	0,11	0,1	0,11	0,13	0,02	0,13	Bueno
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	-	-	-	-	-	-	-
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA	-	-	-	-	-	-	-
022.022	SANABRIA	0,03	0,07	0,03	0,07	0,02	0,07	Bueno
022.023	VILARDEVOS-LAZA	0,07	0,04	0	0,05	0,01	0,07	Bueno
022.024	VALLE DEL TERA	0,07	0,07	0,01	0,09	0,05	0,09	Bueno
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO	0,16	0,26	0,06	0,46	0,11	0,46	Bueno
022.027	SIERRA DE CAMEROS	0,18	1,29	0,1	0,17	0,02	1,29	Malo
022.028	VERIN	0,08	0,08	0,01	0,05	0,04	0,08	Bueno
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	0,09	0,26	0,07	0,1	0,02	0,26	Bueno
022.030	ARANDA DE DUERO	0,3	0,13	0,58	0,57	0,02	0,58	Bueno
022.031	VILLAFAFILA	0,38	1,11	0,17	0,44	0,38	1,11	Malo
022.032	PARAMO DE TOROZOS	0,25	0,61	0,28	0,16	0,13	0,61	Bueno

Masa de Agua Subterránea		Valores del Índice de Calidad (Ic)						Clasificación según Ic
Código	Nombre	Conductividad	Nitratos	Sulfatos	Magnesio	Sodio	Ic máximo	
022.033	ALISTE	0,35	0,33	0,06	0,3	0,44	0,44	Bueno
022.034	ARAVIANA	0,25	0,27	0,39	0,27	0,02	0,39	Bueno
022.035	CABREJAS-SORIA	0,19	0,06	0,02	0,05	0,01	0,19	Bueno
022.036	MONCAYO	0,23	0,28	0,36	0,27	0,02	0,36	Bueno
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	0,23	0,12	0,26	0,22	0,04	0,26	Bueno
022.038	TORDESILLAS	0,22	0,39	0,08	0,26	0,28	0,39	Bueno
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	-	-	-	-	-	-	-
022.040	SAYAGO	0,21	0,35	0,07	0,47	0,1	0,47	Bueno
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	-	-	-	-	-	-	-
022.042	RIAZA	0,18	0,09	0,06	0,32	0,03	0,32	Bueno
022.043	PARAMO DE CUELLAR	0,13	1,01	0,1	0,42	0,05	1,01	Malo
022.044	PARAMO DE CORCOS	0,2	0,52	0,03	0,34	0,02	0,52	Bueno
022.045	LOS ARENALES	0,41	1,43	0,71	0,38	0,58	1,43	Malo
022.046	SEPULVEDA	0,16	0,2	0,01	0,42	0,01	0,42	Bueno
022.047	MEDINA DEL CAMPO	0,45	0,3	0,91	0,45	0,89	0,91	Aceptable
022.048	TIERRA DEL VINO	0,15	0,14	0,04	0,46	0,04	0,46	Bueno
022.049	AYLLON	0,08	0,08	0,02	0,05	0,15	0,15	Bueno
022.050	ALMAZAN SUR	0,24	0,29	0,23	0,44	0,02	0,44	Bueno
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	0,21	0,55	0,08	0,35	0,02	0,55	Bueno
022.052	SALAMANCA	0,32	2,27	0,12	0,42	0,2	2,27	Malo
022.053	VITIGUDINO	0,13	0,29	0,02	0,13	0,09	0,29	Bueno
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	0,16	0,01	0,04	0,48	0,04	0,48	Bueno
022.055	CANTIMPALOS	0,18	0,23	0,03	0,44	0,08	0,44	Bueno
022.056	PRADENA	0,16	0,04	0,01	0,32	0,01	0,32	Bueno
022.057	SEGOVIA	0,1	0,3	0,03	0,2	0,04	0,3	Bueno
022.058	CAMPO CHARRO	0,03	0,07	0,04	0,15	0,02	0,15	Bueno
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	0,16	0,46	0,05	0,44	0,08	0,46	Bueno
022.060	GREDOS	0,4	0,42	0,11	0,1	0,24	0,42	Bueno
022.061	SIERRA DE AVILA	0,31	1,08	0,12	0,72	0,17	1,08	Malo
022.063	CIUDAD RODRIGO	0,17	0,01	0,14	0,33	0,11	0,33	Bueno
022.064	VALLE DE AMBLES	0,12	0,11	0,08	0,13	0,07	0,13	Bueno
022.065	LAS BATUECAS	0,08	0,63	0,11	0,12	0,05	0,63	Bueno
022.066	VALDECORNEJA	0,2	0,27	0,04	0,07	0,37	0,37	Bueno
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	0,66	0,02	2,13	0,87	0,98	2,13	Malo

Tabla 11. Índice de calidad en las Masas de Agua Subterránea de la DHD (serie actual)

(Se remarcan las MASb donde no existen Redes de Control Hidroquímico)

Si se compara el análisis histórico y el actual, hay 24 MASb en las que tal comparativa es factible, se obtiene que:

- Hay 14 MASb que mejoran su clasificación de Ic, de las que:
 - Ninguna MASb mejoran el Ic a Aceptable
 - 5 MASb mejoran el Ic a Bueno
 - El resto (9 MASb) no cambian su clasificación
- Hay 10 MASb que empeoran su clasificación de Ic, de las que:
 - 2 MASb empeoran el Ic a Malo
 - Ninguna MASb empeoran el Ic a Aceptable
 - 8 MASb empeoran sin cambiar de clasificación
- El resto (1 MASb) no cambian su clasificación

La siguiente tabla y figura (tabla 12 y figura 32), se detallan los valores máximos de Ic obtenidos en cada serie y MASb, especificando la evolución registrada:

Masa de Agua Subterránea		Serie histórica		Serie Actual		Evolución de la clasificación del Ic	
Código	Nombre	Ic máximo	Clasificación según Ic	Ic máximo	Clasificación según Ic		
022.001	GUARDO	-	-	0,08	Bueno		
022.002	LA POLA DE GORDON	-	-	0,22	Bueno		
022.003	CERVERA DE PISUERGA	-	-	0,12	Bueno		
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA	-	-	0,18	Bueno		
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA	0,07	Bueno	0,13	Bueno	↑	Se mantiene como Bueno
022.006	VALDAVIA	0,52	Bueno	0,44	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	0,24	Bueno	0,27	Bueno	↑	Se mantiene como Bueno
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	0,16	Bueno	0,15	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.009	TIERRA DE CAMPOS	0,24	Bueno	0,42	Bueno	↑	Se mantiene como Bueno
022.010	CARRION	0,59	Bueno	0,06	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	0,59	Bueno	-	-		
022.012	LA MARAGATERIA	-	-	0,09	Bueno		
022.014	VILLADIEGO	-	-	-	-		
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	-	-	0,85	Aceptable		

Masa de Agua Subterránea		Serie histórica		Serie Actual		Evolución de la clasificación del Ic	
Código	Nombre	Ic máximo	Clasificación según Ic	Ic máximo	Clasificación según Ic		
022.016	CASTROJERIZ	7,22	Malo	0,29	Bueno	↓	Ic mejora a Bueno
022.017	BURGOS	0,57	Bueno	0,7	Bueno	↑	Se mantiene como Bueno
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	-	-	0,18	Bueno		
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	-	-	0,13	Bueno		
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	5,13	Malo	-	-		
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA	-	-	-	-		
022.022	SANABRIA	-	-	0,07	Bueno		
022.023	VILARDEVOS-LAZA	-	-	0,07	Bueno		
022.024	VALLE DEL TERA	0,06	Bueno	0,09	Bueno	↑	Se mantiene como Bueno
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO	-	-	0,46	Bueno		
022.027	SIERRA DE CAMEROS	-	-	1,29	Malo		
022.028	VERIN	-	-	0,08	Bueno		
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	-	-	0,26	Bueno		
022.030	ARANDA DE DUERO	3,11	Malo	0,58	Bueno	↓	Ic mejora a Bueno
022.031	VILLAFAFILA	0,77	Aceptable	1,11	Malo	↑	Ic empeora a Malo
022.032	PARAMO DE TOROZOS	-	-	0,61	Bueno		
022.033	ALISTE	-	-	0,44	Bueno		
022.034	ARAVIANA	-	-	0,39	Bueno		
022.035	CABREJAS-SORIA	-	-	0,19	Bueno		
022.036	MONCAYO	-	-	0,36	Bueno		
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	0,26	Bueno	0,26	Bueno	-	
022.038	TORDESILLAS	0,54	Bueno	0,39	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	1,47	Malo	-	-		
022.040	SAYAGO	-	-	0,47	Bueno		
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	1,26	Malo	-	-		
022.042	RIAZA	-	-	0,32	Bueno		
022.043	PARAMO DE CUELLAR	2,29	Malo	1,01	Malo	↓	Se mantiene como Malo
022.044	PARAMO DE CORCOS	-	-	0,52	Bueno		
022.045	LOS ARENALES	2,64	Malo	1,43	Malo	↓	Se mantiene como Malo
022.046	SEPULVEDA	-	-	0,42	Bueno		
022.047	MEDINA DEL CAMPO	0,82	Aceptable	0,91	Aceptable	↑	Se mantiene como Aceptable
022.048	TIERRA DEL VINO	0,54	Bueno	0,46	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.049	AYLLON	0,16	Bueno	0,15	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.050	ALMAZAN SUR	-	-	0,44	Bueno		
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	1,28	Malo	0,55	Bueno	↓	Ic mejora a Bueno
022.052	SALAMANCA	0,79	Aceptable	2,27	Malo	↑	Ic empeora a Malo
022.053	VITIGUDINO	1,09	Malo	0,29	Bueno	↓	Ic mejora a Bueno

Masa de Agua Subterránea		Serie histórica		Serie Actual		Evolución de la clasificación del Ic	
Código	Nombre	Ic máximo	Clasificación según Ic	Ic máximo	Clasificación según Ic		
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	-	-	0,48	Bueno		
022.055	CANTIMPALOS	2,51	Malo	0,44	Bueno	↓	Ic mejora a Bueno
022.056	PRADENA	-	-	0,32	Bueno		
022.057	SEGOVIA	-	-	0,3	Bueno		
022.058	CAMPO CHARRO	-	-	0,15	Bueno		
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	0,22	Bueno	0,46	Bueno	↑	Se mantiene como Bueno
022.060	GREDOS	-	-	0,42	Bueno		
022.061	SIERRA DE AVILA	-	-	1,08	Malo		
022.063	CIUDAD RODRIGO	-	-	0,33	Bueno		
022.064	VALLE DE AMBLES	0,61	Bueno	0,13	Bueno	↓	Se mantiene como Bueno
022.065	LAS BATUECAS	-	-	0,63	Bueno		
022.066	VALDECORNEJA	-	-	0,37	Bueno		
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	1,91	Malo	2,13	Malo	↑	Se mantiene como Malo

Tabla 12. Evolución comparada del Ic entre la serie histórica y la serie actual

(Se remarcan las MASb donde no existen Redes de Control Hidroquímico)

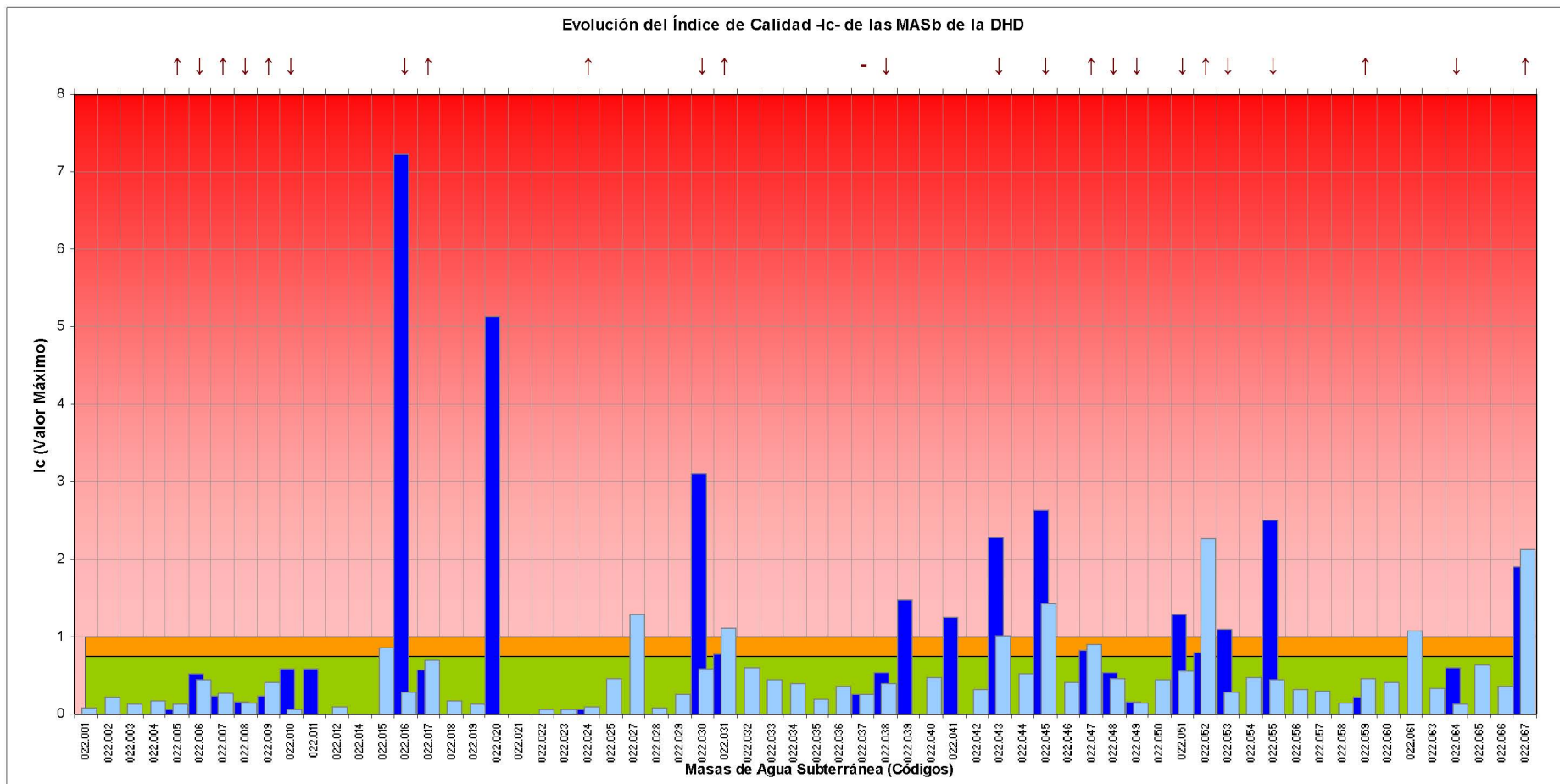


Figura 32. Datos de Ic calculados para el conjunto de las MASb de la DHD. Comparativa de la serie histórica (azul oscuro) y serie actual (azul claro).

En las siguientes figuras, se muestra de forma gráfica dos situaciones diferentes:

- En la figura 33 se presentan las MASb cuya clasificación de Ic no ha variado entre la serie histórica y actual.
- En la figura 34 se presentan las MASb cuya clasificación de Ic ha variado entre la serie histórica y actual.

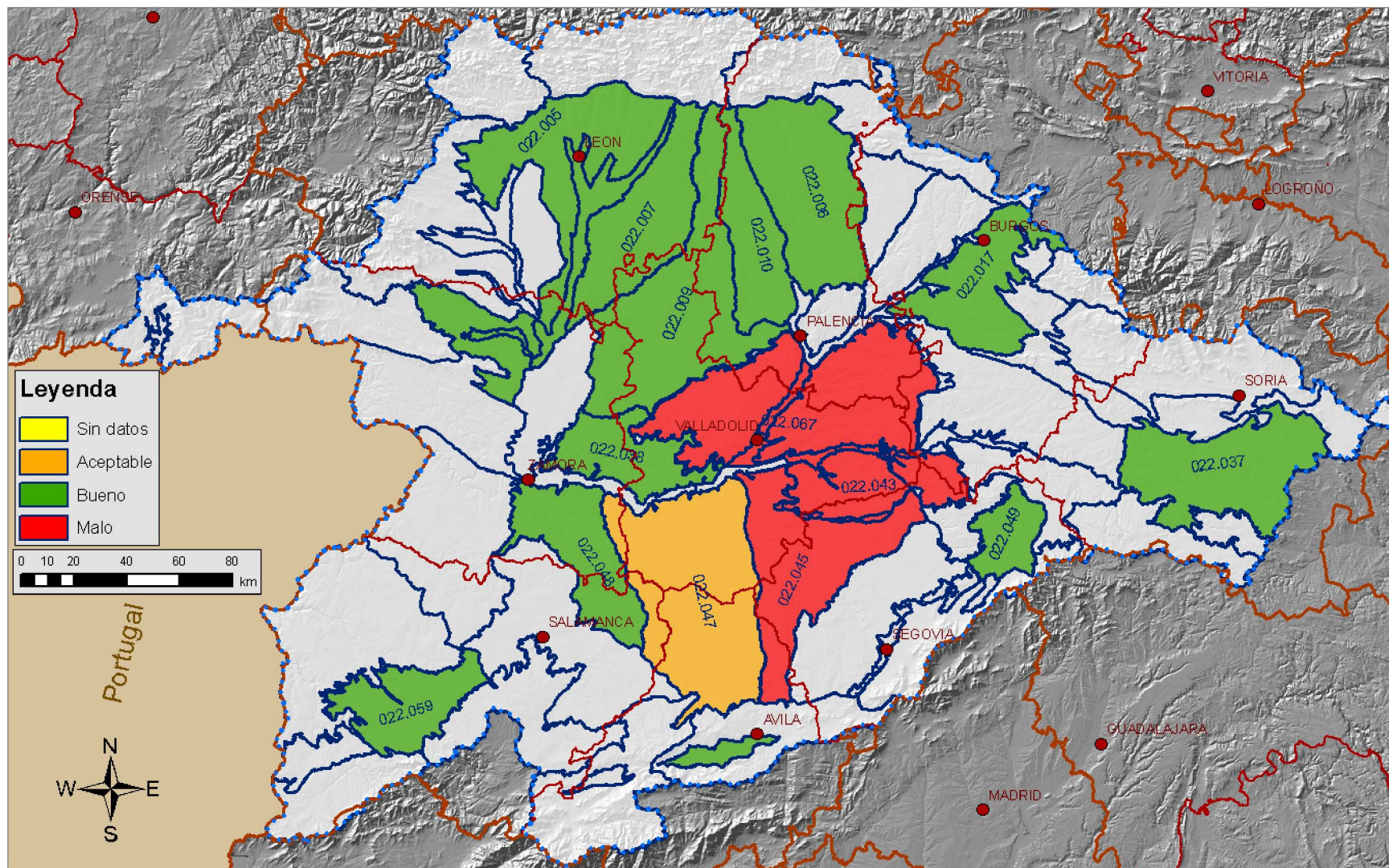


Figura 33. MASb cuya clasificación de Ic no ha variado entre la serie histórica y la serie actual

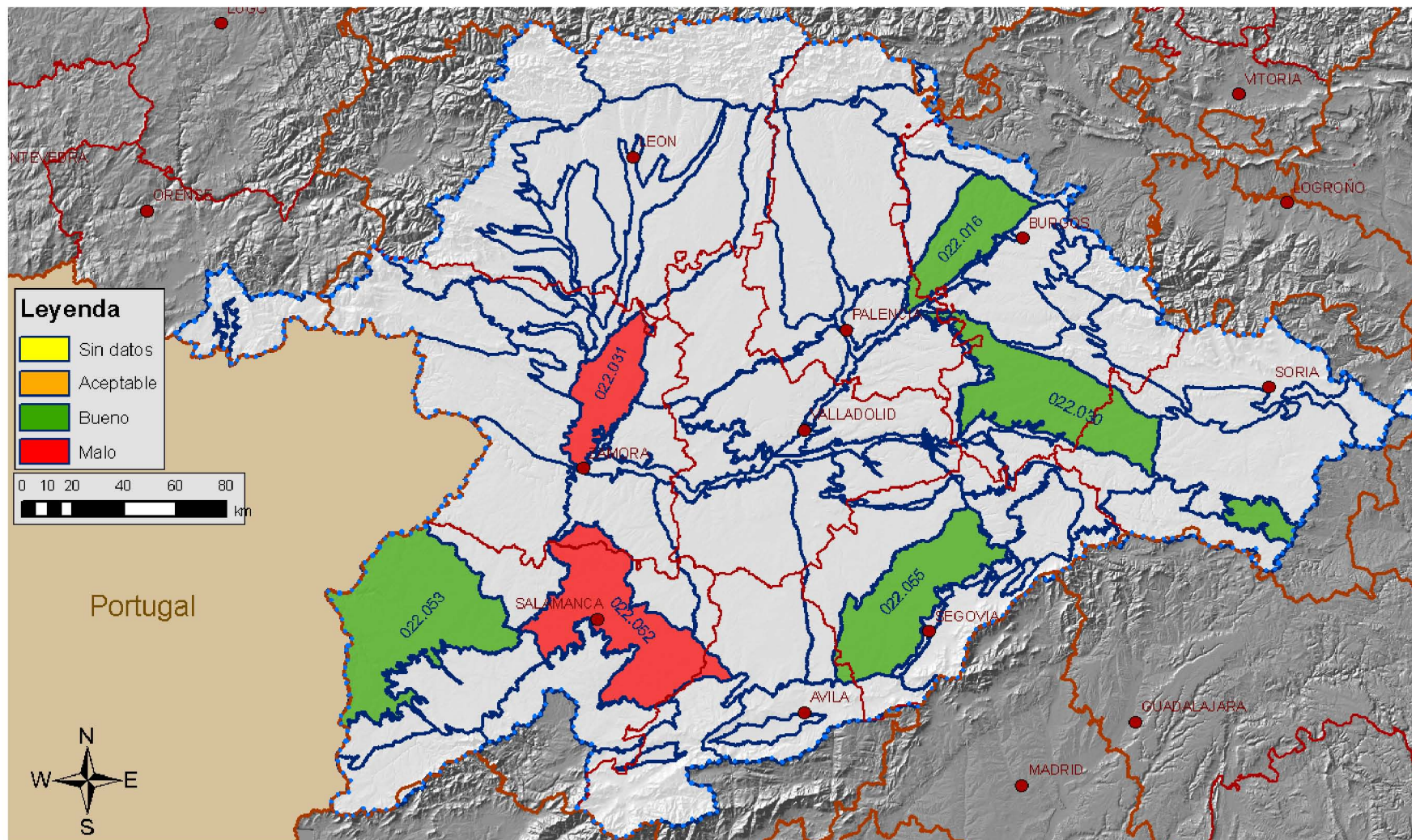


Figura 34. MASb cuya clasificación de Ic ha variado entre la serie histórica y la serie actual

5.3 CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

Partiendo de los datos fijados para el Índice de Calidad (*Ic*) de las aguas subterráneas, definido en referencia a los umbrales de potabilidad de ciertos parámetros físico-químicos básicos (Conductividad, Nitratos, Sulfatos, Sodio y Magnesio), se ha evaluado la calidad de los recursos hídricos subterráneos asociados a las MASb de la DHD para su utilización en situaciones de sequía, considerando que si verifica una aptitud para dotar abastecimiento urbano, pueden ser empleadas en la resolución de problemas de escasez de recursos en otro tipo de demandas (agrícola o industrial).

