

**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
Miño - Sil**

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 Miño - Sil, 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 Ubieta.** *DGA*
- **Emilio Rodríguez Merino.** *DHMS*
- **José Luis Herrero Pacheco.** *TIHGSA*
- **Esperanza Reaño García.** *TIHGSA*
- **Pedro González.** *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	14
3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	14
3.2 INFORMACIÓN DE PARTIDA	26
4. CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS.....	36
4.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	36
4.2 ANÁLISIS DE TENDENCIAS.....	43
4.3 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	50
5. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS.....	64
5.1 ANÁLISIS ACTUAL.....	68
5.2 CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	72
6. ZONAS SENSIBLES ANTE LA EXPLOTACIÓN INTENSIVA	79
7. INFRAESTRUCTURAS DE SEQUÍA	95
8. ACTIVIDADES EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE SEQUÍA	96
8.1 ACTIVIDADES EN ESCENARIO DE NORMALIDAD	98
8.1.1 Caracterización preliminar del medio	98
8.1.2 Realización de sondeos específicos de investigación.....	98
8.1.3 Caracterización hidrodinámica de las captaciones y de la masa de agua subterránea.....	99
8.2 ACTIVIDADES EN ESCENARIOS DE SEQUÍA.....	99
8.2.1 Actuaciones administrativas	100
8.2.2 Actuaciones técnicas	103
8.2.3 Programa de seguimiento	107
9. RECURSOS DISPONIBLES EN SITUACIONES EXTREMAS.....	110

9.1	DISPONIBILIDAD DE RECURSOS.....	110
9.2	CALIDAD DE LOS RECURSOS PARA ABASTECIMIENTO URBANO.....	114
9.3	DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN.....	117
10.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	121

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de medidas de mitigación (Fuente: CHN, 2007).....	9
Figura 2. Metodología empleada para el cálculo de los Índices de Disponibilidad (Ie) y Calidad (Ic) de una Masa de Agua Subterránea.....	18
Figura 3. Páginas de características generales.....	25
Figura 4. Páginas de características volumétricas y piezométricas.....	25
Figura 5. Páginas de características hidroquímicas	26
Figura 6. Distribución espacial de las redes de control piezométrico de la DHMS	28
Figura 7. Distribución espacial de las redes de control hidroquímico de la de la DHMS	29
Figura 8. Distribución espacial de estaciones meteorológicas de la de la DHMS y su entorno inmediato	32
Figura 9. Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad a escala 1:200.000 (IGME y MMA, 2006)	35
Figura 10. Valores del Índice de Explotación (Ie) de las Masas de Agua Subterránea de la DHMS.....	42
Figura 11. Ejemplo de serie de evolución piezométrica generada para el análisis de la serie actual	45
Figura 12. Características de los piezómetros utilizados	46
Figura 13. Serie pluviométrica seleccionada para el caso del ejemplo anterior	47
Figura 14. Análisis de la piezometría actual de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil	49
Figura 15. Sistemas de Explotación, Masas de Agua Subterránea y Ríos de la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil	51
Figura 16. Sistema de Explotación de Miño Alto y Masas de Agua Subterránea.....	52
Figura 17. Sistema de Explotación de Sil Superior y Masas de Agua Subterránea	54
Figura 18. Sistema de Explotación Sil Inferior y Masas de Agua Subterránea	56
Figura 19. Sistema de Explotación del Cabe y Masas de Agua Subterránea.....	58
Figura 20. Sistema de Explotación de Miño Bajo y Masas de Agua Subterránea	60
Figura 21. Sistema de Explotación de Limia y Masas de Agua Subterránea	62
Figura 22. Resultados del análisis tendencial en una serie actual.....	66
Figura 23. Facies hidroquímica característica y clasificación de acuerdo al índice de calidad	67
Figura 24. Evolución del índice de calidad, observaciones importantes sobre la calidad y clasificación de la MASb	67
Figura 25. Datos de Ic calculados para el conjunto de las MASb de la DHMS. Situación actual	69
Figura 26. Clasificación de las Masas de Agua Subterránea de la DHMS según Ic atendiendo a los datos de la Red Básica de Calidad de las Aguas Subterráneas del MARM.....	70
Figura 27. Sistema de Explotación del Miño Alto y Masas de Agua Subterránea	73
Figura 28. Sistema de Explotación de Sil Superior y Masas de Agua Subterránea	74
Figura 29. Sistema de Explotación de Sil Inferior y Masas de Agua Subterránea.....	75
Figura 30. Sistema de Explotación de Cabe y Masas de Agua Subterránea.....	76
Figura 31. Sistema de Explotación de Miño Bajo y Masas de Agua Subterránea	77
Figura 32. Sistema de Explotación de Limia y Masas de Agua Subterránea	78
Figura 33. Figuras de Protección en la Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil.....	81

Figura 34. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Miño Alto	83
Figura 35. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Sil Superior	86
Figura 36. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Sil Inferior.....	88
Figura 37. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Cabe.....	89
Figura 38. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Miño - Alto	92
Figura 39. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Limia	94
Figura 40. Componentes directos e indirectos del Plan de Vigilancia Ambiental	101
Figura 41. Ejemplo de estadillo para la presentación de datos de control de volúmenes extraídos y piezometría ..	102
Figura 42. Ejemplo de estadillos para la presentación de datos de control de volúmenes extraídos y calidad del agua	104
Figura 43. Ejemplo de tabla resumen del estado y extracciones de agua subterránea por sectores de explotación y masa de agua subterránea.....	107
Figura 44. Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos en la DHMS	111
Figura 45. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos y Masas de Agua Subterránea en la DHMS	113
Figura 46. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos e Índice de calidad de las MASb en la DHMS.....	116
Figura 47. Calidad de los Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos en la DHMS	119

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de Recursos Disponibles en las Masas de Agua Subterránea de la DHMS.....	41
Tabla 2. Resumen del análisis piezométrico de datos actuales.....	48
Tabla 3. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Miño Alto.....	53
Tabla 4. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Sil Superior.....	55
Tabla 5. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Sil Inferior.....	57
Tabla 6. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Cabe.....	59
Tabla 7. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Miño Bajo.....	61
Tabla 8. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Limia.....	63
Tabla 9. Índice de calidad en las Masas de Agua Subterránea de la DHMS (serie actual).....	71
Tabla 10. Sistema de Explotación Miño Alto: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	73
Tabla 11. Sistema de Explotación Sil Superior: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	74
Tabla 12. Sistema de Explotación Sil Inferior: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	75
Tabla 13. Sistema de Explotación Cabe: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	76
Tabla 14. Sistema de Explotación Miño Bajo: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	77
Tabla 15. Sistema de Explotación Limia: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas.....	78
Tabla 16. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Miño-Alto.....	83
Tabla 17. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Sil-Superior.....	85
Tabla 18. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Sil-Inferior.....	87
Tabla 19. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Cabe.....	89
Tabla 20. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Miño Bajo.....	91

Tabla 21. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Limia	93
Tabla 22. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos por Sistemas de Explotación en la en la DHMS.....	112
Tabla 23. Calidad por Sistemas de Explotación en la DHMS	115
Tabla 24. Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles, NO Comprometidos y calidad de los mismos por Sistemas de Explotación en la DHMS	118

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*”, trabajo que se independiza para cada una de las nueve Demarcaciones Hidrográficas del ámbito intercomunitario, estando recogidos en este documento los relacionados con la Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil.

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

El Plan de sequía de la Demarcación del Miño – Sil corresponde con el realizado para la antigua Demarcación del Norte que comprende los ámbitos de Planificación Norte I y Norte II-III, siendo el Norte I el que corresponde con Miño – Sil.

Como fase previa, se estableció el Plan de Alerta y Eventual Sequía de la Demarcación Hidrográfica del Norte, 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 Norte llevó a cabo en el año 2005, presentó el Protocolo Provisional de actuaciones en situaciones de sequía, en el que se definían una

serie de indicadores hidrológicos y sus umbrales con el fin de predecir y calificar las actuaciones de sequía en la cuenca del Norte, así como definir las adecuadas medidas de gestión en las diferentes situaciones de sequía.