Esla – Vaderaduey – Órbigo - Tera

En el Sistema de Explotación 01 – Esla – Vaderaduey – Órbigo – Tera el *Ic* no ha podido ser analizado en la MASb de Aluvial del Órbigo. El *Ic* analizado en general, es bueno a excepción de las siguientes MASb, Villafáfila (posee *Ic* malo por los nitratos) y Raña de Órbigo (posee *Ic* aceptable). Los resultados obtenidos se muestran a continuación (figura 35 y tabla 13).

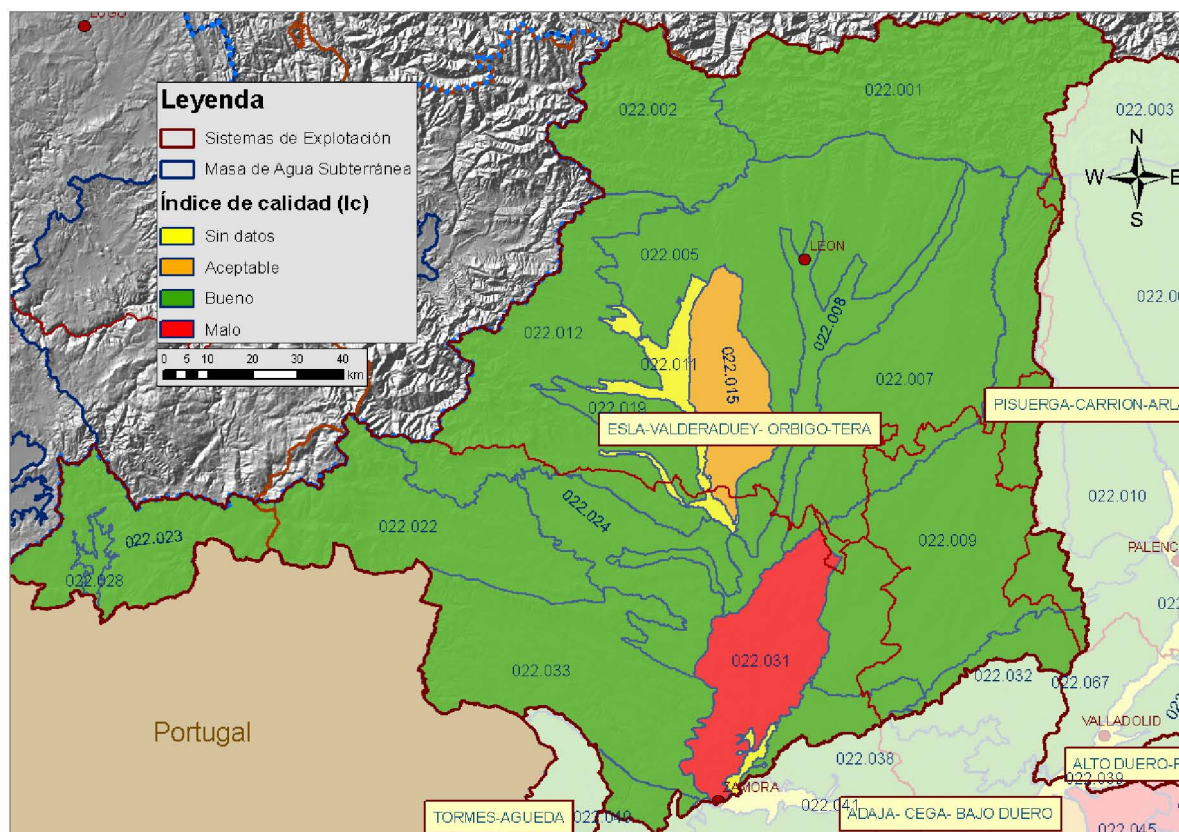


Figura 35. *Ic* de calidad del Sistema de Explotación Esla – Vaderaduey – Órbigo - Tera

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
					Serie histórica	Serie Actual
1 - ESLA-VALDERADUEY-ORBIGO-TERA						
Masas de Agua Subterránea						
022.001	GUARDO	100,0 %	192,44	192,44		Bueno
022.002	LA POLA DE GORDON	100,0 %	101,88	101,88		Bueno
022.005	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA	100,0 %	246,53	246,53	Bueno	Bueno
022.007	TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA	100,0 %	95,67	95,67	Bueno	Bueno
022.008	ALUVIAL DEL ESLA	100,0 %	97,95	97,95	Bueno	Bueno
022.009	TIERRA DE CAMPOS	100,0 %	71,55	71,55	Bueno	Bueno
022.011	ALUVIAL DEL ORBIGO	100,0 %	32,24	32,24	Bueno	
022.012	LA MARAGATERIA	100,0 %	131,77	131,77		Bueno
022.015	RAÑA DEL ORBIGO	100,0 %	122,78	122,78		Aceptable
022.019	RAÑA DE LA BAÑEZA	100,0 %	6,72	6,72		Bueno
022.022	SANABRIA	100,0 %	61,00	61,00		Bueno
022.023	VILARDEVOS-LAZA	100,0 %	40,07	40,07		Bueno
022.024	VALLE DEL TERA	100,0 %	37,32	37,32	Bueno	Bueno
022.028	VERIN	100,0 %	6,02	6,02		Bueno
022.031	VILLAFAFILA	100,0 %	17,93	17,93	Aceptable	Malo (Nitratos)
022.033	ALISTE	100,0 %	10,10	10,10		Bueno
022.038	TORDESILLAS	26,2 %	0,00	0,00	Bueno	Bueno
17 masas			Suma (hm³/a)	1271,97		

Tabla 13. Sistema de Explotación Salado de Morón: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Pisuerga – Carrión - Arlanza

En el Sistema de Explotación 02 – Pisuerga – Carrión – Arlanza el Ic no ha podido ser analizado en las MASb de Villadiego, Aluviales del Pisuerga – Alarzón y Sierra de la Demanda. El Ic analizado en general, es bueno, salvo para las MASb Sierra de Cameros (por los nitratos) y Terciario detrítico confinado de los Páramos (por los sulfatos). Los resultados obtenidos se muestran a continuación (figura 36 y tabla 14).

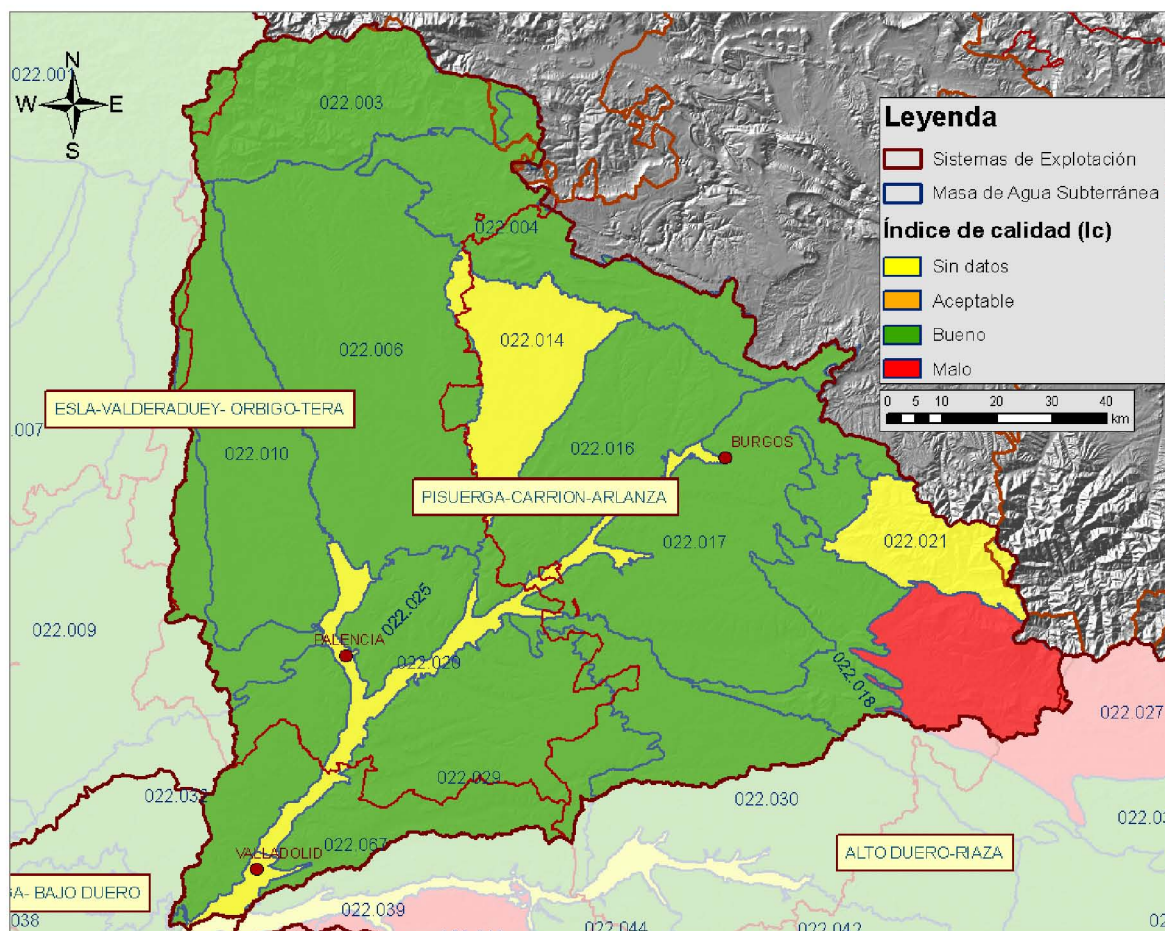


Figura 36. Ic de calidad del Sistema de Explotación Pisuerga – Carrión - Arlanza

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm³/a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm³/a)	Índice de calidad (Ic)	
2 - PISUERGA-CARRION-ARLANZA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.003	CERVERA DE PISUERGA	100,0 %	148,62	148,62		Bueno
022.004	QUINTANILLA-PEÑAHORADADA	100,0 %	78,71	78,71		Bueno

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
2 - PISUERGA-CARRION-ARLANZA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.006	VALDAVIA	100,0 %	156,11	156,11	Bueno	Bueno
022.010	CARRION	100,0 %	81,02	81,02	Bueno	Bueno
022.014	VILLADIEGO	100,0 %	20,78	20,78		
022.016	CASTROJERIZ	100,0 %	62,15	62,15	Malo (Sulfatos,Sodio, Conductividad)	Bueno
022.017	BURGOS	100,0 %	129,05	129,05	Bueno	Bueno
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	63,9 %	45,17	28,86		Bueno
022.020	ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON	100,0 %	31,39	31,39	Malo (Sulfatos,Sodio, Conductividad)	
022.021	SIERRA DE LA DEMANDA	100,0 %	23,29	23,29		
022.025	PARAMO DE ASTUDILLO	100,0 %	8,63	8,63		Bueno
022.027	SIERRA DE CAMEROS	30,8 %	158,53	48,83		Malo (Nitratos)
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	78,8 %	57,35	45,19		Bueno
022.030	ARANDA DE DUERO	31,1 %	141,40	43,98	Malo (Sulfatos,Magnesio)	Bueno
022.032	PARAMO DE TOROZOS	54,0 %	31,98	17,27		Bueno
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	61,5 %	19,87	12,22	Malo (Sulfatos,Sodio)	Malo (Sulfatos)
16 masas			Suma (hm³/a)	936,10		

Tabla 14. Sistema de Explotación Pisuerga – Carrión – Arlanza: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Alto Duero - Riaza

En el **Sistema de Explotación 03 – Alto Duero –Riaza** el Ic no ha podido ser analizado en la MASb de Aluvial del Duero Aranda – Tordesillas. El Ic analizado en general, es bueno, salvo para las MASb que poseen Ic malo Sierra de Cameros (por los nitratos), Páramo de Cuellar (por los nitratos) y Terciario detrítico confinado de los Páramos (por los sulfatos). Los resultados obtenidos se muestran a continuación (figura 37 y tabla 15).

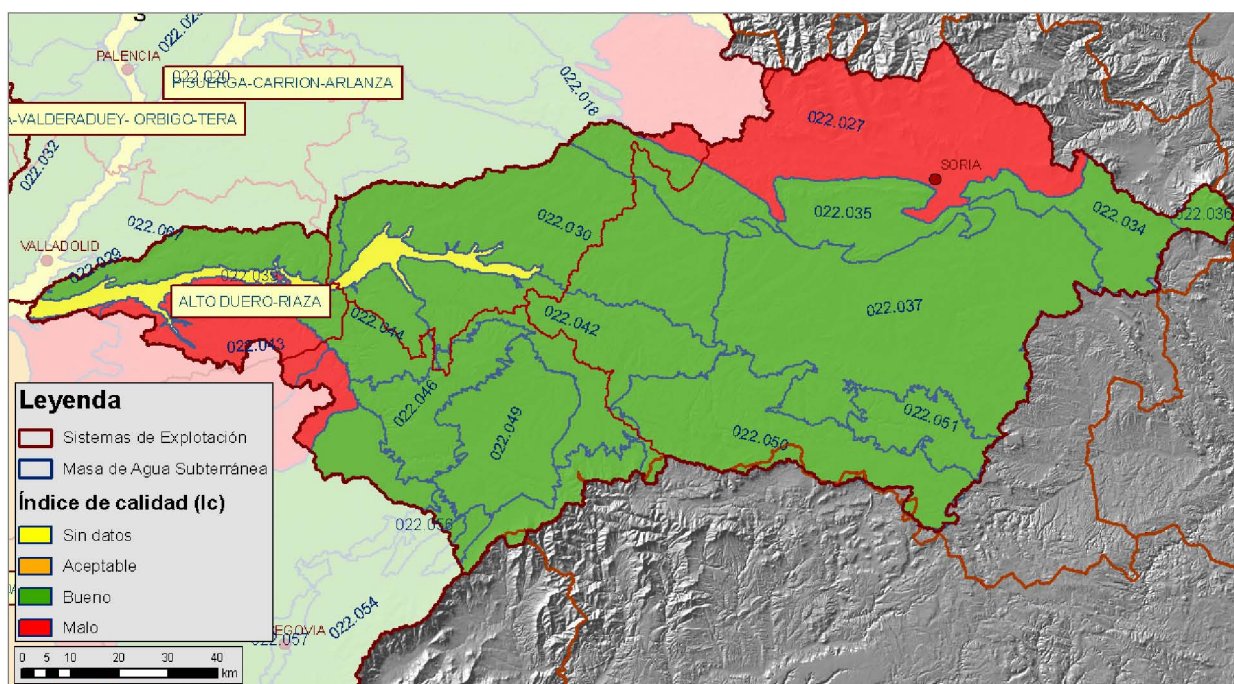


Figura 37. Ic de calidad del Sistema de Explotación Alto Duero – Rianza

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
3 - ALTO DUERO-RIAZA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.018	ARLANZON-RIO LOBOS	36,1 %	45,17	16,31		Bueno
022.027	SIERRA DE CAMEROS	69,2 %	158,53	109,70		Malo (Nitratos)
022.029	PARAMO DE ESGUEVA	21,2 %	57,35	12,16		Bueno
022.030	ARANDA DE DUERO	68,9 %	141,40	97,42	Malo (Sulfatos,Magnesio)	Bueno
022.034	ARAVIANA	100,0 %	9,52	9,52		Bueno
022.035	CABREJAS-SORIA	100,0 %	34,06	34,06		Bueno
022.036	MONCAYO	100,0 %	9,72	9,72		Bueno
022.037	CUENCA DE ALMAZAN	100,0 %	112,19	112,19	Bueno	Bueno
022.039	ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS	100,0 %	36,62	36,62	Malo (Sodio)	
022.042	RIAZA	100,0 %	44,56	44,56		Bueno
022.043	PARAMO DE CUELLAR	51,8 %	22,48	11,64	Malo (Sulfatos,Sodio)	Malo (Nitratos)

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
					3 - ALTO DUERO-RIAZA	
Masas de Agua Subterránea					Serie histórica	Serie Actual
022.044	PARAMO DE CORCOS	100,0 %	16,92	16,92		Bueno
022.046	SEPULVEDA	100,0 %	34,77	34,77		Bueno
022.049	AYLLON	100,0 %	46,22	46,22	Bueno	Bueno
022.050	ALMAZAN SUR	100,0 %	30,55	30,55		Bueno
022.051	PARAMO DE ESCALOTE	100,0 %	9,73	9,73	Malo (Nitratos)	Bueno
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	23,5 %	18,59	4,37		Bueno
022.056	PRADENA	35,1 %	10,14	3,56		Bueno
022.067	TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS	38,5 %	19,87	7,65	Malo (Sulfatos,Sodio)	Malo (Sulfatos)
19 masas			Suma (hm³/a)	647,67		

Tabla 15. Sistema de Explotación Alto Duero – Riaza: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Adaja – Cega – Bajo Duero

En el **Sistema de Explotación 04 – Adaja – Cega – Bajo Duero** el Ic no ha podido ser analizado en la MASb de Aluvial del Duero Aranda – Tordesillas - Zamora. El Ic analizado en general, es bueno, salvo para las MASb que poseen Ic malo: Páramo de Cuellar (por los nitratos), Los Arenales (por los nitratos) y Sierra de Ávila (por los nitratos) y para la MASb con Ic aceptable Medina del Campo. Los resultados obtenidos se muestran a continuación (figura 39 y tabla 16).

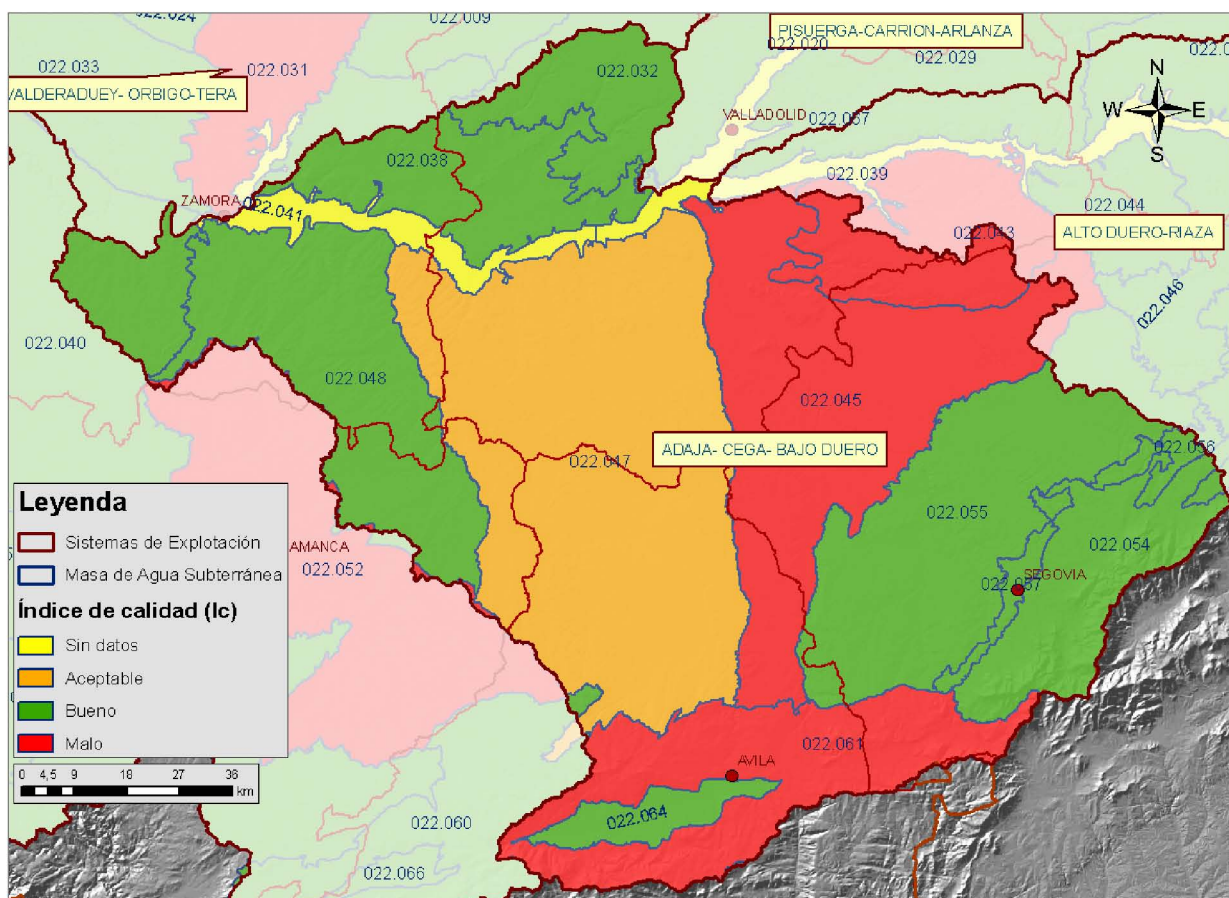


Figura 38. Ic de calidad del Sistema de Explotación de Adaja – Cega – Bajo Duero

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm³/a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm³/a)	Índice de calidad (Ic)	
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.032	PARAMO DE TOROZOS	46,0 %	31,98	14,71		Bueno
022.038	TORDESILLAS	73,8 %	0,00	0,00	Bueno	Bueno
022.041	ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA	100,0 %	26,78	26,78	Malo (Sodio)	
022.043	PARAMO DE CUELLAR	48,2 %	22,48	10,84	Malo (Sulfatos,Sodio)	Malo (Nitratos)
022.045	LOS ARENALES	100,0 %	8,08	8,08	Malo (Nitratos)	Malo (Nitratos)
022.047	MEDINA DEL CAMPO	100,0 %	0,00	0,00	Aceptable	Aceptable
022.048	TIERRA DEL VINO	100,0 %	0,00	0,00	Bueno	Bueno

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.054	GUADARRAMA-SOMOSIERRA	76,5 %	18,59	14,22		Bueno
022.055	CANTIMPALOS	100,0 %	15,83	15,83	Malo (Nitratos)	Bueno
022.056	PRADENA	64,9 %	10,14	6,58		Bueno
022.057	SEGOVIA	100,0 %	4,46	4,46		Bueno
022.061	SIERRA DE AVILA	100,0 %	15,92	15,92		Malo (Nitratos)
022.064	VALLE DE AMBLES	100,0 %	11,65	11,65	Bueno	Bueno
13 masas			Suma (hm³/a)	129,07		

Tabla 16. Sistema de Explotación Adaja – Cega – Bajo Duero: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Tormes - Águeda

En el **Sistema de Explotación 05 – Tormes – Águeda** el Ic calculado en general es bueno, pudiendo distinguir 1 MASb con Ic malo por los nitratos, Salamanca. Los resultados se muestran a continuación (figura 39 y tabla 17).

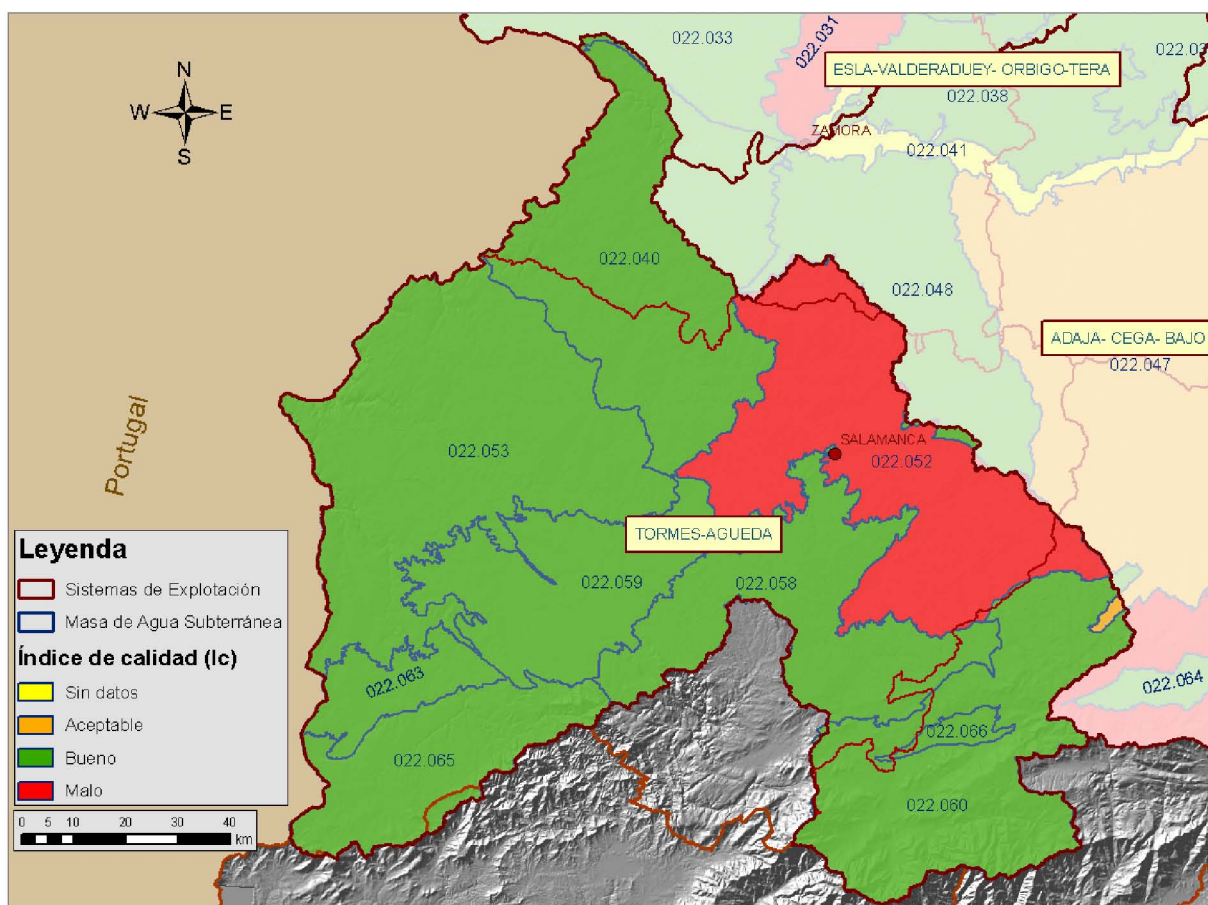


Figura 39. Ic de calidad del Sistema de Explotación de Tormes – Águeda

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
5 - TORMES-AGUEDA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.040	SAYAGO	100,0 %	13,50	13,50		Bueno
022.052	SALAMANCA	100,0 %	28,27	28,27	Aceptable	Malo (Nitratos)
022.053	VITIGUDINO	100,0 %	11,20	11,20	Malo (Sodio)	Bueno
022.058	CAMPO CHARRO	100,0 %	13,30	13,30		Bueno
022.059	LA FUENTE DE SAN ESTEBAN	100,0 %	39,04	39,04	Bueno	Bueno
022.060	GREDOS	100,0 %	39,77	39,77		Bueno
022.063	CIUDAD RODRIGO	100,0 %	21,26	21,26		Bueno

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
5 - TORMES-AGUEDA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
022.065	LAS BATUECAS	100,0 %	10,96	10,96		Bueno
022.066	VALDECORNEJA	100,0 %	4,78	4,78		Bueno
9 masas			Suma (hm³/a)	182,08		

Tabla 17. Sistema de Explotación Tormes - Águeda: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

6. ZONAS SENSIBLES ANTE LA EXPLOTACIÓN INTENSIVA

Para el análisis de zonas sensibles se han tenido en cuenta, fundamentalmente, las figuras de protección existentes en la Demarcación Hidrográfica del Duero, agrupadas por Sistemas de Explotación.

Los resultados óptimos se obtendrían mediante un análisis de aquellas zonas que muestran dependencia directa o indirecta de las aguas subterráneas, pero por desgracia, se dispone parcialmente de tal información. En los PES existentes, se analiza la vulnerabilidad de las zonas de alto valor ambiental frente a situaciones de sequía, pero no se determina la dependencia de las mismas de las aguas subterráneas. De forma resumida, en una situación de sequía, se deben analizar las siguientes zonas:

- Lugares de Interés Comunitario (LIC) y Zonas de Especial Protección para la Aves (ZEPA), que conformarán la futura red Natura 2000.
- Humedales Ramsar, ya que presentan ecosistemas acuáticos de alto valor y una importante vinculación al medio hídrico.
- Masas de agua tipo ríos muy modificados, en concreto los embalses, ya que pueden sufrir los efectos de una situación de la sequía por la reducción de las aportaciones, produciéndose una disminución del volumen almacenado y por lo tanto modificación de la calidad de las aguas embalsadas, surgiendo problemas como la eutrofización y consecuentemente daños en los ecosistemas existentes.
- Masas de agua superficial categoría lagos definidos según los criterios de la DMA.

En todas estas zonas, debería de existir un análisis de la vinculación a las aguas subterráneas. Únicamente se ha dispuesto de los resultados obtenidos en la actividad 4 (*Identificación y caracterización de la interrelación entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico*) incluida en los trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas, dentro del acuerdo para la Encomienda de Gestión por el Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua), al Instituto

Geológico y Minero de España (IGME) del Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas (BOE núm. 267, ce 07.11.2007).

Aparte de las zonas citadas, se han considerado otras figuras de protección, como son los Espacios Naturales Protegidos (Parques, Reservas, etc.) y las Reservas de la Biosfera.

La siguiente figura (figura 40) sintetiza las zonas con figuras de protección en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Duero:

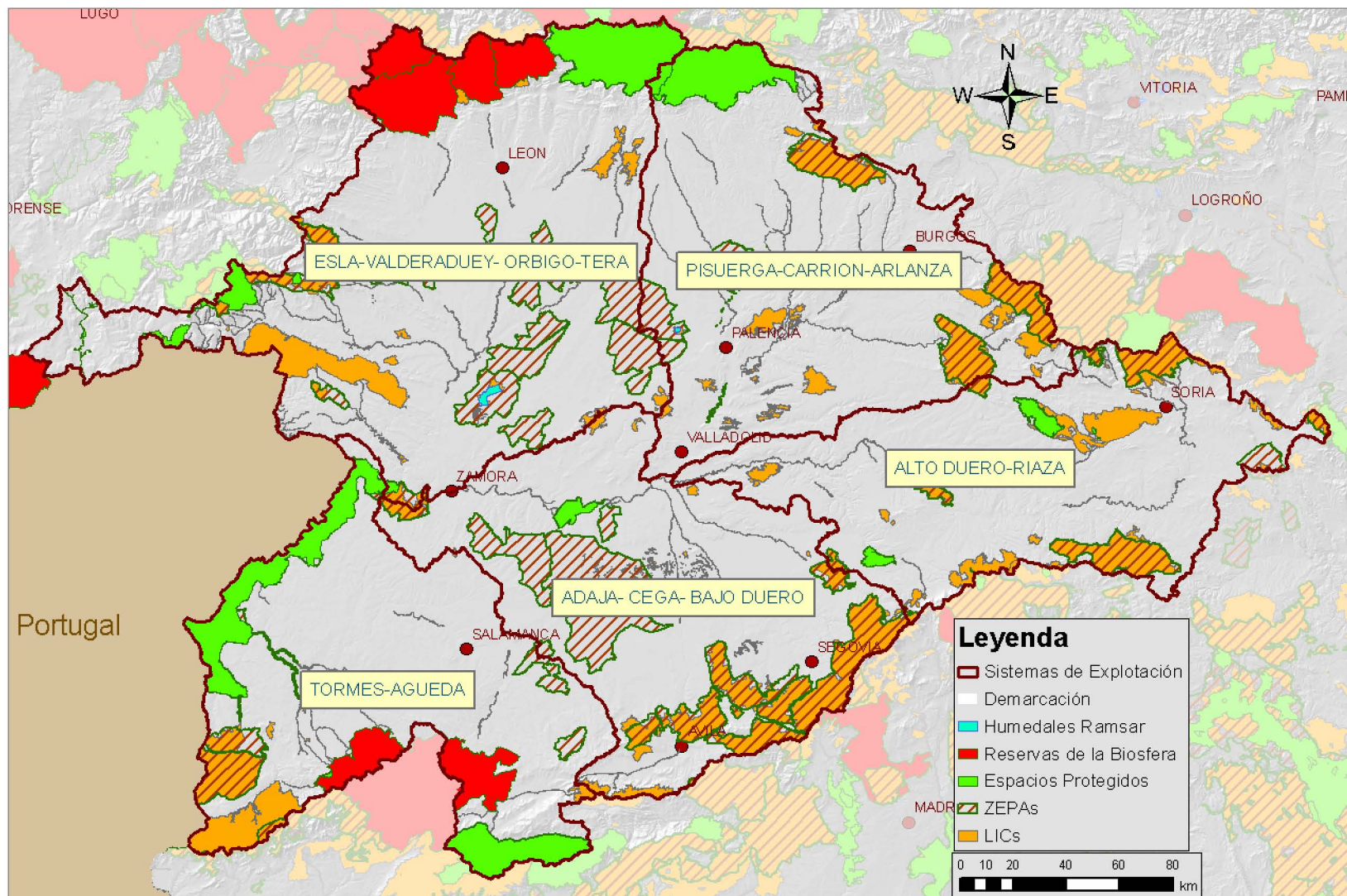


Figura 40. Figuras de Protección en la Demarcación Hidrográfica del Duero

Se describen a continuación las figuras de protección por sistema de explotación. Dado que la delimitación de las diferentes zonas protegidas suele presentar superposiciones, se muestran las mismas mediante diferentes tramas de colores, para una mejor visualización. Además, debido a la utilización de coberturas procedentes de diferentes fuentes, se detectan imprecisiones en las delimitaciones que generan la aparición de pequeñas superficies o entidades, generalmente en zonas limítrofes. Se ha intentado depurar tales imprecisiones en la medida de lo posible, puesto que hay que tener en cuenta que algunas zonas protegidas tienen un tamaño mínimo en la realidad.

Por otro lado, se remarcan en el caso de LICs y ZEPAs, aquellas zonas en las que se ha detectado vinculación con aguas subterráneas en el ámbito de la actividad 4 citada anteriormente.

Esla – Valderaduey - Órbigo – Tera

Las zonas protegidas situadas en el **Sistema de Explotación 01 – Esla – Valderaduey - Órbigo – Tera** son las siguientes (tabla 18 y figura 41):

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
022.001 (GUARDO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	LIEBANA (ES1300001)	0
		VALGRANDE (ES1200046)	2
		PONGA AMIEVA (ES1200009)	4
		FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	7
		REDES (ES1200008)	33
		VALLE DE SAN EMILIANO (ES4130035)	49
		ALLER-LENA (ES1200037)	50
		PICOS DE EUROPA (ES0000003)	898
		HOCES DE VEGACERVERA (ES4130037)	5.317
		MONTAÑA CENTRAL DE LEÓN (ES4130050)	30.781
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	95.407
	PARQUE NACIONAL	PICOS DE EUROPA (E1210457)	898

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	PARQUE NATURAL	PONGA	3
		FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA	7
		REDES (E1211247)	35
	PARQUE REGIONAL	PICOS DE EUROPA (E4132603)	95.405
	RESERVA DE LA BIOSFERA	REDES	35
		LOS VALLES DE OMAÑA Y LUNA	49
		PICOS DE EUROPA, GRAN CANTABRIA	898
		ALTO BERNESGA	32.810
		ARGÜELLOS	33.077
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LIÉBANA (ES0000198)	2
		PONGA AMIEVA (ES0000316)	4
		FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	7
		REDES (ES1200008)	34
		VALLE DE SAN EMILIANO (ES4130035)	49
		PICOS DE EUROPA (ES0000003)	898
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	95.397
	022.002 (LA POLA DE GORDON)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	PEÑA UBIÑA (ES1200011)
VALGRANDE (ES1200046)			1
SOMIEDO (ES0000054)			11
ALTO SIL (ES0000210)			44
MONTAÑA CENTRAL DE LEÓN (ES4130050)			3.227
OMAÑAS (ES4130149)			14.483
VALLE DE SAN EMILIANO (ES4130035)			48.338
PARQUE NATURAL		SOMIEDO (E1211246)	23
RESERVA DE LA BIOSFERA		SOMIEDO	23
		VALLE LACIANA, GRAN CANTABRICA	40
		ALTO BERNESGA	449
		BABIA	29.919
		LOS VALLES DE OMAÑA Y LUNA	73.050
ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	UBIÑA LA MESA (ES0000315)	1	

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		SOMIEDO (ES0000054)	27
		ALTO SIL (ES0000210)	44
		OMANAS (ES0000364)	17.582
		VALLE DE SAN EMILIANO (ES4130035)	48.322
022.003 (CERVERA DE PISUERGA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	4
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	71
	PARQUE NATURAL	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA	4
	PARQUE REGIONAL	PICOS DE EUROPA (E4132603)	71
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	4
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	71
022.005 (TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL TUERTO-ESLA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ORBIGO Y AFLUENTES (ES4130065)	183
		RIBERAS DEL RÍO ESLA Y AFLUENTES (ES4130079)	191
	RESERVA DE LA BIOSFERA	LOS VALLES DE OMAÑA Y LUNA	6
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	PÁRAMO LEONES (ES0000365)	6.916
022.007 (TERCIARIO Y CUATERNARIO DEL ESLA-CEA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ESLA Y AFLUENTES (ES4130079)	24
		RIBERAS DEL RÍO CEA (ES4180069)	371
		LAGUNAS DE LOS OTEROS (ES4130145)	4.127
		REBOLLARES DEL CEA (ES4130137)	7.583
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LA NAVA-CAMPOS NORTE (ES4140036)	1.558
		OTEROS-CEA (ES0000215)	4.445
		OTEROS-CAMPOS (ES0000194)	31.685
022.008 (ALUVIAL DEL ESLA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ORBIGO Y AFLUENTES (ES4130065)	155