El Protocolo estableció las primeras medidas de carácter estructural y administrativo encaminadas a mitigar los posibles efectos de una eventual sequía, al tiempo que sirvió de referencia a la hora de desarrollar el presente “Plan Especial de actuación en situación de alerta y eventual sequía”.

El PES-DHN 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.

Además del Objetivo General, 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.

Los análisis que se incluyen en el documento PES-DHN, menciona que, una de las sequías más importantes registradas en la Confederación Hidrográfica del Norte se produjo entre agosto de 1988 y noviembre de 1990. El conjunto de actuaciones llevadas a cabo durante la época de sequía lograron un ahorro de 27 hm³, aproximadamente el 8% del consumo total de los 14 meses que duraron las restricciones. Las obras de emergencia realizadas sirvieron de respuesta rápida a la situación de sequía; además, al tratarse de obras consolidadas, fueron incorporadas al sistema general de abastecimiento. En general, las medidas adoptadas fueron aplicadas de forma acertada tanto técnica como cronológicamente. Sin embargo, se cuestionó la falta de recursos alternativos como reserva frente a averías o situaciones de emergencia, que se están desarrollando actualmente dentro del marco del Plan Hidrológico del Norte.

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 Norte, 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. Se han considerado como posibles indicadores los siguientes:

- Volumen de los embalses
- Entradas a los embalses
- Estaciones de aforo

■ Pluviómetros

Por la escasez de datos referentes a los niveles de las aguas subterráneas se ha desestimado considerar la evolución de los acuíferos como indicador representativo de la evolución de la cuenca.

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.

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

Además de este índice de estado, para evaluar el impacto global de la sequía en la cuenca española del Miño existe un indicador establecido para definir el campo de obligación de España respecto a los flujos de agua que recorren el tramo internacional y portugués del Miño. Este sistema utiliza los registros de tres pluviómetros (Orense, Lugo y Ponferrada).

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 normalidad
- 0,5 > Ie > 0,3 Umbral de prealerta
- 0,3 > Ie > 0,15 Umbral de alerta
- Ie < 0,15 Umbral de emergencia

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 $0,5 > I_e \geq 0,3$ durante 3 meses consecutivos. Se considera superado este escenario cuando se supera el umbral durante 3 meses consecutivos.
- III. **Escenario de Alerta:** El indicador toma valores de $0,3 > I_e \geq 0,15$ durante 2 meses consecutivos. Se considera superado este escenario cuando se supera el umbral de alerta durante 6 meses consecutivos o el umbral de prealerta durante 2 meses consecutivos.
- IV. **Escenario de Emergencia:** El indicador toma valores de $I_e < 0,15$ durante 2 meses consecutivos. Se considera superado este escenario cuando se supera el umbral de emergencia durante 6 meses consecutivos o el umbral de alerta durante 2 meses consecutivos.

Para las cuencas hispano-portuguesas, se aplica el Convenio Albufeira, que permite conocer el comportamiento de las mismas, estableciendo una serie de estaciones de control-indicadores:

- Desde el punto de vista del régimen de caudales se cuenta con la estación localizada en el Salto de Frieira (Lugo).
- Desde el punto de vista de los valores de las precipitaciones, se toman como referencia las estaciones pluviométricas de Lugo (Frieira), Orense y Ponferrada.

El *Convenio sobre cooperación para la protección y el aprovechamiento sostenible de las aguas de las cuencas hidrográficas hispano-portuguesas*, ha realizado un Protocolo adicional de régimen de caudales en el que se menciona que, *hasta que estudios más rigurosos permitan recomendar otra solución, la precipitación de referencia está calculada, para cada cuenca hidrográfica, de acuerdo con los valores de las precipitaciones observadas en las siguientes estaciones pluviométricas, afectados por los coeficientes de ponderación asociados que se citan: Miño Lugo 30%; Orense .47%; Ponferrada 23%.*

Se plantea entonces el cálculo del índice de estado de los tres pluviómetros considerados, otorgándole a cada uno de ellos el peso fijado.

Por otra parte, en el artículo 19 del citado Convenio se plantean las formas de actuar en situaciones de sequía y escasez de recursos que guardan relación con el propósito de este Plan Especial. Así, los dos Estados deberán coordinar sus actuaciones para prevenir y controlar las situaciones de sequía y escasez, establecerán mecanismos excepcionales para mitigar los efectos de las mismas y definirán la naturaleza de las excepciones al régimen general establecido en el Convenio. Estos mecanismos excepcionales incluirán, entre otros asuntos, la utilización de indicadores que permitan caracterizar las situaciones de sequía y escasez de manera objetiva.

En función de los datos disponibles para cada sistema se ha calculado el índice de estado. Para ello se tomarán como valores medios, máximos y mínimos los resultantes del estudio de los recursos fluyentes en el caso de los sistemas no regulados, o los resultantes de los niveles y aportaciones a los embalses si el sistema fuera regulado. Si el sistema depende tanto de recursos regulados como de no regulados, o cuando dependiendo de recursos regulados, sea necesario distinguir entre volumen de embalse y aportaciones al mismo, se construirá un índice mixto que ponderará ambos componentes:

- Las aportaciones al embalse, a partir de las cuales obtendremos el Índice de fluyente (I.F.).
- El volumen de agua embalsada al inicio de cada mes, del que obtendremos el Índice de embalse (I.Emb.).

El indicador final es, por tanto, un índice mixto, vinculado a la aportación media anual del embalse (A_m):

$$\text{ÍNDICE ESTADO MIXTO} = [\text{I.Emb} * (2 * V \text{ útil Emb}) / A_m] + [\text{I.F.} * (1 - (2 * V \text{ útil Emb}) / A_m)]$$

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

- **Medidas Estratégicas:** son actuaciones a largo plazo, de carácter institucional e infraestructural, que corresponden al ámbito de la Planificación Hidrológica. No forman parte de los Planes Especiales de actuación en situación de alerta y eventual sequía (escenario de Normalidad y/o Prealerta).
- **Medidas Tácticas:** tienen como objetivo conservar los recursos mediante la mejora de gestión, uso conjunto y ahorros voluntarios (campañas de concienciación). Corresponde al escenario de Alerta, y requieren el aumento del control y vigilancia de los indicadores. Forman parte de los Planes Especiales.
- **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.