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		RIBERAS DEL RÍO TERA Y AFLUENTES (ES4190067)	491
		RIBERAS DEL RÍO ESLA Y AFLUENTES (ES4130079)	1.457
022.009 (TIERRA DE CAMPOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	67
		RIBERAS DEL RÍO CEA (ES4180069)	384
		REBOLLARES DEL CEA (ES4130137)	5.731
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGUNAS DE VILLAFÁFILA (ES0000004)	1.198
		TIERRA DEL PAN (ES0000209)	6.069
		PENILLANURAS-CAMPOS NORTE (ES0000217)	12.668
		PENILLANURAS-CAMPOS SUR (ES0000207)	13.863
		LA NAVA-CAMPOS SUR (ES0000216)	28.940
		LA NAVA-CAMPOS NORTE (ES4140036)	29.024
022.011 (ALUVIAL DEL ORBIGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ORBIGO Y AFLUENTES (ES4130065)	363
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	MONTES AQUILANOS (ES4130022)	1
		VALDERÍA-JAMUZ (ES0000366)	165
022.012 (LA MARAGATERIA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	LAGUNAS DE TERA Y VIDRIALES (ES4190134)	15
		RIBERAS DEL RÍO TERA Y AFLUENTES (ES4190067)	176
		RIBERAS DEL RÍO ORBIGO Y AFLUENTES (ES4130065)	306
		SIERRA DE LA CABRERA (ES4190110)	11.530
		MONTES AQUILANOS Y SIERRA DE TELENO (ES4130117)	18.119
	MONUMENTO NATURAL	LAGO DE TRUCHILLAS (E4132302)	1.027
	RESERVA DE LA BIOSFERA	LOS VALLES DE OMAÑA Y LUNA	2.048
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	VALDERÍA-JAMUZ (ES0000366)	8.324
		SIERRA DE LA CABRERA (ES4130024)	14.528

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		Montes Aquilanos (ES4130022)	21.257
022.015 (RAÑA DEL ORBIGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ORBIGO Y AFLUENTES (ES4130065)	4
022.019 (RAÑA DE LA BAÑEZA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ORBIGO Y AFLUENTES (ES4130065)	11
		Montes Aquilanos y Sierra de Teleno (ES4130117)	54
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	Montes Aquilanos (ES4130022)	1.004
		Valdería-Jamuz (ES0000366)	1.223
022.022 (SANABRIA)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	Pena Maseira	1
		Pena Trevinca	20
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	Pena Maseira (ES1130008)	9
		Pena Trevinca (ES1130007)	27
		Tejedelo (ES4190060)	139
		Riberas del río Tuela y afluentes (ES4190131)	430
		Sierra de la Cabrera (ES4190110)	1.120
		Riberas del río Tera y afluentes (ES4190067)	1.157
		Lago de Sanabria y alrededores (ES4190105)	18.447
	Sierra de la Culebra (ES4190033)	32.879	
	MONUMENTO NATURAL	Lago de la Baña (E4132301)	30
	PARQUE NATURAL	Lago de Sanabria y alrededores (E4192501)	16.052
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	Pena Trevinca (ES0000437)	17
		Sierra de la Cabrera (ES4130024)	1.211
Lago de Sanabria y alrededores (ES4190009)		19.083	
022.023 (VILARDEVOS-LAZA)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	Río Támega	110
		Pena Maseira	5.700
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	Lago de Sanabria y alrededores (ES4190105)	16
		Río Támega (ES1130005)	109

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		PENA MASEIRA (ES1130008)	5.666
	RESERVA DE LA BIOSFERA	RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	16
022.024 (VALLE DEL TERA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ESLA Y AFLUENTES (ES4130079)	60
		RIBERAS DEL RÍO TERA Y AFLUENTES (ES4190067)	148
		SIERRA DE LA CULEBRA (ES4190033)	589
		LAGUNAS DE TERA Y VIDRIALES (ES4190134)	2.277
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DE LA CABRERA (ES4130024)	38
022.028 (VERIN)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	RÍO TÁMEGA	610
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RÍO TÁMEGA (ES1130005)	610
022.031 (VILLAFÁFILA)	HUMEDAL RAMSAR	LAGUNAS DE VILLAFÁFILA	2.714
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ESLA Y AFLUENTES (ES4130079)	83
		LAGUNAS DE VILLAFÁFILA (ES4190146)	4.220
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	TIERRA DEL PAN (ES0000209)	135
		PENILLANURAS-CAMPOS NORTE (ES0000217)	574
		PENILLANURAS-CAMPOS SUR (ES0000207)	9.936
		LAGUNAS DE VILLAFÁFILA (ES0000004)	31.351
022.032 (PARAMO DE TOROZOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	5.089
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LA NAVA-CAMPOS SUR (ES0000216)	3.428
022.033 (ALISTE)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CAÑONES DEL DUERO (ES4190102)	10
		RIBERAS DEL RÍO MANZANAS Y AFLUENTES (ES4190132)	375
		RIBERAS DEL RÍO ALISTE Y AFLUENTES (ES4190074)	1.681
		CAMPO DE ALISTE (ES4190133)	2.205
		SIERRA DE LA CULEBRA (ES4190033)	27.794
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CADONES DEL DUERO (ES0000206)	0

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		CAMPO DE ALISTE (ES0000358)	6.125
022.038 (TORDESILLAS)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	TIERRA DEL PAN (ES0000209)	8.381
022.040 (SAYAGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	35
		ARRIBES DEL DUERO (ES4150096)	1.742
		CAÑONES DEL DUERO (ES4190102)	4.884
	PARQUE NATURAL	ARRIBES DEL DUERO	1.761
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ARRIBES DEL DUERO (ES0000118)	1.740
		CAÑONES DEL DUERO (ES0000206)	7.231
022.041 (ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	55
022.067 (TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	Montes Torozos y Páramos de Torquemada-Astudillo (ES4140129)	5.156
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LA NAVA-CAMPOS SUR (ES0000216)	3.040

Tabla 18. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Esla – Valderaduey - Órbigo – Tera

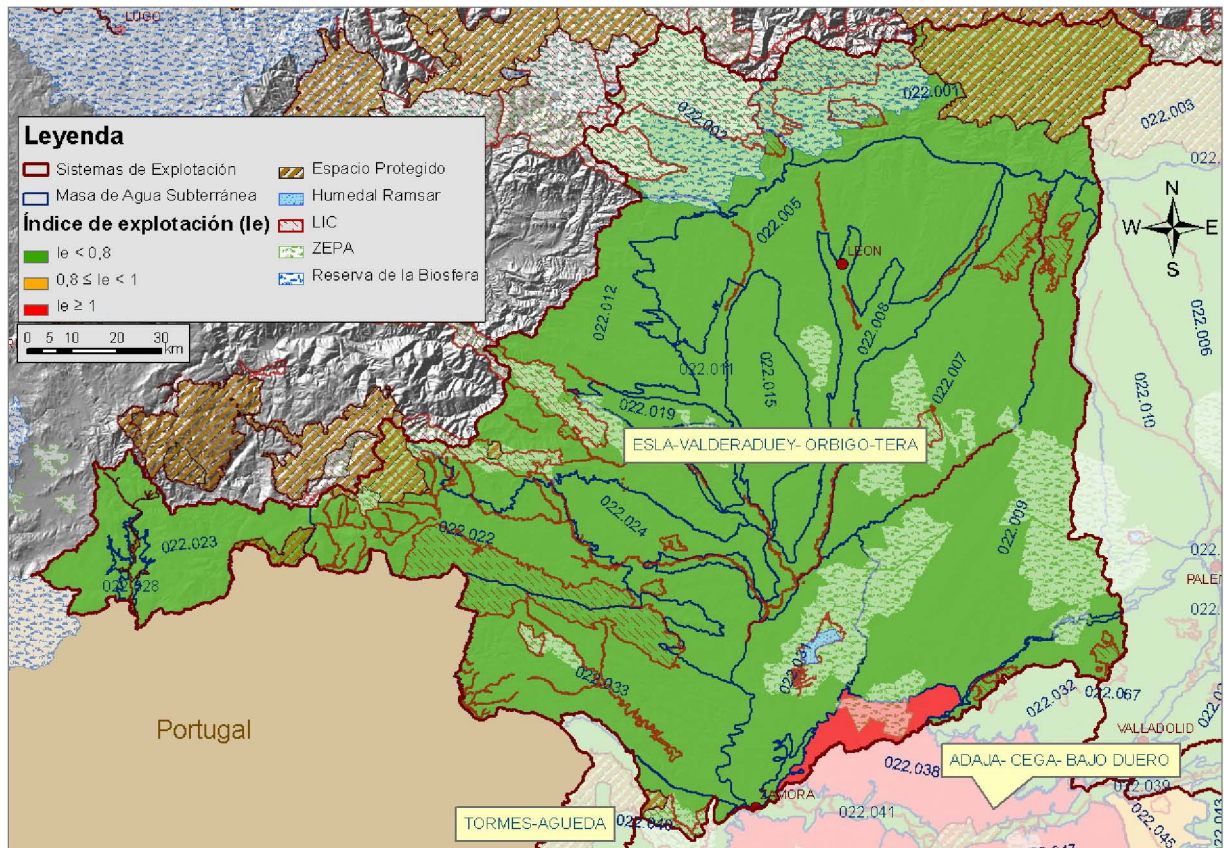


Figura 41. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Esla – Valderaduey - Órbigo – Tera

A modo de resumen, la MASb que se halla en peor situación dentro del Sistema de Explotación de Esla – Valderaduey - Órbigo – Tera, es la MASb 022.038 (Tordesillas), que se halla en situación de explotación intensiva, y por tanto sin disponibilidad de recursos. La zona protegida asociada a esta MASb es:

- Tierra del Pan* (ZEPa).

* Vinculación con aguas subterráneas definida en la Actividad 4 de la Encomienda de Gestión.

Pisuerga – Carrión - Arlanza

Las zonas protegidas situadas en el Sistema de Explotación 02 – Pisuerga – Carrión – Arlanza son las siguientes (tabla 19 y figura 42):

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
022.001 (GUARDO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	6
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	43
	PARQUE NATURAL	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA	6
	PARQUE REGIONAL	PICOS DE EUROPA (E4132603)	43
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	6
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	43
022.003 (SERVERA DE PISUERGA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	VALLES ALTOS DEL NANSÁ Y SAJA Y ALTO CAMPOO (ES1300021)	19
		RIO CAMESA (ES1300014)	73
		LIEBANA (ES1300001)	163
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	5.316
		FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	77.166
	PARQUE NATURAL	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA	77.182
	PARQUE REGIONAL	PICOS DE EUROPA (E4132603)	5.316
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DEL CORDEL Y CABECERAS DEL NANSÁ Y DEL SAJA (ES0000251)	0
		SIERRA DE HIJAR (ES0000250)	17
		LIÉBANA (ES0000198)	161
		PICOS DE EUROPA EN CASTILLA Y LEÓN (ES4130003)	5.316
		FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	77.186
022.004 (QUNITANILLA-PEÑAHORADADA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIO Y EMBALSE DEL EBRO (ES1300013)	0
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZÓN Y AFLUENTES (ES4120072)	140
		RIO CAMESA (ES1300014)	173
		COVALAGUA (ES4140027)	1.112
		LAS TUERCES (ES4140026)	1.602
		HUMADA-PEÑA AMAYA (ES4120093)	27.813
		HUMADA-PEÑA AMAYA (ES0000192)	30.464
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)		
022.006 (VALDAVIA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	1
		LAGUNAS DEL CANAL DE CASTILLA (ES0000205)	38

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		CANAL DE CASTILLA (ES4140080)	122
		RIBERAS DEL RÍO CARRIÓN Y AFLUENTES (ES4140077)	209
		RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	445
	PARQUE NATURAL	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA	1
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	FUENTES CARRIONAS Y FUENTE COBRE-MONTAÑA PALENTINA (ES4140011)	1
		LAGUNAS DEL CANAL DE CASTILLA (ES0000205)	38
CAMINO DE SANTIAGO (ES0000201)		22.698	
022.009 (TIERRA DE CAMPOS)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LA NAVA-CAMPOS SUR (ES0000216)	6.012
		LA NAVA-CAMPOS NORTE (ES4140036)	13.926
022.010 (CARRION)	HUMEDAL RAMSAR	LAGUNAS DE LA NAVA DE FUENTES	326
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	LAGUNAS DEL CANAL DE CASTILLA (ES0000205)	7
		RIBERAS DEL RÍO CARRIÓN Y AFLUENTES (ES4140077)	297
		LAGUNA DE LA NAVA (ES4140136)	1.013
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGUNAS DEL CANAL DE CASTILLA (ES0000205)	3
		LA NAVA-CAMPOS SUR (ES0000216)	830
LA NAVA-CAMPOS NORTE (ES4140036)	10.427		
022.014 (VILLADIEGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	354
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	HUMADA-PEÑA AMAYA (ES4120093)	5.931
		HUMADA-PEÑA AMAYA (ES0000192)	6.342
022.016 (CASTROJERIZ)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	4
		HUMADA-PEÑA AMAYA (ES4120093)	100
		RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	132
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZÓN Y AFLUENTES (ES4120072)	271
		MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	2.294
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	HUMADA-PEÑA AMAYA (ES0000192)	98
022.017 (BURGOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ARLANZÓN Y AFLUENTES (ES4120072)	160
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	372
		SABINARES DEL ARLANZA (ES4120091)	4.154

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120031)	4.890
022.018 (ARLANZON-RIO LOBOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	10
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZÓN Y AFLUENTES (ES4120072)	79
		SIERRA DE LA DEMANDA (ES4120092)	1.866
		SABINARES DEL ARLANZA (ES4120091)	26.433
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120031)	26.268
022.020 (ALUVIALES DEL PISUERGA-ARLANZON)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	24
		LAGUNAS DEL CANAL DE CASTILLA (ES0000205)	26
		MONTES DEL CERRATO (ES4140053)	72
		RIBERAS DEL RÍO CARRIÓN Y AFLUENTES (ES4140077)	177
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	201
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZÓN Y AFLUENTES (ES4120072)	321
		RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	799
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGUNAS DEL CANAL DE CASTILLA (ES0000205)	28
		RIBERAS DEL PISUERGA (ES0000220)	625
022.021 (SIERRA DE LA DEMANDA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ARLANZÓN Y AFLUENTES (ES4120072)	3
		RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	13
		SIERRAS DE DEMANDA, URBIÓN, CEBOLLERA Y CAMEROS (ES0000067)	1.915
		SIERRA DE LA DEMANDA (ES4120092)	33.782
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRAS DE DEMANDA, URBIÓN, CEBOLLERA Y CAMEROS (ES0000067)	1.901
		SIERRA DE LA DEMANDA (ES4120012)	26.000
022.025 (PARAMO DE ASTUDILLO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	15
		MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	9.159
022.027 (SIERRA DE CAMEROS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	310
		SABINARES DEL ARLANZA (ES4120091)	2.028
		SIERRA DE LA DEMANDA (ES4120092)	15.786
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120031)	1.710
		SIERRA DE LA DEMANDA (ES4120012)	5.047

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
022.029 (PARAMO DE ESGUEVA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	2
		MONTES DEL CERRATO (ES4140053)	12.163
022.030 (ARANDA DE DUERO)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	RIBERAS DEL PISUERGA (ES0000220)	1
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO ARLANZA Y AFLUENTES (ES4120071)	88
SABINARES DEL ARLANZA (ES4120091)		705	
022.032 (PARAMO DE TOROZOS)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120031)	217
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	3.183
022.039 (ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	4
022.067 (TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO PISUERGA Y AFLUENTES (ES4140082)	385
		MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	3.183
		MONTES DEL CERRATO (ES4140053)	12.226
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	RIBERAS DEL PISUERGA (ES0000220)	626

Tabla 19. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Pisuerga – Carrión – Arlanza

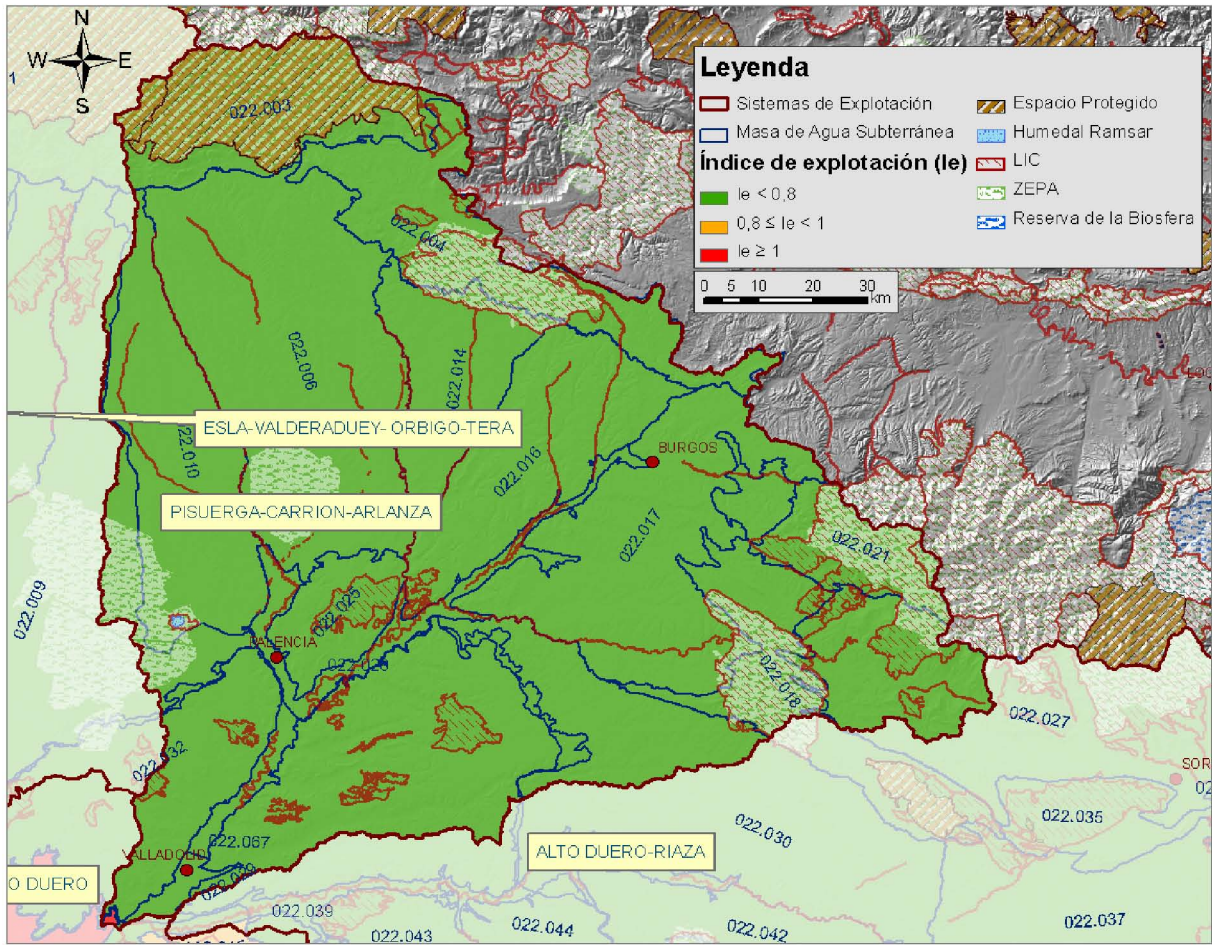


Figura 42. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Pisuerga – Carrión – Arlanza

A modo de resumen del Sistema de Explotación, de acuerdo con los resultados obtenidos en el Índice de Explotación (Ie), con las zonas naturales protegidas existentes, no existen MASb con explotación intensiva (disponibilidad de recursos condicionada), y en la que existan figuras de protección definidas.