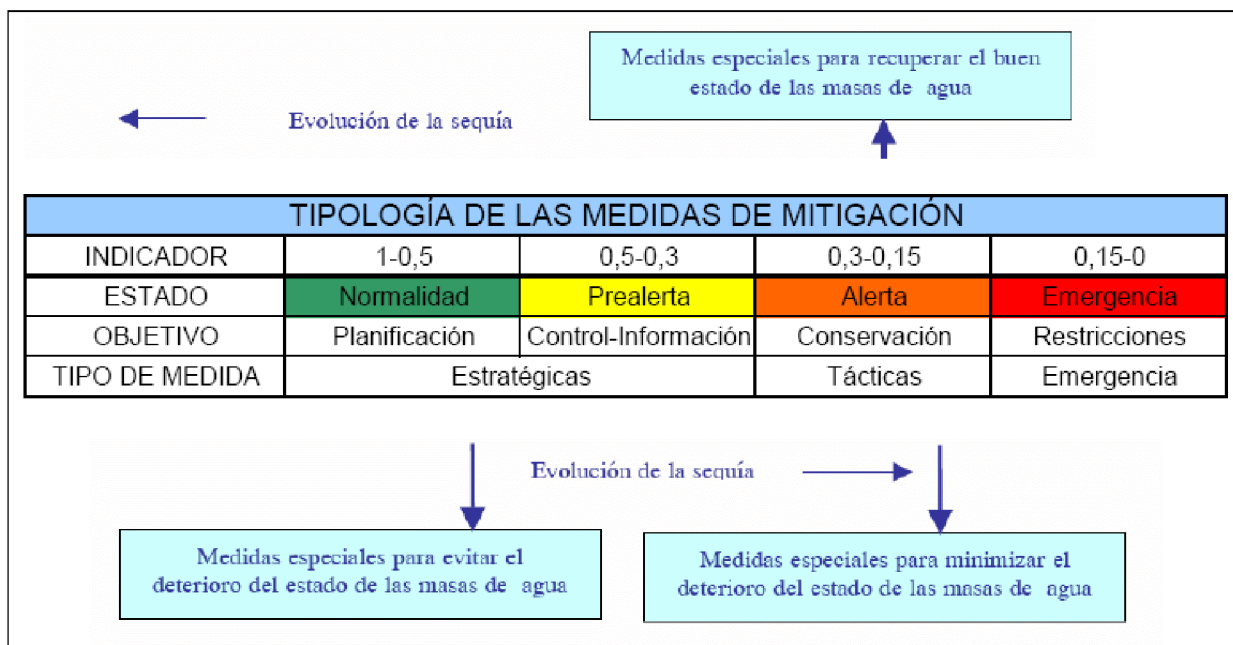


Figura 1. Tipología de medidas de mitigación (Fuente: CHN, 2007)

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 para su utilización en situaciones de sequía.
- **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:**
 - Establecimiento de responsables y organización para la ejecución y seguimiento.
 - Coordinación entre administraciones y entidades públicas relacionadas.
- **Medidas de seguimiento**
- **Medidas de recuperación**

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

A la hora de plantear las medidas a aplicar en cada sistema hay que tener en cuenta, tanto los recursos disponibles como los usos/demandas que se produzcan en cada sistema. Así, el índice de estado calculado anteriormente nos situaba en una u otra situación de sequía en función de los valores de aportación al sistema o del volumen de embalse, pero

con el fin de introducir el factor demanda, se recurre a un nuevo concepto, la *presión hidrológica*, que relaciona los recursos disponibles garantizados de cada sistema con la demanda asociada al mismo, informando de antemano, en qué situación de presión se encuentra el sistema independientemente de las aportaciones de cada mes mediante la siguiente expresión:

$$P = (RG - (Vna + DU)) / OD$$

donde:

- P: Presión hidrológica.
- RG: Recursos disponibles garantizados con las infraestructuras de aprovechamiento actuales.
- DU: Demanda para abastecimiento urbano.
- Vna: Valor necesidades ambientales.
- OD: Resto de las demandas
 - >1 Compatible (Demandas garantizadas)
 - 1-0,75 Moderada
 - 0,75-0,25 Severa
 - <0,25 Crítica

Con esta idea del valor de la presión hidrológica para cada sistema, se sabe que sistemas son más sensibles a la aparición de una situación de índice de estado por debajo de la normalidad.

En cuanto a las aguas subterráneas, en la fase de Normalidad y como medida de previsión en el análisis de los recursos, se realiza un estudio e inventario de captaciones y de posibilidades de rehabilitación de captaciones fuera de uso. Además, se establecen reservas estratégicas en acuíferos.

Desde el estado de normalidad e intensificando su alcance según avanza la situación de sequía, se controlarán las masas de agua subterráneas en riesgo y las asociadas a alguna de las zonas húmedas consideradas vulnerables:

Conclusiones

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

- Se han detectado una importante laguna de información y conocimiento, referente a la relación hídrica entre acuíferos y humedales, la determinación de requerimientos hídricos mínimos ambientales –regímenes de caudales ecológicos, niveles piezométricos mínimos, etc.-, el tipo de dependencia hídrica de hábitats y ecosistemas y los mecanismos de su vulnerabilidad frente a descensos prolongados de aportaciones hídricas.
- Debido a la escasez de datos referentes a los niveles de las aguas subterráneas, no se considera la evolución de los acuíferos como indicador representativo de la evolución de la cuenca.
- En el Ámbito de Planificación Norte I (Miño – Limia) no existen unidades hidrogeológicas regionales de interés. Este hecho, sumado a los altos niveles de pluviometría en toda la cuenca, determina que los recursos superficiales sean claramente superiores a los subterráneos. Los recursos subterráneos quedan, además, confinados en pequeños enclaves de carácter local, relacionados con depósitos detríticos granulares, y aguas superficiales. Por tanto, no se pueda contar como fuente de recurso explotable para demandas de cuantía apreciable. Sin embargo, pequeños acuíferos localizados en zonas de alteración de rocas ígneas o metamórficas, son especialmente importantes para el abastecimiento de viviendas aisladas, núcleos de menos de 500 habitantes e, incluso de algún núcleo con población mayor.

-
- Se considera necesaria una revisión del PES en el caso de existir, una modificación sustancial en la información relativa a niveles de explotación de acuíferos y una mejora del conocimiento de la relación hídrica entre zonas de protección ambiental y masas de aguas superficiales o subterráneas.

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 las 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 (I_e) 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 (I_c) 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 I_c .
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.
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”*. CHJ 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).

Por último, se han tenido en cuenta los resultados obtenidos en la “*Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Miño - Sil*”, desarrollado durante la fase del Esquema de Temas Importantes (ETI) para la elaboración del nuevo Plan Hidrológico de Cuenca.

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 Norte (PES-DHN), 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 DHMS 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 DHMS, 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 los Pozos de Sequía o antiguos pozos de abastecimiento existentes en la DHMS o que puedan construir en el futuro, 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).