Alto Duero Riaza

Las zonas protegidas situadas en el Sistema de Explotación 03 – Alto – Duero Riaza son las siguientes (tabla 20 y figura 43):

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
022.018 (ARLANZON-RIO LOBOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120091)	4.260
		SABINARES SIERRA DE CABREJAS (ES4170029)	4.272

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha	
		CAÑÓN DEL RÍO LOBOS (ES4170135)	12.238	
	PARQUE NATURAL	CAÑON DEL RIO LOBOS (E4172501)	10.202	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120031)	4.255	
022.027 (SIERRA DE CAMEROS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CAÑÓN DEL RÍO LOBOS (ES0000007)	10.202	
		SIERRAS DE DEMANDA, URBIÓN, CEBOLLERA Y CAMEROS (ES0000067)	34	
		SABINARES SIERRA DE CABREJAS (ES4170029)	257	
		ROBLEDALES DEL BERRÚN (ES4170140)	496	
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	671	
		ONCALA-VALTAJEROS (ES4170054)	2.146	
	PARQUE NATURAL	SIERRA DE CEBOLLERA (E2310301)	31	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRAS DE DEMANDA, URBIÓN, CEBOLLERA Y CAMEROS (ES0000067)	34	
		SIERRA DE LA DEMANDA (ES4120012)	543	
		SIERRA DE URBIÓN (ES4170013)	29.942	
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	4	
	022.030 (ARANDA DE DUERO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SABINARES DEL ARLANZA (ES4120091)	58
			RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	206
ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)		SABINARES DEL ARLANZA (ES4120031)	64	
022.034 (ARAVIANA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SABINARES DE CIRIA-BOROBIA (ES4170056)	0	
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	41	
		ENCINARES DE SIERRA DEL COSTANAZO (ES4170143)	653	
		QUEJIGARES Y ENCINARES DE SIERRA DEL MADERO (ES4170138)	3.172	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ALTOS CAMPOS DE GÉMARA (ES0000357)	9.011	
022.035 (CABREJAS-SORIA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	147	
		SABINARES SIERRA DE CABREJAS (ES4170029)	24.471	
	MONUMENTO NATURAL	LA FUENTONA (E4172302)	229	
	RESERVA NATURAL	SABINAR DE CALATAÑAZOR	76	
022.036 (MONCAYO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	MONCAYO (ES2430028)	0	
		SIERRA DEL MONCAYO (ES4170119)	3.783	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DEL MONCAYO (ES4170044)	3.660	
022.037 (CUENCA DE ALMAZAN)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	QUEJIGARES DE GÓMARA-NÁJIMA (ES4170139)	16	

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	893
		ALTOS DE BARAHONA (ES4170148)	1.303
		SABINARES SIERRA DE CABREJAS (ES4170029)	3.709
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ALTOS DE BARAHONA (ES0000203)	1.246
		ALTOS CAMPOS DE GÉMARA (ES0000357)	2.402
022.039 (ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	5
		EL CARRASCAL (ES4180130)	25
		RIBERAS DEL RÍO RIAZA (ES4120068)	88
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	1.422
022.042 (RIAZA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	127
		SIERRA DE AYLLÓN (ES4160019)	541
		HOCES DEL RÍO RIAZA (ES4160104)	1.606
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	HOCES DEL RÍO RIAZA (ES4160008)	2.646
022.043 (PARAMO DE CUELLAR)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	10
		RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	65
		EL CARRASCAL (ES4180130)	5.653
022.044 (PARAMO DE CORCOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	38
		SIERRA DE PRADALES (ES4160122)	991
022.045 (LOS ARENALES)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160106)	48
		LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160048)	24
022.046 (SEPULVEDA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	15
		SIERRA DE PRADALES (ES4160122)	344
		HOCES DEL RÍO RIAZA (ES4160104)	2.812
		HOCES DEL RÍO DURATÓN (ES0000115)	3.626
	PARQUE NATURAL	LAS HOCES DEL RIO DURATON (E4162501)	3.679
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	HOCES DEL RÍO RIAZA (ES4160008)	2.846
022.049 (AYLLON)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	HOCES DEL RÍO DURATÓN (ES0000115)	3.626
		RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	124
		HOCES DEL RÍO RIAZA (ES4160104)	767
022.050 (ALMAZAN SUR)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SIERRA DE AYLLÓN (ES4160019)	1.936
		HOCES DEL RÍO RIAZA (ES4160008)	1.048
022.050 (ALMAZAN SUR)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	14
		PINAR DE LOSANA (ES4170141)	793

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		ENCINARES DE TIERMES (ES4170142)	1.153
		SIERRA DE PELA (ES4240007)	1.738
		SIERRA DE AYLLÓN (ES4160019)	1.758
		ALTOS DE BARAHONA (ES4170148)	31.475
		ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ALTOS DE BARAHONA (ES0000203)
022.051 (PARAMO DE ESCALOTE)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ALTOS DE BARAHONA (ES4170148)	10.762
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ALTOS DE BARAHONA (ES0000203)	9.215
022.054 (GUADARRAMA-SOMOSIERRA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	3
		SIERRA DE AYLLÓN (ES0000164)	109
		CUENCA DEL RÍO LOZOYA Y SIERRA NORTE (ES3110002)	162
		SABINARES DE SOMOSIERRA (ES4160058)	440
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES4160109)	1.248
		SIERRA DE AYLLÓN (ES4160019)	9.786
	PARQUE NATURAL	HAYEDO DE TEJERA NEGRA (E4240301)	44
ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DE AYLLÓN (ES0000164)	86	
022.055 (CANTIMPALOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SIERRA DE GUADARRAMA (ES0000010)	1.161
		HOCES DEL RÍO DURATÓN (ES0000115)	1.328
	PARQUE NATURAL	LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160106)	3.530
		LAS HOCES DEL RIO DURATON (E4162501)	1.367
		HOCES DEL RÍO DURATÓN (ES0000115)	1.328
ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160048)	3.114	
022.056 (PRADENA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	15
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES4160109)	352
		SABINARES DE SOMOSIERRA (ES4160058)	1.718
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DE GUADARRAMA (ES0000010)	321
022.067 (TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DURATÓN (ES4160084)	108
		SIERRA DE PRADALES (ES4160122)	514
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	761
		EL CARRASCAL (ES4180130)	5.678

Tabla 20. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Alto Duero Riaza

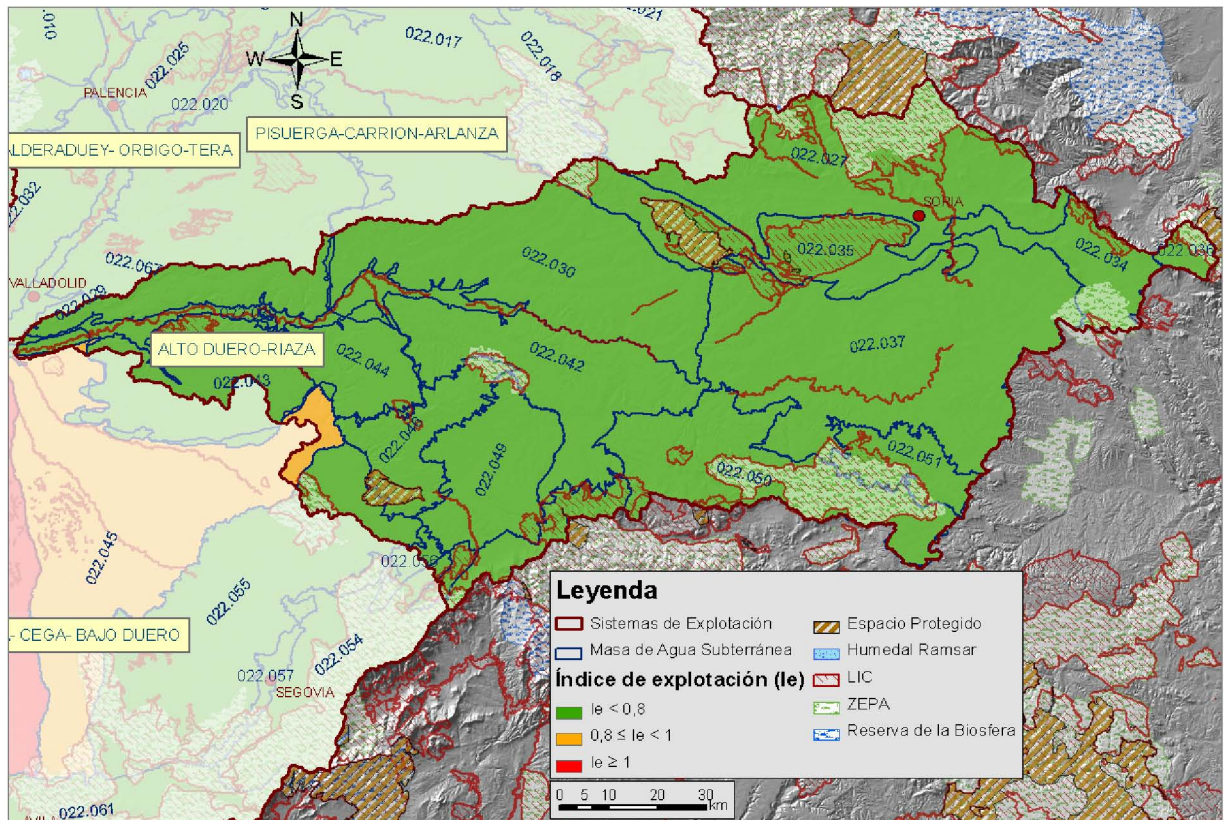


Figura 43. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Alto Duero Rianza

A modo de resumen del Sistema de Explotación, de acuerdo con los resultados obtenidos en el Índice de Explotación (Ie), con las zonas naturales protegidas existentes, no existen MASb con explotación intensiva (disponibilidad de recursos condicionada), y en la que existan figuras de protección definidas.

Adaja Cega – Bajo Duero

Las zonas protegidas situadas en el Sistema de Explotación 04 – Adaja Cega – Bajo Duero son las siguientes (tabla 21 y figura 44):

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
022.032 (PARAMO DE TOROZOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	3.166
022.033 (ALISTE)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CAÑONES DEL DUERO (ES4190102)	0
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CAÑONES DEL DUERO (ES0000206)	0
022.038 (TORDESILLAS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DE CASTRONUÑO (ES4180017)	3.027

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	RESERVA NATURAL	RIBERAS DE CASTRONUÑO - VEGA DEL DUERO	3.027
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	RIBERAS DE CASTRONUÑO (ES4180017)	3.027
022.039 (ALUVIAL DEL DUERO: ARANDA-TORDESILLAS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO CEGA (ES4180070)	23
		RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES (ES4180081)	42
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	376
022.040 (SAYAGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ARRIBES DEL DUERO (ES4150096)	0
		RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	45
		CAÑONES DEL DUERO (ES4190102)	8.420
	PARQUE NATURAL	ARRIBES DEL DUERO	0
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ARRIBES DEL DUERO (ES0000118)	0
CAÑONES DEL DUERO (ES0000206)		9.227	
022.041 (ALUVIAL DEL DUERO: TORDESILLAS-ZAMORA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	1.527
		RIBERAS DE CASTRONUÑO (ES4180017)	4.853
	RESERVA NATURAL	RIBERAS DE CASTRONUÑO - VEGA DEL DUERO	4.853
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LA NAVA-RUEDA (ES0000362)	82
		RIBERAS DE CASTRONUÑO (ES4180017)	4.853
022.043 (PARAMO DE CUELLAR)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO CEGA (ES4180070)	2
022.045 (LOS ARENALES)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160106)	214
		RIBERAS DEL RÍO CEGA (ES4180070)	430
		RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES (ES4180081)	659
		SALGÜEROS DE ALDEAMAYOR (ES4180124)	1.186
		LAGUNAS DE COCA Y OLMEDO (ES4160062)	1.233
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES4160111)	3.743
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES4110103)	4.183
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160048)	4
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES0000190)	5.253
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES0000188)	5.257
022.047 (MEDINA DEL CAMPO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	14
		HUMEDAL DE LOS ARENALES (ES4180147)	40
		RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES (ES4180081)	253

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha	
		RIBERAS DE CASTRONUÑO (ES4180017)	540	
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES4110103)	936	
		ENCINARES DE LA SIERRA DE AVILA (ES4110112)	1.258	
		HUMEDALES DE LOS ARENALES (ES4180147)	3.292	
	RESERVA NATURAL	RIBERAS DE CASTRONUÑO - VEGA DEL DUERO	540	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	RIBERAS DE CASTRONUÑO (ES4180017)	540	
		ENCINARES DE LA SIERRA DE AVILA (ES4110086)	1.722	
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES0000190)	2.470	
		LLANURAS DEL GUAREÑA (ES0000208)	7.063	
		LA NAVA-RUEDA (ES0000362)	7.085	
		TIERRA DE CAMPIÑAS (ES0000204)	138.432	
	022.048 (TIERRA DEL VINO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	QUEJIGARES DE LA TIERRA DEL VINO (ES4190061)	109
		ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	TIERRA DE CAMPIÑAS (ES0000204)	1.013
CAMPOS DE ALBA (ES0000359)			2.506	
LLANURAS DEL GUAREÑA (ES0000208)			34.704	
022.052 (SALAMANCA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	QUEJIGARES DE LA TIERRA DEL VINO (ES4190061)	53	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CAMPOS DE ALBA (ES0000359)	519	
022.054 (GUADARRAMA-SOMOSIERRA)	HUMEDAL RAMSAR	HUMEDALES DEL MACIZO DE PEÑALARA	0	
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CUENCA DEL RÍO MANZANARES (ES3110004)	0	
		CUENCA DEL RÍO GUADARRAMA (ES3110005)	15	
		CUENCA DEL RÍO LOZOYA Y SIERRA NORTE (ES3110002)	30	
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES4160111)	4.613	
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES4160109)	57.297	
	PARQUE NATURAL	CUMBRE, CIRCO Y LAGUNAS DE PEÑALARA (E3110302)	0	
	PARQUE REGIONAL	CUENCA ALTA DEL MANZANARES (E3113503)	14	
	RESERVA DE LA BIOSFERA	CUENCA ALTA DEL RIO MANZANARES	12	
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ALTO LOZOYA (ES0000057)	10	
VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES0000188)		5.079		

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES0000010)	56.873
022.055 (CANTIMPALOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SIERRA DE GUADARRAMA (ES4160109)	21
		RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES (ES4180081)	25
		LAGUNAS DE SANTA MARÍA LA REAL DE NIEVA (ES4160063)	638
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES4110103)	1.953
		LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160106)	6.948
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES4160111)	22.775
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DE GUADARRAMA (ES0000010)	137
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES0000190)	1.976
		LAGUNAS DE CANTALEJO (ES4160048)	9.159
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES0000188)	30.414
022.056 (PRADENA)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	SIERRA DE GUADARRAMA (ES4160109)	7.050
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES0000010)	6.785
022.057 (SEGOVIA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CUEVA DE LOS MURCIÉLAGOS (ES4160043)	1
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES4160111)	3.280
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES0000188)	3.455
022.060 (GREDOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SIERRA DE LA PARAMERA Y SERROTA (ES4110034)	47
022.061 (SIERRA DE AVILA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CUENCA DEL RÍO GUADARRAMA (ES3110005)	3
		RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES (ES4180081)	105
		PINARES DEL BAJO ALBERCHE (ES4110114)	437
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES4160109)	3.324
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES4160111)	5.249
		SIERRA DE LA PARAMERA Y SERROTA (ES4110034)	10.199
		ENCINARES DE LA SIERRA DE AVILA (ES4110112)	11.995
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES4110103)	15.935
	CAMPO AZÁLVARO-PINARES DE PEGUERINOS (ES4110097)	20.667	
	PARQUE REGIONAL	CUENCA ALTA DEL MANZANARES (E3113503)	1
	RESERVA DE LA BIOSFERA	CUENCA ALTA DEL RIO MANZANARES	1
ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	PINARES DEL BAJO ALBERCHE (ES0000186)	441	

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		SIERRA DE GUADARRAMA (ES0000010)	3.450
		VALLES DEL VOLTOYA Y EL ZORITA (ES0000188)	5.170
		ENCINARES DE LA SIERRA DE AVILA (ES4110086)	7.774
		ENCINARES DE LOS RÍOS ADAJA Y VOLTOYA (ES0000190)	17.349
		CAMPO AZÁLVARO-PINARES DE PEGUERINOS (ES0000189)	22.223
022.064 (VALLE DE AMBLES)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ENCINARES DE LA SIERRA DE AVILA (ES4110112)	73
		RIBERAS DEL RÍO ADAJA Y AFLUENTES (ES4180081)	307
022.067 (TERCIARIO DETRITICO CONFINADO DE LOS PARAMOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083)	13
		MONTES TOROZOS Y PÁRAMOS DE TORQUEMADA-ASTUDILLO (ES4140129)	3.166

Tabla 21. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Adaja - Cega – Bajo Duero

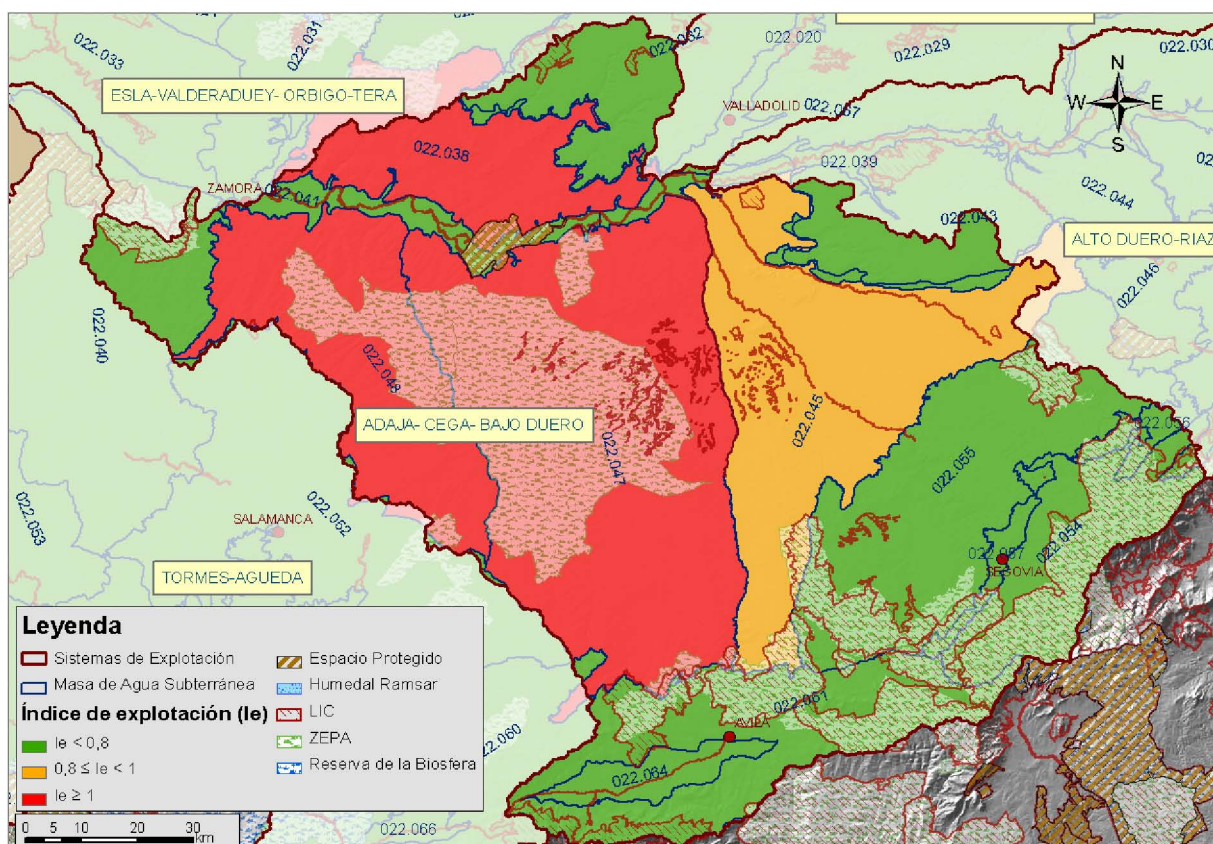


Figura 44. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Adaja - Cega – Bajo Duero

A modo de resumen, la MASb que se halla en peor situación dentro del Sistema de Explotación de Adaja - Cega – Bajo Duero, es la MASb 022.038 (Tordesillas), 022.47 (Medina del Campo) y 022.48 (Tierra del Vino) que se halla en situación de explotación intensiva, y por tanto sin disponibilidad de recursos. Las zonas naturales protegidas asociadas a estas MASb son:

- Riberas de Castronuño (LIC* y ZEPA*) en la MASb 022.038 (Tordesillas) y en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Riberas de Castronuño – Vega del Duero (Reserva Natural) en la MASb 022.038 (Tordesillas) y en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Riberas del Río Duero y Afluentes (LIC*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Riberas del Río Duero y Afluentes (LIC*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Humedal de los Arenales (LIC*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Riberas del Río Adaja y Afluentes (LIC*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Encinares del Río Adaja y Voltoya (LIC* y ZEPA*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Encinares de la Sierra de Ávila (LIC* y ZEPA*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Llanuras de Guareña (ZEPA*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo) y en la MASb 022.048 (Tierra del Vino).
- La Nava Rueda (ZEPA*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Tierra de Campiñas (ZEPA*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo).
- Tierra de Campiñas (ZEPA*) en la MASb 022.047 (Medina del Campo) y en la MASb 022.048 (Tierra del Vino).
- Quejigares de la Tierra del Vino (LIC*) en la MASb 022.048 (Tierra del Vino).

- Campos de Alba (ZEPA*) en la MASb 022.048 (Tierra del Vino).

* Vinculación con aguas subterráneas definida en la Actividad 4 de la Encomienda de Gestión.

Tormes - Agueda

Las zonas protegidas situadas en el **Sistema de Explotación 05 – Tormes – Agueda** son las siguientes (tabla 22 y figura 45):

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
022.040 (SAYAGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO TORMES Y AFLUENTES (ES4150085)	266
		CAÑONES DEL DUERO (ES4190102)	296
		ARRIBES DEL DUERO (ES4150096)	39.330
	PARQUE NATURAL	ARRIBES DEL DUERO	39.454
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CADONES DEL DUERO (ES0000206)	916
		ARRIBES DEL DUERO (ES0000118)	39.108
022.048 (TIERRA DEL VINO)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CAMPOS DE ALBA (ES0000359)	270
022.052 (SALAMANCA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	QUEJIGARES DE LA TIERRA DEL VINO (ES4190061)	207
		RIBERAS DEL RÍO TORMES Y AFLUENTES (ES4150085)	788
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CAMPOS DE ALBA (ES0000359)	12.148
022.053 (VITIGUDINO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO AGUEDA (ES4150087)	934
		CAMPO DE AZABA (ES4150100)	2.501
		RIBERAS DE LOS RÍOS HUEBRA, YELTES, UCES Y AFLUENTES (ES4150064)	2.949
		CAMPO DE ARGANÁN (ES4150098)	9.680
		ARRIBES DEL DUERO (ES4150096)	64.786
	PARQUE NATURAL	ARRIBES DEL DUERO	64.612
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	RÍO AGUEDA (ES4150087)	553
		RIBERAS DE LOS RÍOS HUEBRA Y YELTES (ES0000247)	2.194
		CAMPO DE AZABA (ES0000202)	2.555
		CAMPO DE ARGANÁN (ES0000218)	14.538
ARRIBES DEL DUERO (ES0000118)		65.907	
022.058 (CAMPO CHARRO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO TORMES Y AFLUENTES (ES4150085)	50
		RIBERAS DE LOS RÍOS HUEBRA, YELTES, UCES Y AFLUENTES (ES4150064)	158
		LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (ES4150107)	3.053

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		QUILAMAS (ES4150108)	3.195
	PARQUE NATURAL	LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA	3.050
	RESERVA DE LA BIOSFERA	SIERRAS DE BEJAR Y FRANCIA	55.537
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	QUILAMAS (ES4150039)	2.877
LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (ES4150005)		3.050	
022.059 (LA FUENTE DE SAN ESTEBAN)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CAMPO DE ARGANÁN (ES4150098)	4
		LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (ES4150107)	7
		RIBERAS DE LOS RÍOS HUEBRA, YELTES, UCES Y AFLUENTES (ES4150064)	1.639
	PARQUE NATURAL	LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA	2
	RESERVA DE LA BIOSFERA	SIERRAS DE BEJAR Y FRANCIA	5.398
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	RIBERAS DE LOS RÍOS HUEBRA Y YELTES (ES0000247)	1
		LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (ES4150005)	2
CAMPO DE ARGANÁN (ES0000218)		219	
022.060 (GREDOS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CANDELARIO (ES4150101)	14
		SIERRA DE GREDOS Y VALLE DEL JERTE (ES4320038)	105
		RIBERAS DEL RÍO TORMES Y AFLUENTES (ES4150085)	534
		SIERRA DE LA PARAMERA Y SERROTA (ES4110034)	3.687
		SIERRA DE GREDOS (ES4110002)	55.580
	PARQUE REGIONAL	LA SIERRA DE GREDOS (E4112601)	55.580
	RESERVA DE LA BIOSFERA	SIERRAS DE BEJAR Y FRANCIA	13.375
	RESERVA NATURAL	LA GARGANTA DE LOS INFIERNOS (E4320503)	6
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CANDELARIO (ES4150006)	14
		DEHESA DEL RÍO GAMO Y EL MARGANÁN (ES0000361)	7.545
SIERRA DE GREDOS (ES4110002)		55.575	
022.061 (SIERRA DE AVILA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	SIERRA DE LA PARAMERA Y SERROTA (ES4110034)	18
022.063 (CIUDAD RODRIGO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CAMPO DE ARGANÁN (ES4150098)	667
		CAMPO DE AZABA (ES4150100)	26.354
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	CAMPO DE ARGANÁN (ES0000218)	2.546
CAMPO DE AZABA (ES0000202)		26.666	
022.065 (LAS BATUECAS)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DE LOS RÍOS HUEBRA, YELTES, UCES Y AFLUENTES (ES4150064)	10
		LAS HURDES (ES4320011)	28
		RIBERAS DEL RÍO AGADÓN (ES4150125)	87
		SIERRA DE GATA (ES4320037)	3.947
		CAMPO DE AZABA (ES4150100)	7.199
		LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (ES4150107)	7.717
		EL REBOLLAR (ES4150032)	49.476

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	PARQUE NATURAL	LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA	7.664
	RESERVA DE LA BIOSFERA	SIERRAS DE BEJAR Y FRANCIA	7.535
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	HURDES (ES0000355)	30
		SIERRA DE GATA Y VALLE DE LAS PILAS (ES0000370)	3.898
		CAMPO DE AZABA (ES0000202)	7.229
		LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA (ES4150005)	7.663
022.066 (VALDECORNEJA)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	RIBERAS DEL RÍO TORMES Y AFLUENTES (ES4150085)	196
	RESERVA DE LA BIOSFERA	SIERRAS DE BEJAR Y FRANCIA	600

Tabla 22. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Tormes – Agueda

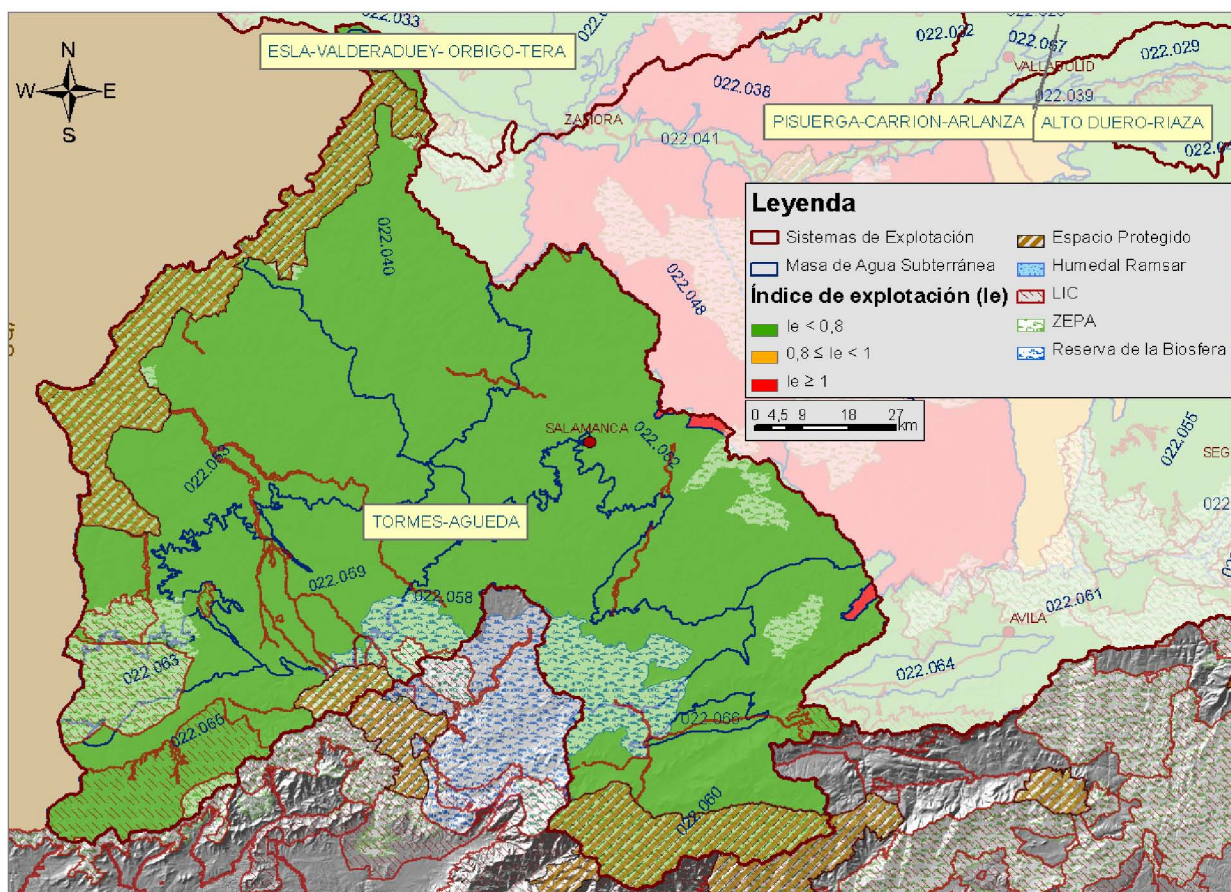


Figura 45. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Tormes – Agueda

A modo de resumen del Sistema de Explotación, de acuerdo con los resultados obtenidos en el Índice de Explotación (Ie), con las zonas naturales protegidas existentes, no existen MASb con explotación intensiva (disponibilidad de recursos condicionada), y en la que existan figuras de protección definidas.

7. INFRAESTRUCTURAS DE SEQUÍA

Con el nombre genérico de infraestructura de sequía se hace referencia a las captaciones (normalmente pozos y sondeos) que son ejecutadas para su utilización en situación de sequía, o bien activadas para obtener recursos adicionales (normalmente antiguos abastecimientos urbanos o captaciones en reserva). Esta infraestructura conforma una red cuyo objetivo primordial, es, en general, la captación de recursos suplementarios que permitan suplir las carencias en abastecimientos surgidas en una situación de sequía, y/o el mantenimiento de caudales ecológicos, y otros usos que determine la Comisión de Sequía.

El PES de la DHD no recoge el catálogo de infraestructura de sequía y establece que esto se solventará por medio de los informes pos – sequía en las siguientes actualizaciones del Plan. El PES, únicamente menciona en relación con los abastecimientos urbanos la existencia de los siguientes pozos para su utilización en las épocas de sequía:

- Sistema de sondeos del río Adaja en Ávila
- Pozos de Peñahorada para la extracción de agua del acuífero en Burgos

8. ACTIVIDADES EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE SEQUÍA

De acuerdo con la Directiva Marco del Agua y los Planes Hidrológicos, las Demarcaciones Hidrográficas deben considerar en su planificación las situaciones hidrológicas extremas, como es el caso de las sequías. En este sentido, en los Planes Especiales de Alerta y Eventual Sequía se establecen cuatro tipos de escenarios que definen esa situación extrema, y se apuntan distintos tipos de medidas para la mitigación de los efectos de la sequía desde el punto de vista operativo. Las medidas propuestas se deben aplicar de modo consecutivo según se avance en cada uno de los escenarios definidos.

Algunas de las actuaciones deben formar parte de la propia Planificación Hidráulica, siendo medidas a medio o largo plazo, a realizar cuando los sistemas de gestión hídrica se encuentren en la situación (o escenario) de normalidad. Otras, en cambio, se deben realizar en plazos más cortos, una vez que los sistemas de explotación estén en cualquiera de los escenarios de sequía. Finalmente, una vez terminada la situación de sequía, la restauración de las masas de agua afectadas por la sequía y las actuaciones para mitigar sus efectos deben realizarse lo antes posible, en siguiente período de normalidad hidrológica.

Las medidas concretas, aunque previstas, pueden ir modificándose de acuerdo con el desarrollo de la sequía, y los resultados y las experiencias adquiridas deberían servir para retroalimentar los planes frente a la sequía y mejorar las herramientas de gestión en el caso de que se produzcan otras situaciones semejantes.

Las aguas subterráneas suelen tener un papel esencial, en los casos de sequía, ya que constituyen una reserva de recursos hídricos que responde con una inercia mucho mayor que las aguas superficiales a las presiones externas, tanto naturales como antrópicas. De hecho, tradicionalmente la reacción de los organismos públicos en situación de sequía era la construcción de captaciones de emergencia en acuíferos que suelen disponer de recursos excedentarios, con las que se trataba de paliar rápidamente el déficit hídrico generado en los sistemas superficiales a partir de extracciones de aguas subterráneas. Este tipo de actuaciones, caracterizadas por la ausencia de planificación, respondían esencialmente a la imperiosa

necesidad de resolver el problema de forma urgente e inmediata, y una vez pasada la sequía, las captaciones se abandonaban o se transferían a sociedades de regantes y otros abastecimientos. En la actualidad se tiende a que dichas actuaciones estén adecuadamente diseñadas, y se enmarcan dentro de planes de gestión coordinada de recursos hídricos, intentando que las nuevas captaciones se mantengan libres y en condiciones para ser utilizadas en el siguiente periodo de escasez.

Con el fin de que el uso de las aguas subterráneas sea óptimo, se plantea a continuación una serie de actuaciones técnicas y administrativas que deberían ser tenidas en cuenta. Dichas actuaciones deben considerar el conocimiento de las masas de agua subterránea afectadas, y deben basarse, si es posible, en procedimientos de tipo predictivo (p.e. modelos matemáticos). Los resultados de dichas actuaciones pueden modificar o mejorar el conocimiento hidrogeológico previo, si se originan respuestas del medio diferentes a las previstas, por lo que es necesaria la ejecución de un plan de seguimiento de las actuaciones que permita que las consecuencias de éstas sean conocidas de forma rápida para así poder adecuar el estado de la masa de agua subterránea a la situación de sequía concreta.

Las actividades se pueden agrupar según se realicen previamente, durante o tras la situación de sequía. En el primer grupo los trabajos a desarrollar serían de tipo preventivo y deberían ser contemplados en la planificación hidráulica. Durante la sequía los trabajos deben contemplar actuaciones administrativas y técnicas en función del tipo de escenario de sequía en el que se encuentre cada sistema de gestión, formando parte de él parte del plan de seguimiento propiamente dicho. La parte final de este plan debe tener como finalidad conocer el estado de la masa de agua subterránea para que, con las actividades destinadas a su restauración, se alcance una situación hídrica lo más parecida posible a la original.

Como ya se ha comentado, todos los trabajos están relacionados y algunos de ellos pueden ser tanto consecutivos en el tiempo o realizarse simultáneamente.

8.1 ACTIVIDADES EN ESCENARIO DE NORMALIDAD

Estas actividades pueden no estar ligadas exclusivamente a las sequías, y pueden formar parte de la planificación hidráulica o ser estudios o trabajos independientes de la misma. Sin embargo, su desarrollo previo a las sequías ayudará a reducir los esfuerzos en las medidas a tomar en esas situaciones. Estas actividades forman parte de la investigación de las masas de agua subterránea, que sirven de apoyo al desarrollo de herramientas de gestión hídrica, como son los modelos matemáticos. Estas actividades se pueden dividir, a vez, en varios grupos.

8.1.1 Caracterización preliminar del medio

Son trabajos destinados a integrar la información sobre el conocimiento y el funcionamiento de las masas de agua subterránea, y su relación con el resto del ciclo hídrico y los ecosistemas asociados. Las actividades a desarrollar son:

- Análisis de las bases de datos existentes, tanto relativas a la extracciones como a las redes de control piezométrico y de calidad.
- Estudios referentes a geología, hidrogeología, hidroquímica, geofísica, relación aguas superficiales-subterráneas-ecosistemas, variación espacial y temporal de la recarga o demanda de recursos hídricos, etc., procedentes de diferentes fuentes (investigación, planificación hidráulica, infraestructura hidráulica).

8.1.2 Realización de sondeos específicos de investigación

En aquellas zonas donde el conocimiento hidrogeológico sea más reducido o sean más favorables para la movilización de reservas en caso de emergencia, se deberían realizar pozos de investigación con sistemas que permitan la recuperación de testigo.

Los resultados de las investigaciones geológicas o geofísicas realizadas en estos sondeos mejorarán el conocimiento del sector de la masa de agua subterránea donde se ubiquen.

Es preferible que esos sondeos sigan criterios que permitan explotarlos posteriormente en época de sequía, por lo que deben ser acondicionados con entubación y filtros adecuados a las características del medio. También sería necesario dejarlos equipados con bomba extractiva, un tubo auxiliar para la medida del nivel piezométrico y la conductividad eléctrica, así como con un contador volumétrico a la salida del mismo. Debería disponer también de un punto de fácil acceso para la recogida de muestras para calidad química.

Si el sondeo no puede utilizarse como “pozo sequía”, se puede contemplar la posibilidad de utilizarlo dentro de las redes de control, acondicionándolo para ello. Finalmente, si no se puede utilizar para ninguna función, debe sellarse de modo adecuado para evitar que interactúe con su entorno hídrico.

8.1.3 Caracterización hidrodinámica de las captaciones y de la masa de agua subterránea

Los sondeos específicos realizados y otras captaciones previas servirán para la realización de ensayos de bombeo, con cuyos resultados se podrán determinar los parámetros hidrodinámicos de los acuíferos, comprobar la respuesta de las captaciones a la explotación, cuantificar los caudales de extracción y estimar los radios de influencia de bombeos aislados y campos de bombeo, determinando así las afecciones mutuas y al resto del acuífero.

Todos estos valores son necesarios para realizar o mejorar las herramientas predictivas del comportamiento de los acuíferos ante la explotación, que son recomendables para agilizar la toma de decisión ante distintas alternativas y distintos escenarios de sequía.

8.2 ACTIVIDADES EN ESCENARIOS DE SEQUÍA

En los tres escenarios de sequía, prealerta, alerta y emergencia, son necesarias medidas de control, ahorro, conservación y hasta de restricción de los recursos hídricos. Entre las medidas a adoptar también se encuentran aquellas encaminadas al incremento de la oferta de recursos hídricos mediante la puesta a disposición de los usuarios de nuevas fuentes de agua.

En estos casos, las aguas subterráneas suelen ser ampliamente utilizadas, poniéndose en marcha captaciones específicas o regulándose la extracción o los usos, en los que se conocen como “pozos de sequía”, y estableciéndose un Plan de Vigilancia Ambiental. Este último requiere un conjunto de actuaciones de carácter administrativo y técnico específicas. Además, la respuesta de la masa de agua subterránea a ellas debe ser controlada de modo estricto, con el fin de poder modificarlas de forma rápida si la evolución de la sequía o los acuíferos no es la prevista (figura 46).

La experiencia adquirida en las sequías, ha permitido elaborar una metodología que sirve como punto de partida para el desarrollo de las siguientes actuaciones.

8.2.1 Actuaciones administrativas

Se trataría de la autorización de la explotación de captaciones por parte de las autoridades competentes, en este caso las de la Demarcación Hidrográfica, regulando todos los aspectos posibles de la extracción del agua contemplando los usos, la explotación de cada pozo, beneficiarios, deberes de éstos, controles, etc.