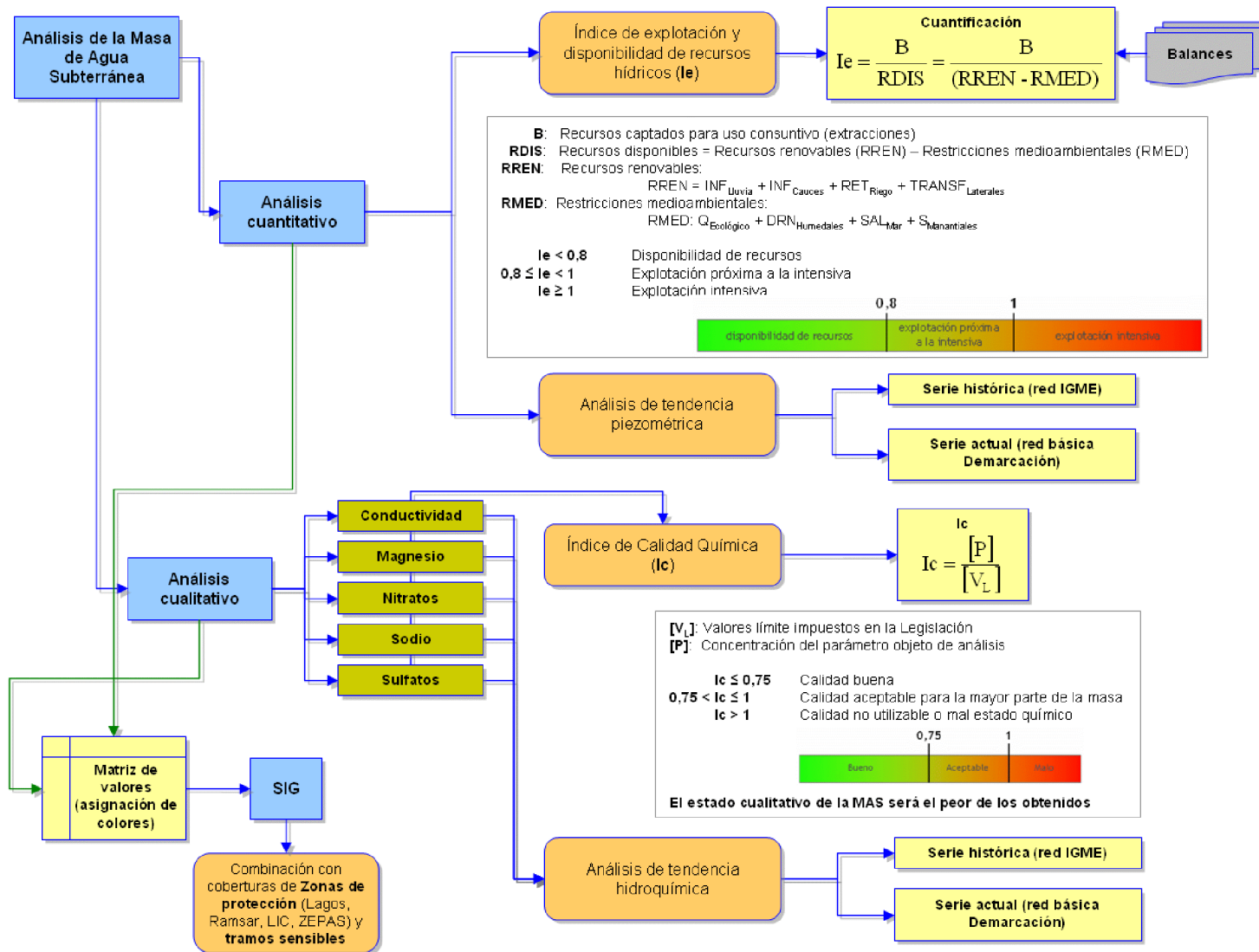


Figura 2. Metodología empleada para el cálculo de los Índices de Disponibilidad (Ie) y Calidad (Ic) de una Masa de Agua Subterránea

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, en el caso de la DHMS no existen redes históricas de piezometría por tanto en este punto solo se analiza la tendencia piezométrica 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 ($DRN_{HUMEDALES}$)

⁽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.

- Salidas al mar (SAL_{MAR})
- Manantiales ($S_{MANANTIALES}$)

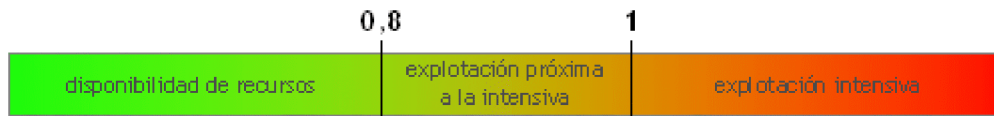
De tal forma que $RMED = (Q_{ECOLÓGICO}) + (DRN_{HUMEDALES}) + (SAL_{MAR}) + (S_{MANANTIALES})$

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:

$$RDIS = RREN - RMED$$

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 DHMS 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 responden 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 del periodo de la red actual, ya que en este caso no existe red piezométrica 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.

Se muestra la velocidad promedio de ascenso/descenso de la tendencia, indicándose también el grado de correlación obtenido, número de puntos utilizados y la amplitud de la serie.

Análisis cualitativo

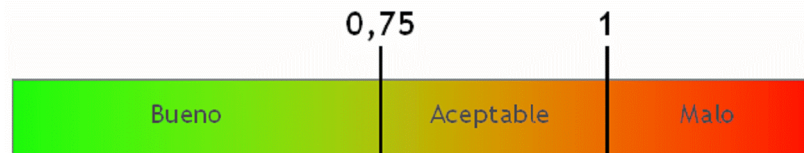
Para cada MASb se efectúa mediante el análisis de las series temporales de datos hidroquímicos de que se dispone (red histórica del IGME y red básica del MARM), calculando los Índices de Calidad Química para diferentes elementos (conductividad, magnesio, nitratos, sodio y sulfatos). Para la DHMS no existe red Histórica del IGME, por tanto se usa únicamente la red básica del MARM.

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_[P]*), 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_[P]* 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 $I_c > 1$, 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 I_c 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, de las redes existentes.

- 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 (I_e) y calificar la disponibilidad de recursos ($I_e < 0,80$: disponibilidad de recursos; $0,80 \leq I_e < 1$: explotación próxima a la intensiva; $I_e \geq 1$: explotación intensiva); y Análisis de la tendencia piezométrica, donde se analiza la tendencia de la serie histórica (en el caso de la DHMS no existen) 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, que en el caso de la DHMS solo se encuentra el -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 (I_c) para los diferentes parámetros considerados (Conductividad, Magnesio, Nitratos, Sodio, Sulfatos) utilizando para ello los datos más recientes (última campaña de control químico realizado) y la evolución temporal de los índices de calidad calculados. En el caso de existir serie histórica aquí se incluiría su análisis.

Para cada MASb de la DHMS 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, figura 5).

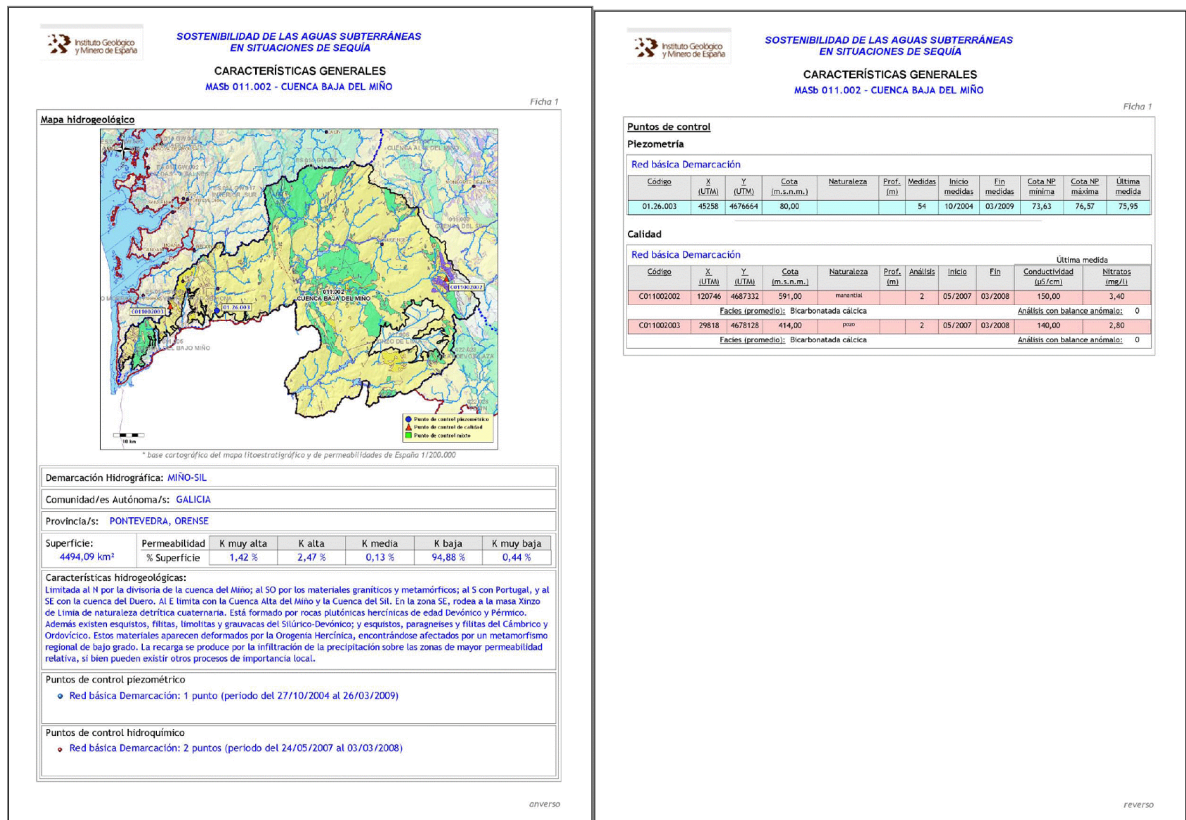


Figura 3. Páginas de características generales

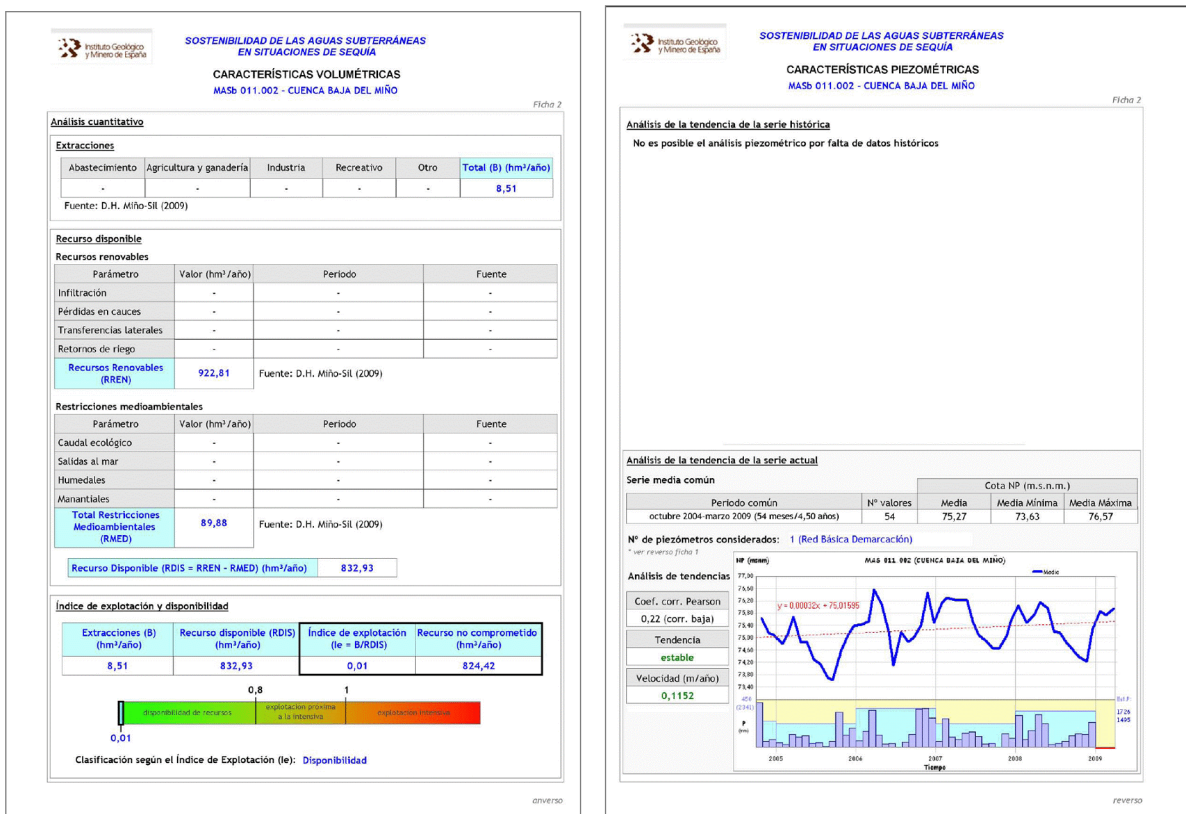
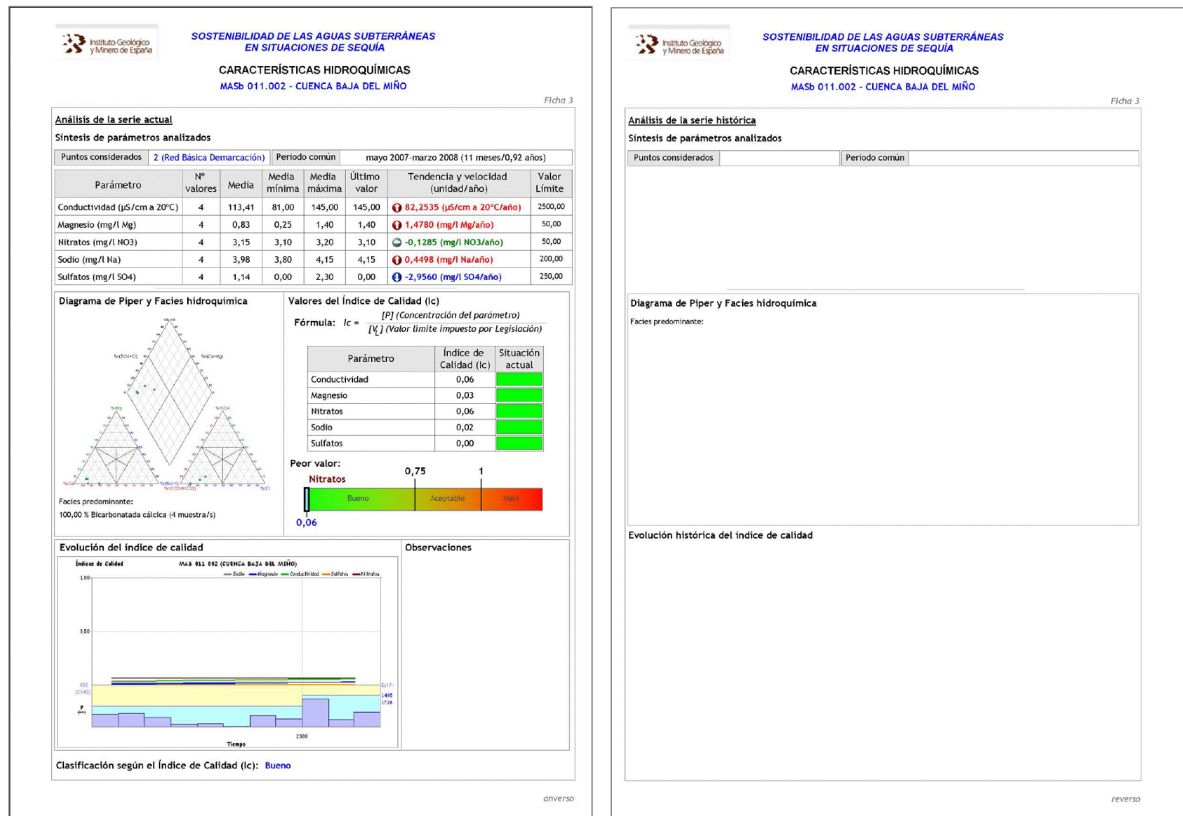


Figura 4. Páginas de características volumétricas y piezométricas



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 Miño - Sil, 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, que como se ha mencionado anteriormente en la DHMS

solo existe una red, la actualmente operativa (desde 2001) y cuyo seguimiento lo realiza el MARM (figura 6 y figura 7).

- Red básica de control de la piezometría en la DHMS Datos facilitados por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
- Red básica de control de la calidad de las aguas subterráneas, procedente del MARM.
- Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea, procedente de la DHMS, 2008.