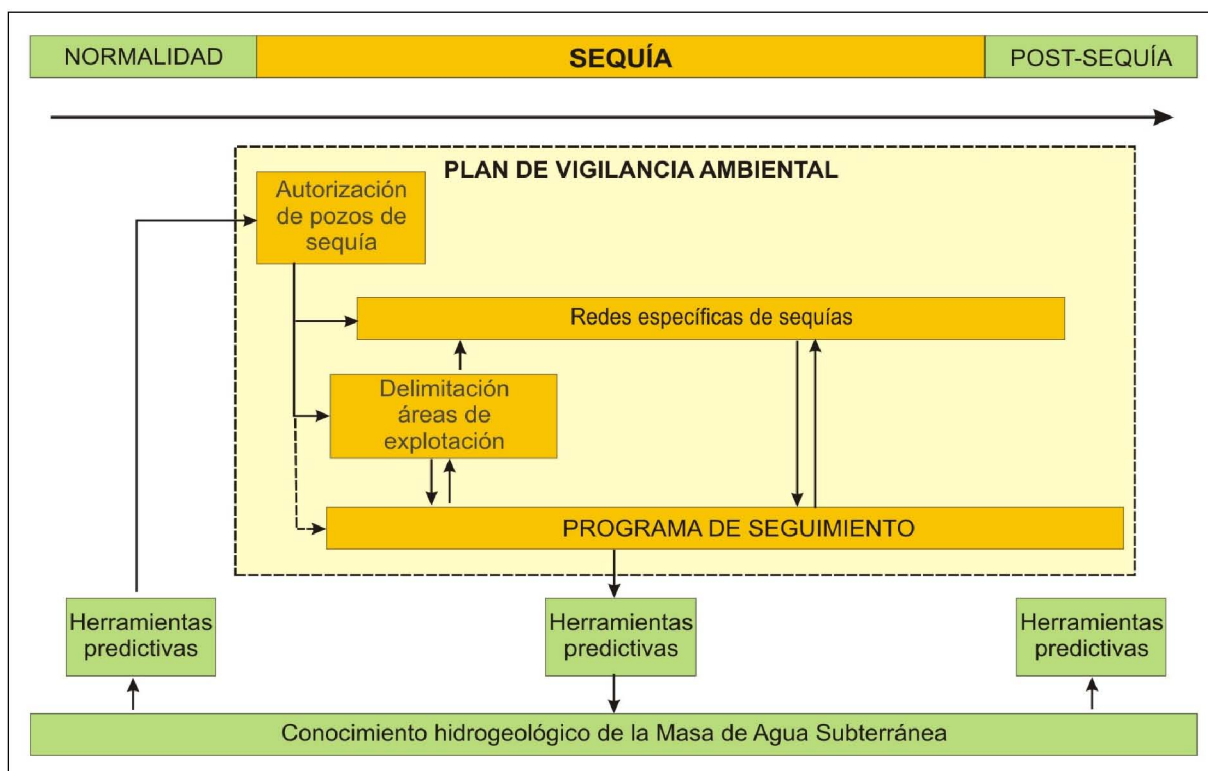


Figura 46. Componentes directos e indirectos del Plan de Vigilancia Ambiental

1) Autorización de la puesta en marcha de pozos como “pozos de sequía”

En la autorización de la Administración se deben identificar individualmente las captaciones que se utilizarán coyunturalmente para mitigar los efectos de la sequía. Se debe especificar el propietario de la explotación, el beneficiario de los recursos hídricos y la denominación individual de cada pozo de sequía, la masa de agua o zona de explotación.

2) Limitación del volumen de explotación

La explotación de los pozos de sequía deber servir para complementar aquellos recursos no disponibles por efecto de la sequía, por lo que las extracciones deben limitarse. En las autorizaciones, esas limitaciones deben estar estrictamente cuantificadas por beneficiario y por pozo individual, para no afectar a zonas protegidas o de interés ambiental, y para no modificar la calidad del agua.

3) Especificaciones de control

En cada pozo de bombeo debe realizarse un control con el fin de garantizar el cumplimiento de las normas dictadas por la autoridad competente para cada uno de ellos y comprobar las posibles afecciones entre aprovechamientos.

En la autorización de los pozos de sequía, la Demarcación debe especificar quiénes son los responsables del control, la periodicidad de las medidas y la posibilidad de realizar inspecciones de los dispositivos de control y contraste de los datos facilitados. Los responsables deben hacer el seguimiento del tiempo de bombeo en cada pozo autorizado, de los caudales y volúmenes extraídos y de la evolución de los niveles de agua y de su calidad general mediante la conductividad eléctrica. La homogeneidad de la información debe quedar garantizada, por lo que los responsables de la toma de datos deben disponer del mismo sistema de presentación de los datos, como pueden ser los estadillos de las figura 47 y figura 48.

2) Implantación y seguimiento de redes de control específicas de las aguas subterráneas (Red Específica de Sequía)

Para el seguimiento del comportamiento de los acuíferos ante las extracciones de sequía debe definirse una Red de Control Específica de Sequía con objeto de conocer la evolución espacial y temporal de las aguas subterráneas, tanto desde el punto de vista de sus niveles piezométricos como de su calidad. Dicha red, que puede ser totalmente nueva, estar basada en una preexistente o complementar las redes básicas de la Demarcación, estará compuesta, a su vez, por tres tipos de subredes:

- Red de control piezométrico (RP), basada en la medida de la profundidad del agua,
- Red de control elemental de calidad (REC), centrada en la determinación de la conductividad eléctrica y del contenido en ion cloruro, y que sería necesaria para el control de la intrusión marina.
- Red de control de calidad general (RCG), basada en la determinación de los principales compuestos de las aguas subterráneas (bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, calcio, magnesio, sodio y potasio).
- En caso de ser necesario se podría plantear la implantación de una red hidrométrica en sectores de salida de agua subterránea, especialmente si están relacionadas con zonas de interés ambiental.
- Esas subredes quedan estructuradas en dos grupos:
- Redes de control general de los acuíferos implicados, cuyos puntos se localizan fuera de los sectores de explotación.
- Redes de control de los sectores de explotación.

Los resultados de los parámetros de control de las distintas redes serán reflejados para cada acuífero en diferentes tablas, tanto de cada uno de los sectores de explotación como de las redes que se encuentran fuera de éstos. En las tablas se indicarán las medidas obtenidas en el mes considerado, la variación de éstas con respecto al mes anterior y las diferencias existentes con las medidas anteriores a la situación de sequía.

Con objeto de obtener cifras comparativas, los datos se deben tratar de forma sencilla (medias aritméticas simples), aunque dependiendo de la evolución de los trabajos y de la

disponibilidad de datos podrían proponerse otros métodos de tratamiento (medias ponderadas, etc.), de manera que el estado de cada acuífero o sector en un momento dado pueda ser comparado de forma rápida con un estado anterior. Debido a que en la mayoría de los casos la información obtenida no está distribuida de forma homogénea, su verdadera utilidad no radicará tanto en el valor absoluto de los datos como en la variación relativa sufrida por éstos.

El tratamiento así realizado permitirá establecer de forma rápida un análisis comparativo de las variaciones espaciales de los parámetros controlados en los distintos sectores de explotación y acuíferos, así como de las modificaciones temporales sufridas en cada uno ellos, lo que orientará el diagnóstico sobre el estado y situación hidrogeológica de los mismos y sobre su evolución (figura 49).




3) Control periódico de las extracciones en las captaciones de sequía

Atendiendo a los requerimientos de las actuaciones administrativas, es necesario realizar un control periódico de las extracciones en los pozos de sequía, que se debe realizar mensualmente. En caso de se prevea causar afecciones se debería controlar de forma quincenal, durante los meses de máxima demanda.

Los resultados obtenidos mediante el control periódico mensual de las extracciones realizadas en cada una de las captaciones de sequía deben ser estructurados en diversos tipos de tablas, donde se reflejará el volumen bombeado en cada uno de los pozos para el periodo considerado, con información de lo extraído desde el comienzo de la explotación. Estas tablas ofrecerán, además, información sobre los volúmenes aprovechados por las diferentes comunidades de usuarios, así como la explotación efectuada en cada acuífero y en cada uno de los sectores de explotación definidos.

Dentro de estos trabajos se lleva también a cabo el control mensual de los niveles de las captaciones, la evaluación de los caudales instantáneos bombeados por éstas y la determinación analítica de las características hidroquímicas de sus aguas, datos de control impuestos en las autorizaciones administrativas.

Resumen de los Sectores y Masas de Agua.

ACTUACIONES DE SEQUÍA
RESUMEN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA
RED ESPECÍFICA DE SEQUÍA Y EXTRACCIONES

Código M.A.S. *Nombre M.A.S.*

Mes: *Año:*

SECTOR DE EXPLOTACIÓN	VALORES MEDIOS			DIFERENCIAS OBSERVADAS						EXTRACCIONES	
	Nivel piezométrico (msnm)	Conductividad (µS/cm)	Cloruros (mg/L)	Piezometría (msnm)		Conductividad (µS/cm)		Cloruros (mg/L)		EN CAPTACIONES DE SEQUÍA (m³)	
				Con mes anterior	Con medida Inicial	Con mes anterior	Con medida Inicial	Con mes anterior	Con medida Inicial	Mes	Total desde
SECTOR 1											
SECTOR 2											
SECTOR 3											
SECTOR 4											
SECTOR 5											
SECTOR 6											
SECTOR 7											
SECTOR 8											
SECTOR 9											
SECTOR 10											
SECTOR 11											
CAPTACIONES AISLADAS											
<hr/>											
VALOR MEDIO SECTORES											
MEDIA RESTO ACUÍFERO											
<hr/>											
TOTALES EXTRACCIONES DE SEQUÍA											

Figura 49. Ejemplo de tabla resumen del estado y extracciones de agua subterránea por sectores de explotación y masa de agua subterránea

4) Trabajos complementarios de carácter específico

Para alcanzar los objetivos perseguidos con la mayor garantía posible es necesario llevar a cabo determinados trabajos que mejorarán la información, el conocimiento y la comprensión del funcionamiento de las masas de agua afectadas. Entre estos trabajos se incluyen los destinados a determinar los parámetros hidrodinámicos de los acuíferos implicados durante la explotación, y los correspondientes a la nivelación de precisión de captaciones de sequía y puntos de control piezométrico.

8.2.3 Programa de seguimiento

Los datos y resultados obtenidos y resumidos deben servir para conocer la respuesta a corto plazo de las masas de agua subterránea en una situación de explotación intensa debida al

déficit hídrico provocado por la sequía. Se trata, en definitiva, de dar respuesta en el periodo de tiempo más corto posible a las cuestiones o problemas que puedan surgir, así como prever aquellos otros que pudieran presentarse en el futuro.

Es necesario que el seguimiento de los datos obtenidos, de las actuaciones que se realicen, así como de las respuestas del sistema a la explotación y de los procesos hidrometeorológicos queden reflejados en documentos tipo informe, que se deben realizar en periodos de tiempo que permitan una respuesta eficaz a la evolución del sistema, siendo aconsejable mensualmente.

Al comienzo del período de sequía (situación de prealerta) es conveniente la realización de un informe inicial. Éste debe contener las características esenciales de los acuíferos, así como su casuística, problemática específica, el estado del conocimiento de los mismos, y su situación previa a la sequía que pueda servir de referencia como objetivo a lograr una vez finalizada ésta.

Igualmente, toda la información debe quedar reflejada y sintetizada, como mínimo, en un informe anual (o de temporada de bombeos), donde se plasmarán las principales conclusiones obtenidas, así como las recomendaciones que se estime conveniente hacer.

Los tres tipos de informe recomendados son:

- Informe de situación inicial
- Informes mensuales periódicos en los meses de bombeo
- Informe de situación final

Es conveniente también un informe adicional en el que se reflejará la situación y comportamiento de los acuíferos a lo largo de un ciclo hidrogeológico completo, dando una visión de la recuperación de los acuíferos.

En los documentos periódicos se analizarán los datos obtenidos en cada una de las masas de agua subterránea controlada. Debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- Descripción general del acuífero.
- Redes de control establecidas.
- Situación y comportamiento de la piezometría y de los procesos de salinización:
 - de cada uno de los sectores de explotación definidos.
 - del resto del acuífero objeto de análisis.
- Extracciones en pozos de sequía por sectores de explotación.
- Análisis del estado del acuífero y de los sectores de explotación.
- Diagnóstico. Análisis de posibles efectos y/o afecciones.
- Tablas.
- Planos.

En la memoria, es conveniente que los resultados figuren también de modo gráfico, esencialmente relacionados con la evolución temporal de los parámetros controlados (piezometría, componentes hidroquímicos mayoritarios, etc.).

Los anexos a la memoria de los informes incluirán información variada, tal como fichas de inventario de puntos de agua, análisis químicos, etc.

En cuanto a los planos, además de los de situación e información general, con la localización de las captaciones de sequía, los informes mensuales llevarán por cada uno de los acuíferos controlados, al menos, los siguientes:

- Plano de la superficie piezométrica del mes correspondiente.
- Plano de isovalores de conductividad y contenido en cloruros del mes correspondiente.
- Planos generales de los informes inicial y final, así como planos específicos de isovariaciones relevantes de diferentes parámetros.

Se incorporarán a lo largo del proyecto, y si se estima conveniente, diversos tipos de planos con información complementaria.

9. RECURSOS DISPONIBLES EN SITUACIONES EXTREMAS

A continuación, se sintetizan los resultados obtenidos a nivel de Demarcación, en agrupándolos en tres categorías:

- Aspectos cuantitativos: disponibilidad de recursos.
- Aspectos cualitativos: calidad de los recursos para uso en abastecimiento urbano (aunque no es descartable la posible utilización para otros usos).
- Aspectos mixtos: combinación de los dos aspectos anteriores para la selección de los recursos disponibles más adecuados.

9.1 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS

La **Demarcación Hidrográfica del Duero**, con una superficie total (dentro de territorio español) de 78.954 km², dispone de un volumen medio anual de Recursos Disponibles de 3.809,54 hm³. Considerando que las extracciones en el conjunto de la demarcación hidrográfica asciende a 746 hm³/a, el volumen medio anual de Recursos NO Comprometidos asciende a un total 3.166,89 hm³, para un total de 67 MASb definidas, de las que en 4 de ellas se ha evaluado que presentan un Índice de explotación (*Ie*) superior a 0,80, es decir, se encuentran bajo un régimen de explotación de sus recursos hídricos subterráneos próximo a la explotación intensiva ($0,80 \leq Ie < 1,00$) o en explotación intensiva ($Ie \geq 1,00$). Los cálculos efectuados suponen que un 69,5% de los Recursos Disponibles de aguas subterráneas existentes para un año tipo medio en la DHD, constituyen recursos hídricos subterráneos que pueden ser utilizados para paliar situaciones de sequía en condiciones de sostenibilidad medioambiental, lo que no exime de realizar los estudios y planes preceptivos para la correcta protección de los espacios natural hídricamente dependientes de los sistemas hidrogeológicos (MASb) que pueda ser consideradas objeto de explotación en situaciones de sequía.

Los datos calculados de Recursos NO Comprometidos para la DHD ofrecen una imagen en la que se observa una descompensación entre Sistemas de Explotación, registrándose los valores mínimos en los sistemas situados en el sector centro-occidental de la margen izquierda

del Duero (4/Adaja-Cega-Bajo Duero y 5/Tormes-Águeda), respecto a los registrados en la margen derecha y zona de cabecera.

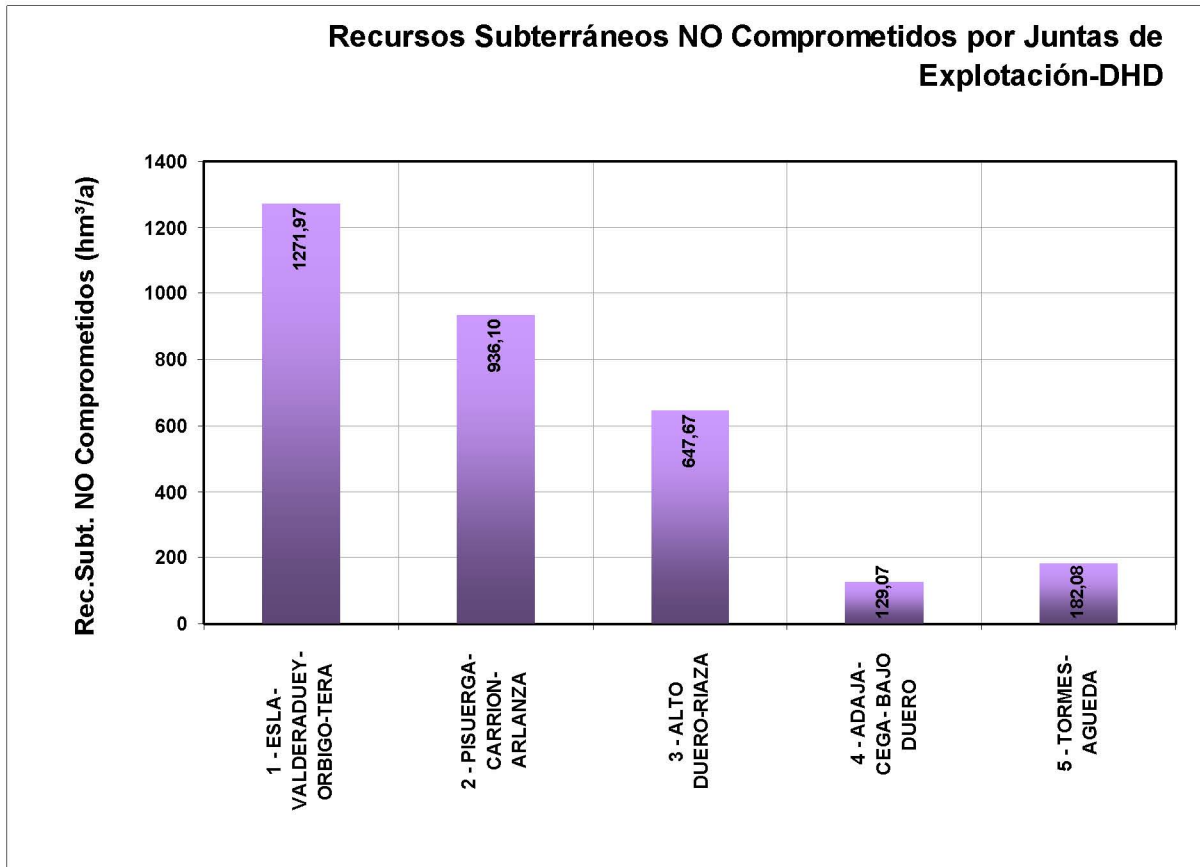


Figura 50. Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos en la DHD

Los resultados obtenidos se sintetizan a continuación (tabla 23 y figura 51), donde se muestran los recursos NO comprometidos agrupados por sistema de explotación, los cuales estarían disponibles para su posible utilización. Se ha sombreado aquellos casos en los que existen MASb donde $RNC=0$ debido a que sus extracciones (B) superan al recurso disponible (RDIS). Además, algunas MASb son compartidas entre sistemas de explotación, por lo que el recuento global de MASb es superior al real (84 en vez de 60 MASb reales).

Sistema de Explotación	Nº MASb	Nº MASb completas	Nº MASb compartidas	Recursos Renovables (RREN) (hm³/a)	Requerimientos Ambientales (RMED) (hm³/a)	Recursos Disponibles (RDIS) (hm³/a)	Extracciones (B) (hm³/a)	Recursos NO comprometidos (RNC) (hm³/a)	Índice de Explotación (Ie)
1 - ESLA-VALDERADUEY-ORBIGO-TERA	17	16	1	1669,14	255,17	1413,97	148,39	1271,97	0,21
2 - PISUERGA-CARRION-ARLANZA	16	10	6	1207,43	212,28	995,15	59,05	936,10	0,09
3 - ALTO DUERO-RIAZA	19	11	8	854,03	156,70	697,33	49,66	647,67	0,09
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO	13	1	12	497,23	70,21	427,01	394,91	129,07	0,57
5 - TORMES-AGUEDA	9	9	0	329,08	53,00	276,08	94,00	182,08	0,16
SUMA	74,00	47,00	27,00	4556,91	747,37	3809,54	746,00	3166,89⁽⁷⁾	0,23

Tabla 23. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos por Sistemas de Explotación en la DHID

⁽⁷⁾ La relación $RDIS - B = RNC$ no es aplicable de forma directa a la síntesis de datos, puesto que en los Sistemas de Explotación existen MASb en las que las extracciones (B) son superiores a los Recursos Disponibles (celdas sombreadas). En esos casos $RNC = 0$ (no puede tomar valores negativos).