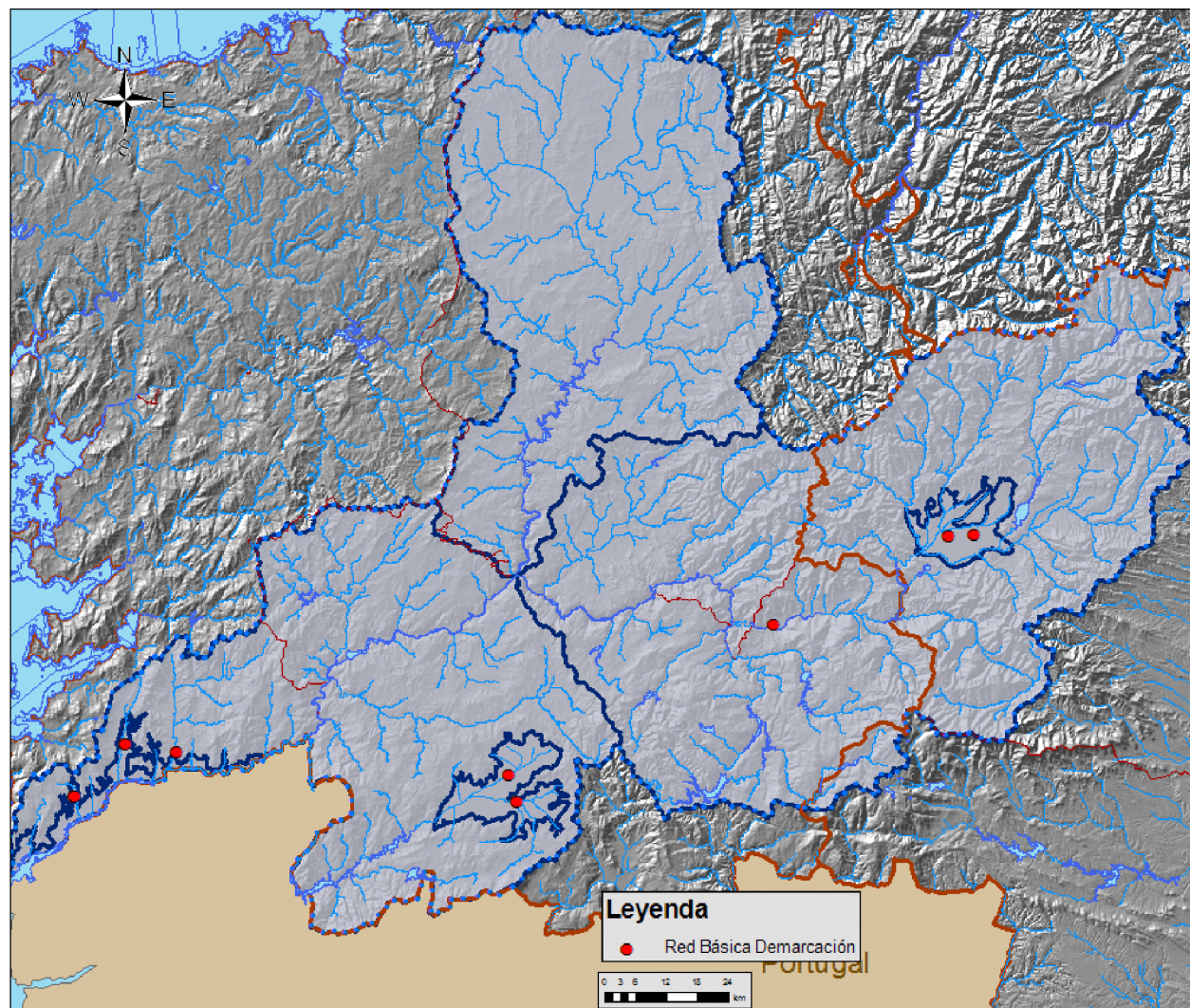


Figura 6. Distribución espacial de las redes de control piezométrico de la DHMS

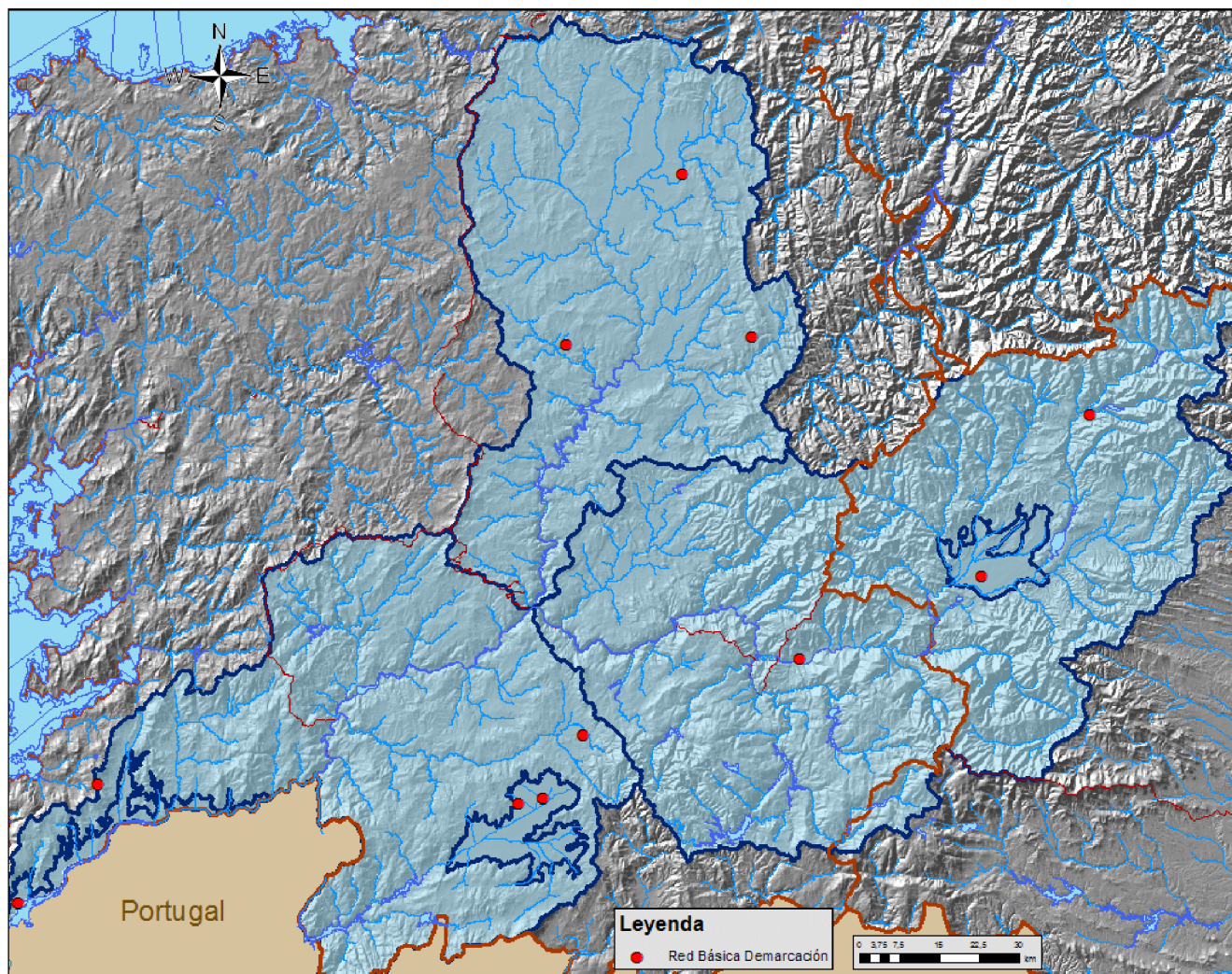


Figura 7. Distribución espacial de las redes de control hidroquímico de la de la DHMS

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.

1. Respecto a los análisis químicos, se ha detectado un problema importante con la conductividad, y es que se ha 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.

2. 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.

Además de toda esta información recopilada y tratado información relacionada con:

- Red de control de la meteorología (pluviometría), procedente del Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)⁽²⁾. En total se han utilizados datos de 413 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 DHMS con objeto de incluir estaciones cercanas al límite de Demarcación (buffer de 50 km).

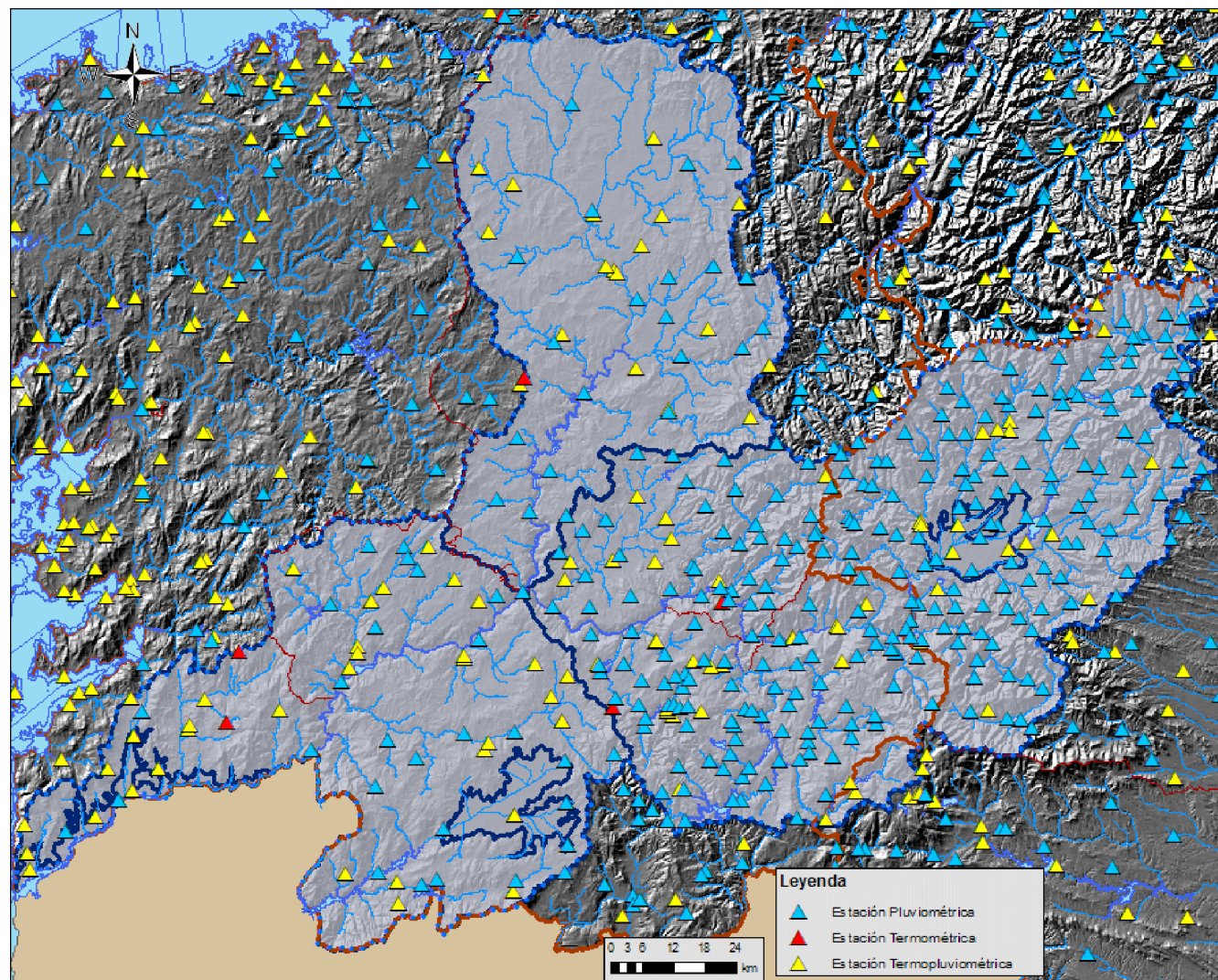


Figura 8. Distribución espacial de estaciones meteorológicas de la de la DHMS y su entorno inmediato

- 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 en la Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil, versión de 2005.
- 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 Miño - Sil (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 tramos de cauce conectados con formaciones geológicas permeables, analizando la tipología y cuantificando la conexión.

-
- Datos orientados a determinar el índice de disponibilidad de las MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil. 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 DHN 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 y captaciones pertenecientes a antiguos abastecimiento urbanos que pueden activarse en situaciones operacionales de sequía declaradas como de alerta o emergencia.

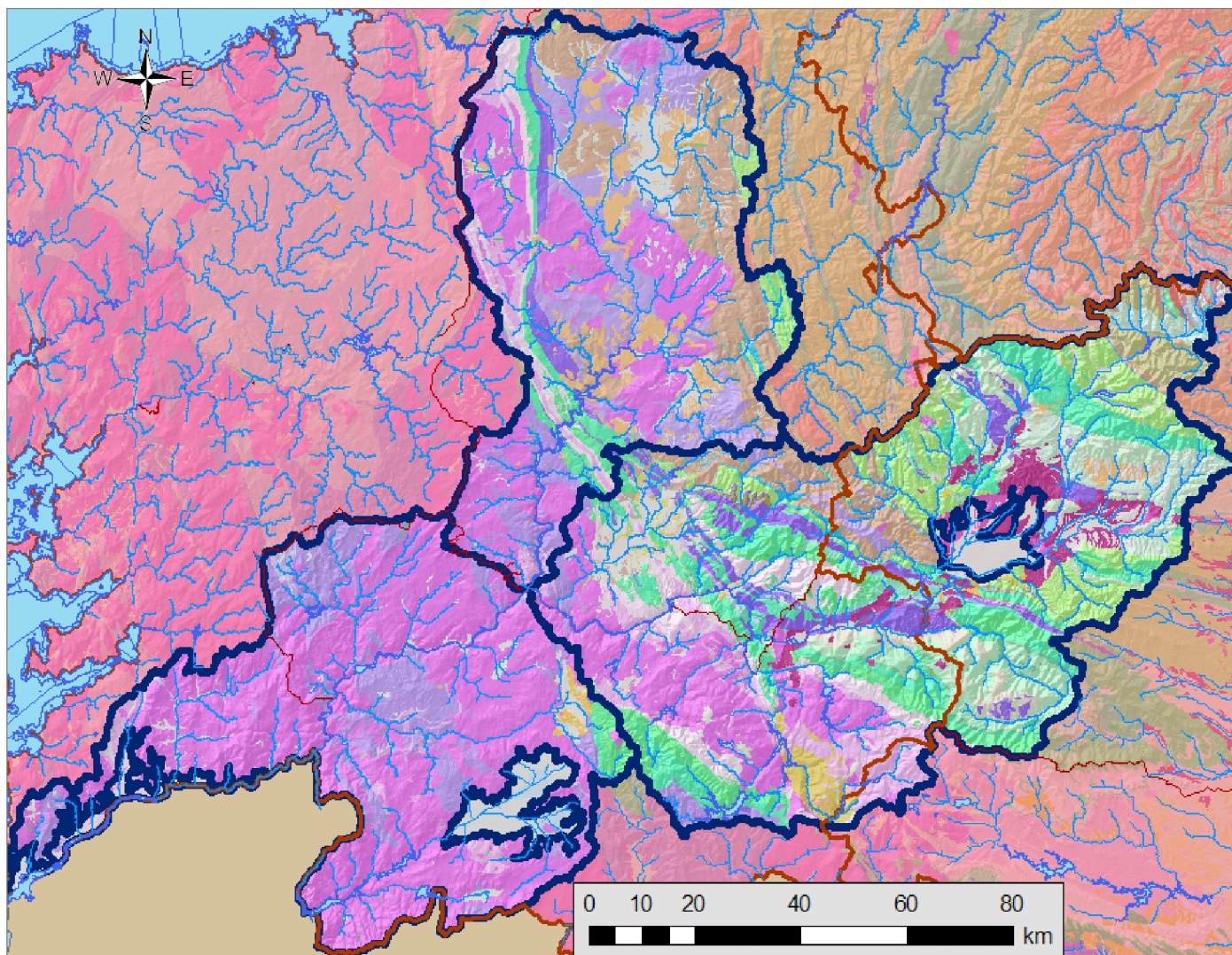


Figura 9. Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad a escala 1:200.000 (IGME y MMA, 2006)

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 la red de control actual (operativa desde 2001 y gestionada por el MARM a través de la DHMS); 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 Miño - Sil, se ha desarrollado una metodología basada en el cálculo del **Índice de Explotación (I_e) 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 (*Ie*) 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 MSAb.