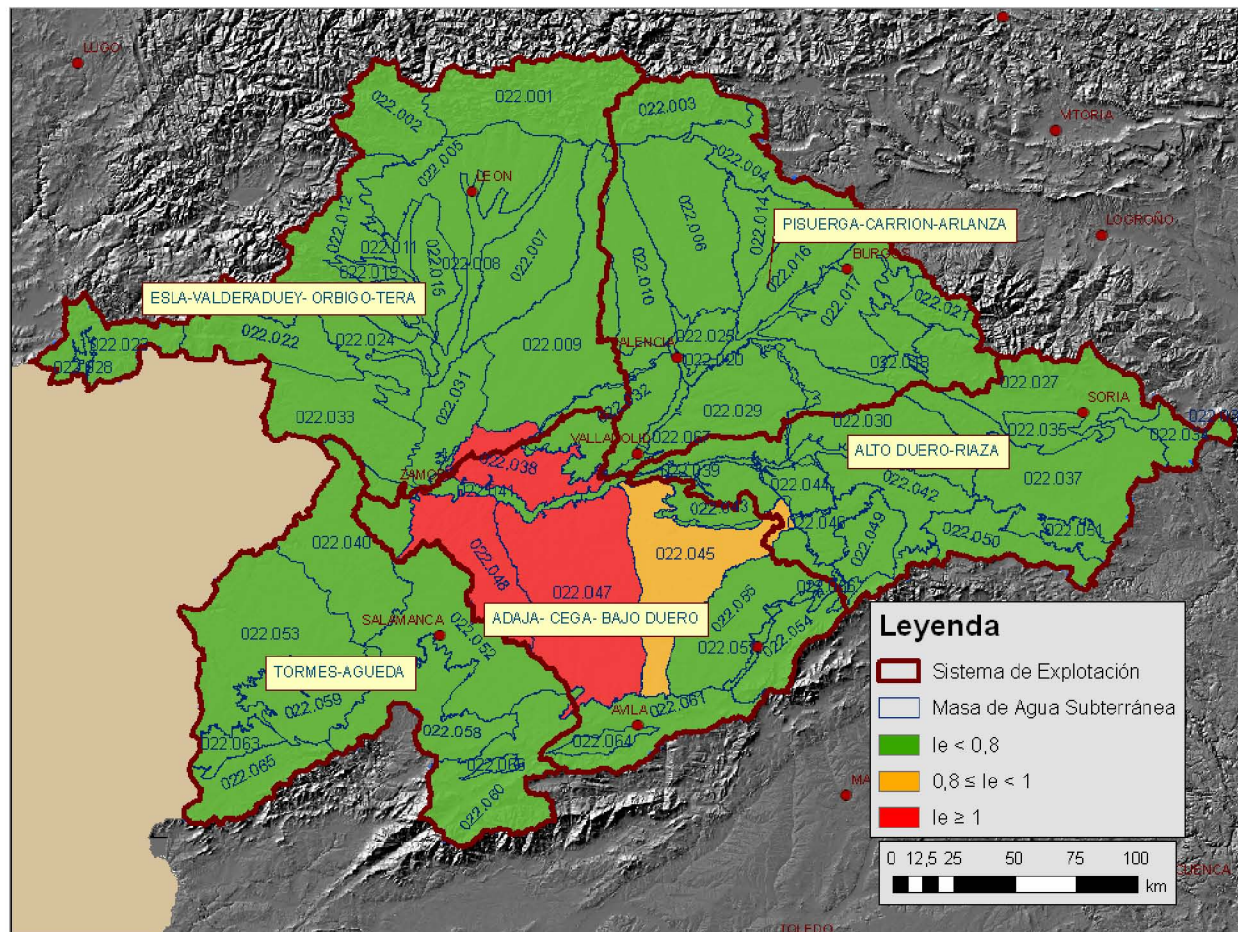


Figura 51. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos y Masas de Agua Subterránea en la DHD

9.2 CALIDAD DE LOS RECURSOS PARA ABASTECIMIENTO URBANO

Atendiendo a la calidad de los recursos disponibles para su utilización en abastecimientos urbanos, y considerando que:

- Cuando se dice que la calidad para abastecimiento urbano es **buena**, lo es porque ninguno de los parámetros analizados (conductividad, nitratos, sulfatos, sodio y magnesio) superan el 75% del contenido máximo permitido por la legislación para cada uno de ellos (R.D. 140/2003), en la última campaña medida.
- Cuando se dice que la calidad para abastecimiento urbano es **aceptable**, lo es porque alguno de los parámetros analizados (o todos) supera el 75% del contenido máximo permitido, pero ninguno supera el citado límite, en la última campaña medida.
- Cuando se dice que la calidad para abastecimiento urbano es **mala**, lo es porque alguno de los parámetros analizados (o todos) supera el contenido máximo permitido en la última campaña medida, fijando la calidad el peor valor de los obtenidos.

El hecho de obtener una calidad mala para utilización como abastecimiento urbano no significa que el agua no pueda ser utilizada en otros usos (por ejemplo agricultura).

La calidad se ha cuantificado mediante el cálculo del Índice de calidad (**Ic**) para la última campaña disponible, quedando clasificadas las MASb según el peor de los valores obtenidos. De acuerdo con los resultados obtenidos para la Demarcación hidrográfica del Duero, se ha podido analizar el Ic en 58 de las 64 MASb, y la calidad para abastecimiento urbano ha resultado mala en 7 MASb (10,9%), aceptable en 2 MASb (3,1%) y buena en las 49 MASb restantes (76,6%). Dentro de las MASb con calidad mala, destaca el contenido en nitratos como causa más frecuente de la misma (en 6 MASb), mientras que los sulfatos se hallan en segundo término (en 1 MASb).

Si se analizan estos resultados por sistemas de explotación, se obtienen los siguientes resultados (tabla 24) y en la siguiente figura (figura 52) donde se muestra la distribución de la calidad por sistemas de explotación.

Sistema de Explotación	Nº MASb	Nº MASb completas	Nº MASb compartidas	Índice de calidad (Ic)				
				Bueno	Aceptable	Malo	Sin datos	Parámetros fuera de límite
1 - ESLA-VALDERADUEY- ORBIGOTERA	17	16	1	14	1	1	1	nitratos
2 - PISUERGA-CARRION-ARLANZA	16	10	6	11	0	2	3	nitratos, sulfatos
3 - ALTO DUERO-RIAZA	19	11	8	15	0	3	1	nitratos, sulfatos,
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO	13	1	12	8	1	3	1	nitratos
5 - TORMES-AGUEDA	9	9	0	8	0	1	0	nitratos
SUMA	74,00	47,00	27,00	56	2	10	6	

Tabla 24. Calidad por Sistemas de Explotación en la DHD

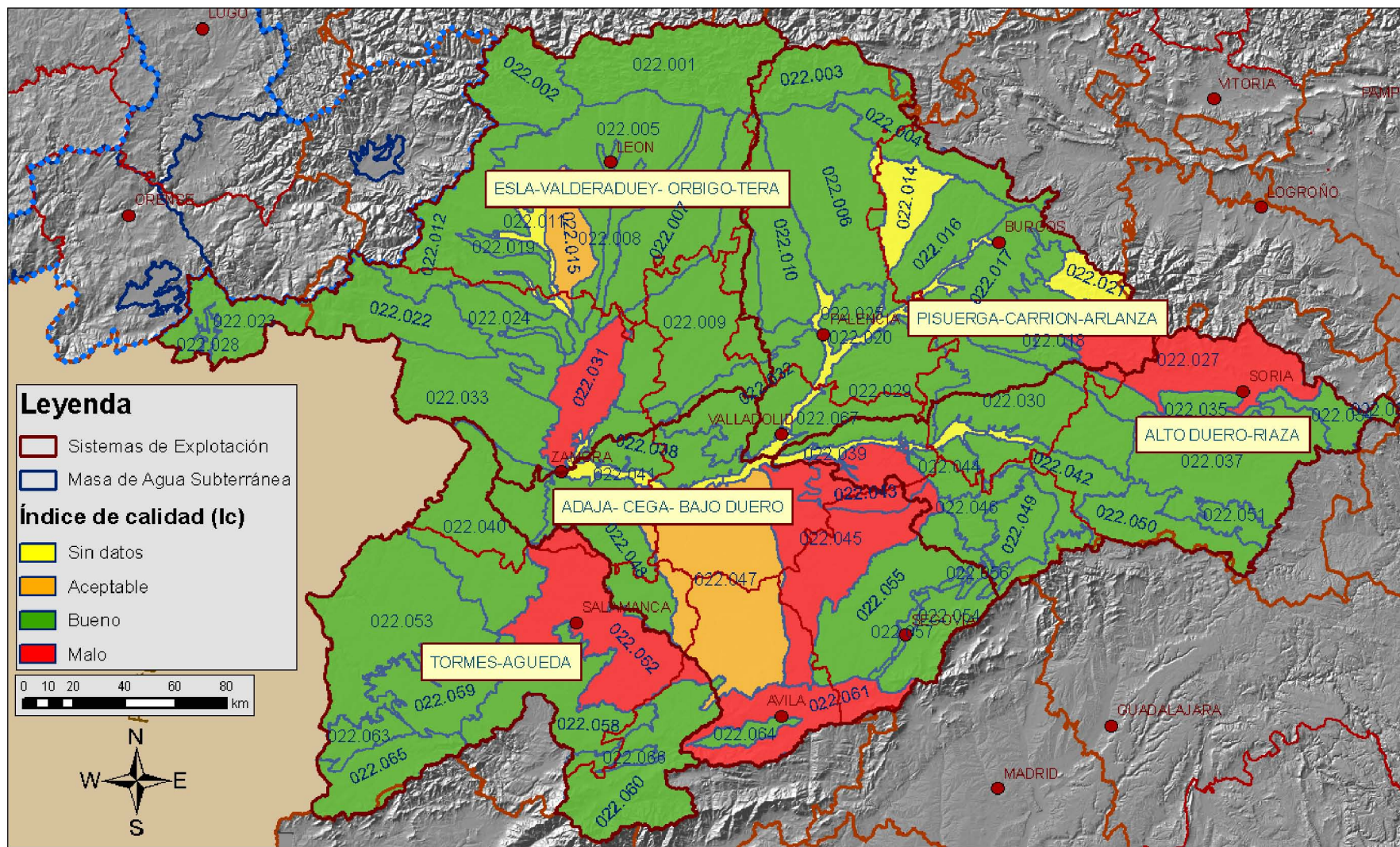


Figura 52. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos e Índice de calidad de las MASb en la DHD

9.3 *DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN*

Se han combinado los resultados obtenidos, de tal forma que se obtiene una visión de la distribución cuantitativa y cualitativa de las MASb de la DHD.

En la siguiente tabla (tabla 25) se presentan los datos del índice de explotación y calidad para cada sistema de explotación. Posteriormente, se representa en el plano adjunto la clasificación de cada MASb mediante una matriz de colores y tramas según la disponibilidad de recursos y la calidad para el abastecimiento urbano de los mismos, en este plano, se muestra toda la Demarcación Hidrográfica del Duero, incluyendo los sistemas de explotación y MASb de la misma.

Como se puede observar en la tabla siguiente (tabla 25), los sistemas de explotación con mayor volumen de recursos no comprometidos de buena calidad para abastecimiento urbano son:

- Esla – Valdeaduey – Órbigo - Tera
- Pisuerga – Carrión - Arlanza

Siendo el sistema de explotación de Alto Duero - Riaza el que posee el mayor volumen de recursos no comprometidos de mala calidad.

Sistema de Explotación	Nº MASb	Nº MASb completas	Nº MASb compartidas	Índice de explotación	Recursos NO comprometidos totales (RNC) (hm ³ /a)	Recursos NO comprometidos totales (RNC) según Índice de calidad (Ic) (hm ³ /a y % RNC totales)				
						Bueno	Aceptable	Malo	Sin datos	Parámetros fuera de límite
1 - ESLA-VALDERADUEY-ORBIGO-TERA	17	16	1	0,21	1.271,97	1.099,02	122,78	17,93	32,24	nitratos, sodio
2 - PISUERGA-CARRION-ARLANZA	16	10	6	0,09	936,1	799,59	0	61,05	75,46	nitratos, sulfatos, magnesio, sodio, conductividad
3 - ALTO DUERO-RIAZA	19	11	8	0,09	647,67	482,06	0	129,00	36,62	nitratos, sulfatos, magnesio, sodio
4 - ADAJA- CEGA- BAJO DUERO	13	1	12	0,57	129,07	67,45	0	34,84	26,78	nitratos, magnesio, sulfatos
5 - TORMES-AGUEDA	9	9	0	0,16	182,08	153,81	0	28,27	0	sulfatos
SUMA	74,00	47,00	27,00	0,23	3.166,89	1.271,97	936,10	647,67	129,07	

Tabla 25. Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles, NO Comprometidos y calidad de los mismos por Sistemas de Explotación en la DHD

La siguiente figura muestra la distribución de la calidad de los recursos no comprometidos por sistemas de explotación (figura 53).

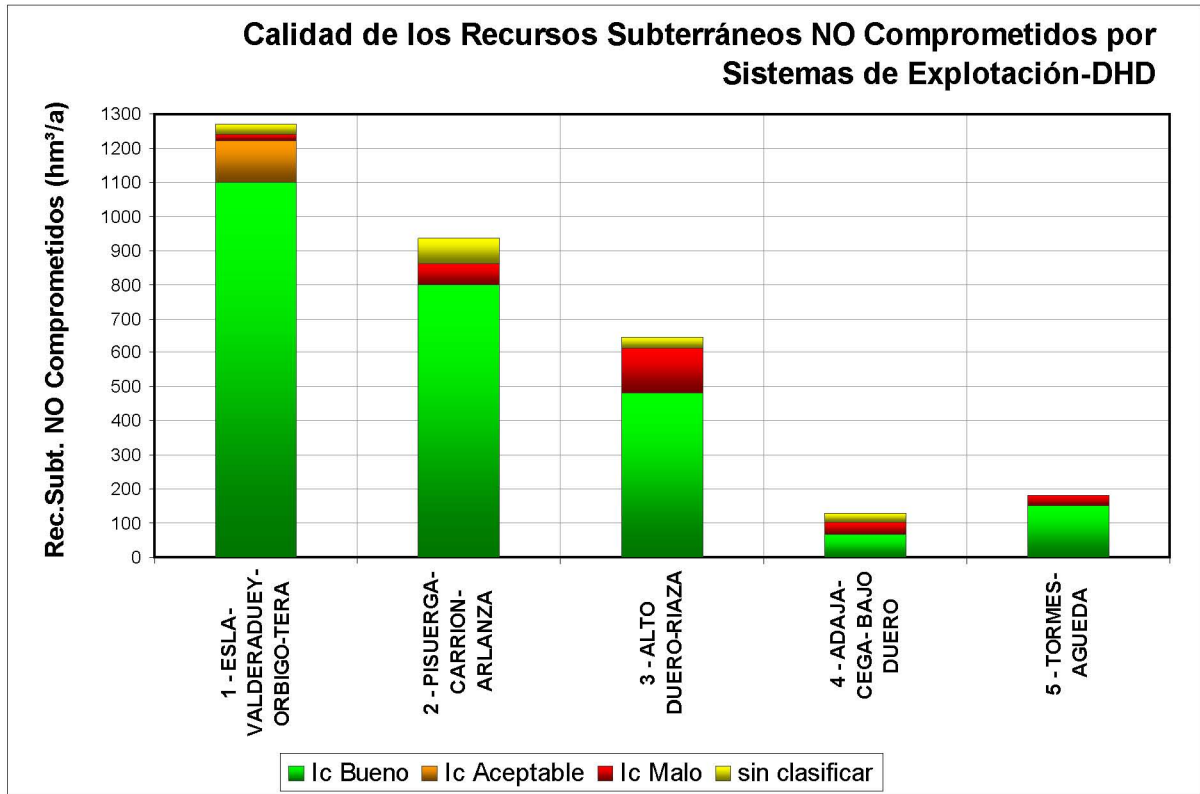
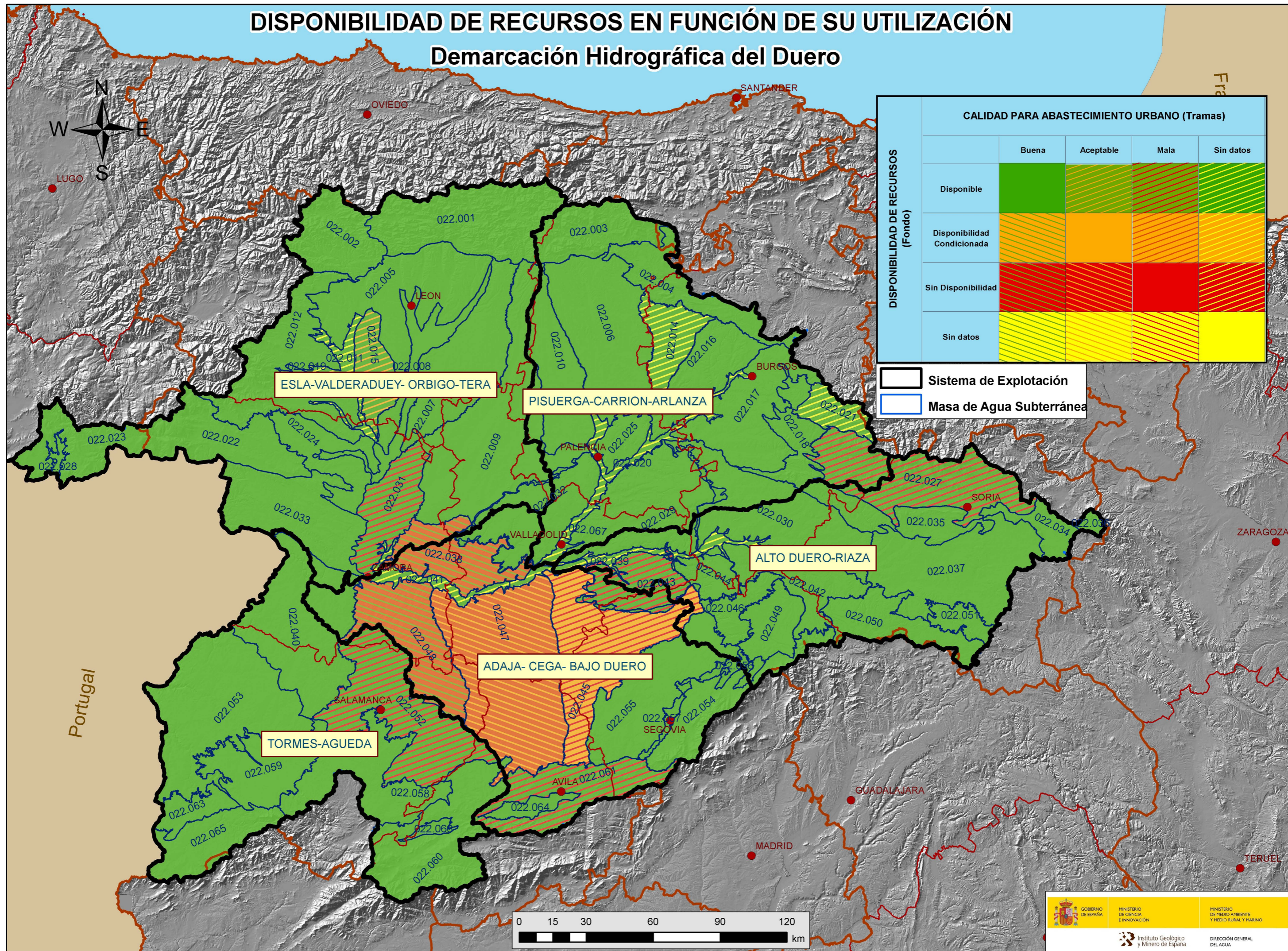


Figura 53. Calidad de los Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de recursos Hídricos en la DHD

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN

Demarcación Hidrográfica del Duero



DISPONIBILIDAD DE RECURSOS (Fondo)	CALIDAD PARA ABASTECIMIENTO URBANO (Tramas)			
	Buena	Aceptable	Mala	Sin datos
Disponible	Green	Yellow-Green	Orange	Red
Disponibilidad Condicionada	Yellow-Green	Yellow	Orange	Red
Sin Disponibilidad	Red	Orange	Red	Red
Sin datos	Yellow	Yellow	Orange	Yellow

- Sistema de Explotación
- Masa de Agua Subterránea

10. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Agnew, C.T. (1999). “Using the SPI to Identify Drought”. Drought Network News Vol 12, nº 1, winter 199-spring 2000, pp 6-11.
- DHD (2007). “Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía”. (PES-DHD, 2007).
- DGA (2005). “Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las Cuencas Intercomunitarias”.
- DGA-IGME (2009). “Actividad 2 de la Encomienda de Gestión: Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales en 2015”.
- DGA-IGME (2009). “Actividad 4 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”.
- IGME (2000). “Unidades hidrogeológicas de España. Datos básicos.”, disponible en <http://aguas.igme.es/igme/principalahidrologia.htm>.
- IGME (2005). “Indicadores sobre el estado cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas: Aplicación al acuífero carbonatado de la Sierra de Estepa (Sevilla, España)”.
- IGME (2006). “Estado de la masa de agua subterránea de la Mancha Oriental mediante indicadores cuantitativos y cualitativos”.
- IGME-Junta de Andalucía (2007). “Incorporación de las aguas subterráneas a los sistemas de abastecimiento con aguas superficiales como recurso complementario en situaciones de emergencia”.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). “The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8 th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, SA, pp. 179-184.
- MMA (1988). “Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características”.
- UNESCO (2007). “Groundwater resources sustainability indicators”.