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:

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

En el Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía de la Demarcación Hidrográfica del Norte (PES-CHN) se menciona que, es necesario establecer requerimientos ambientales; y determinar unas directrices que compatibilicen los usos del agua y los regímenes de caudales ambientales, con objeto de proporcionar el equilibrio óptimo que permita la protección de la fauna y flora.

Los vigentes Planes Hidrológicos de la cuenca Norte, aprobados en 1998, establecen que “el caudal mínimo a circular en el cauce no será inferior a un décimo del caudal medio interanual, con un mínimo de 50 l/s en ríos con caudales permanentes todo el año, o la totalidad del caudal natural fluyente si este fuese menor a un décimo ó a 50 l/s”.

⁽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.

Además, establecen excepciones a los caudales medioambientales:

“Con carácter excepcional para atender las demandas urbanas en núcleos de menos de 500 habitantes podrán no respetarse los caudales mínimos medioambientales. Igualmente para atender las demandas ganaderas en el ámbito del Plan podrán no respetarse los caudales medioambientales. No obstante el Organismo de Cuenca podrá no autorizar la dispensa cuando estime que hay soluciones aceptables para atender las demandas sin afectar a los caudales medioambientales. Entre las soluciones aceptables se considerará la de enganchar a abastecimientos que utilicen aguas reguladas o subterráneas.

En los casos en los que excepcionalmente se autorice a no respetar los caudales mínimos medioambientales, deberá dejarse en el río como mínimo el 25% del caudal circulante y si el tramo fuera de paso o vida de peces, hacer en su caso, las obras necesarias para que aun con el 25% los peces puedan seguir viviendo y circulando.

En todas las concesiones que impliquen una excepción del caudal mínimo medioambiental se hará la evaluación de sus efectos prevista en el artículo 90 de la ley.

La autorización del Organismo de Cuenca precisará los períodos y cuantías”.

Se establecen determinaciones más exigentes que los caudales medioambientales en determinados casos, establecidas en forma de indicadores cuantitativos:

- *“En el río de la laguna de Antela deberá respetarse como mínimo 90 l/s de agua.*
- *“El embalse de Vilasouto deberá soltar al río Mao un caudal continuo de 92 l/s”.*

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:

I_e, 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 hm^3/a

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 (***I_e***) 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 (***I_e***) 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 22 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.

⁽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.)

Partiendo de las expresiones anteriormente expuestas y de los datos de balances hidrogeológicos oficiales recogidos en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Miño – Sil, se han fijado los siguientes términos para cada una de las MASb definidas de la DHMS 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 DHMS. Se diferencian por colores atendiendo al resultado obtenido en el cálculo del Ie:

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

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						
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO	1039,99	164,18	875,81	10,74	865,07	0,01
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	922,81	89,88	832,93	8,51	824,42	0,01
011.003	CUENCA DEL SIL	1682,04	291,07	1390,97	19,50	1371,47	0,01
011.004	CUBETA DEL BIERZO	25,50	12,51	12,99	0,31	12,68	0,02
011.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO	24,51	4,38	20,13	1,65	18,48	0,08
011.006	XINZO DE LIMIA	78,77	18,97	59,80	11,23	48,57	0,19
TOTALES		3773,62	580,99	3192,63	51,94	3140,69	

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

Atendiendo a los datos recogidos en la tabla anterior, el 15,4% de los recursos renovables asociados a MASb de la DHMS deben ser objeto de reserva para dotar compromisos medioambientales, lo que supone un volumen anual medio de 581 hm³.

Una vez reservados los caudales medioambientales (caudales ecológicos, intrusión marina y humedales), el total de recursos disponibles en la DHMS asciende a un volumen medio anual de 3.193 hm³, cálculos en lo que no se consideran las transferencias laterales entre MASb hidráulicamente conectadas.

Considerando que los volúmenes de aguas subterráneas captadas en las MASb de la DHMS mediante bombeos suponen un volumen promedio anual de 52 hm³, y partiendo del volumen de recursos disponibles anteriormente citado (3,193 hm³/a), la DHMS dispone de un total de 3.141hm³/a de recursos hídricos subterráneos para su utilización en situaciones de sequía, que corresponden con el 83,2% de los recursos renovables.

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

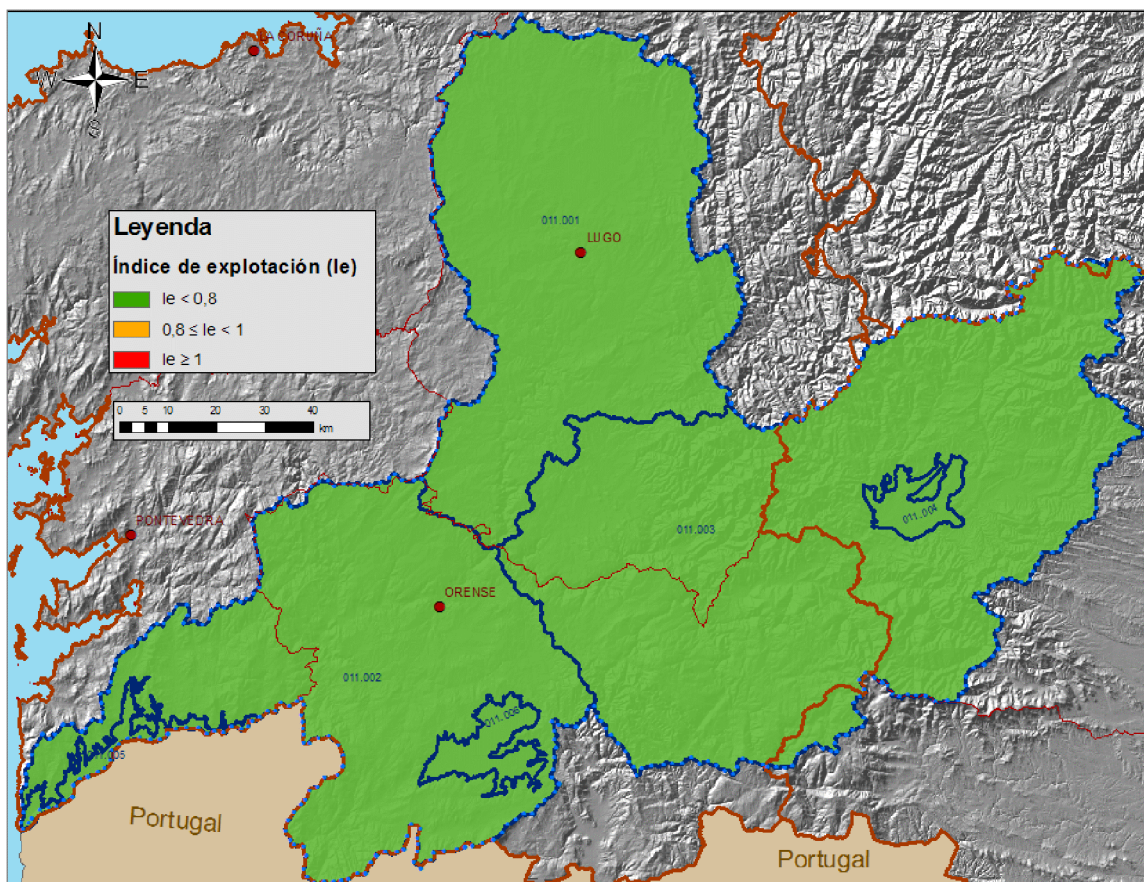


Figura 10. Valores del Índice de Explotación (Ie) de las Masas de Agua Subterránea de la DHMS

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 la red de control actual, 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 la serie temporal de datos piezométricos de que dispone el MARM procedente de la explotación de las Redes Oficiales de Control de Aguas Subterráneas de la Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil y que abarca el periodo 2001-2009.

El análisis 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).

Todos los gráficos de evolución piezométrica generados, 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 la siguiente figura (figura 11), se muestra un ejemplo de análisis de tendencias de las series actuales para una MASb, tal y como se reflejan en las fichas que se adjuntan.

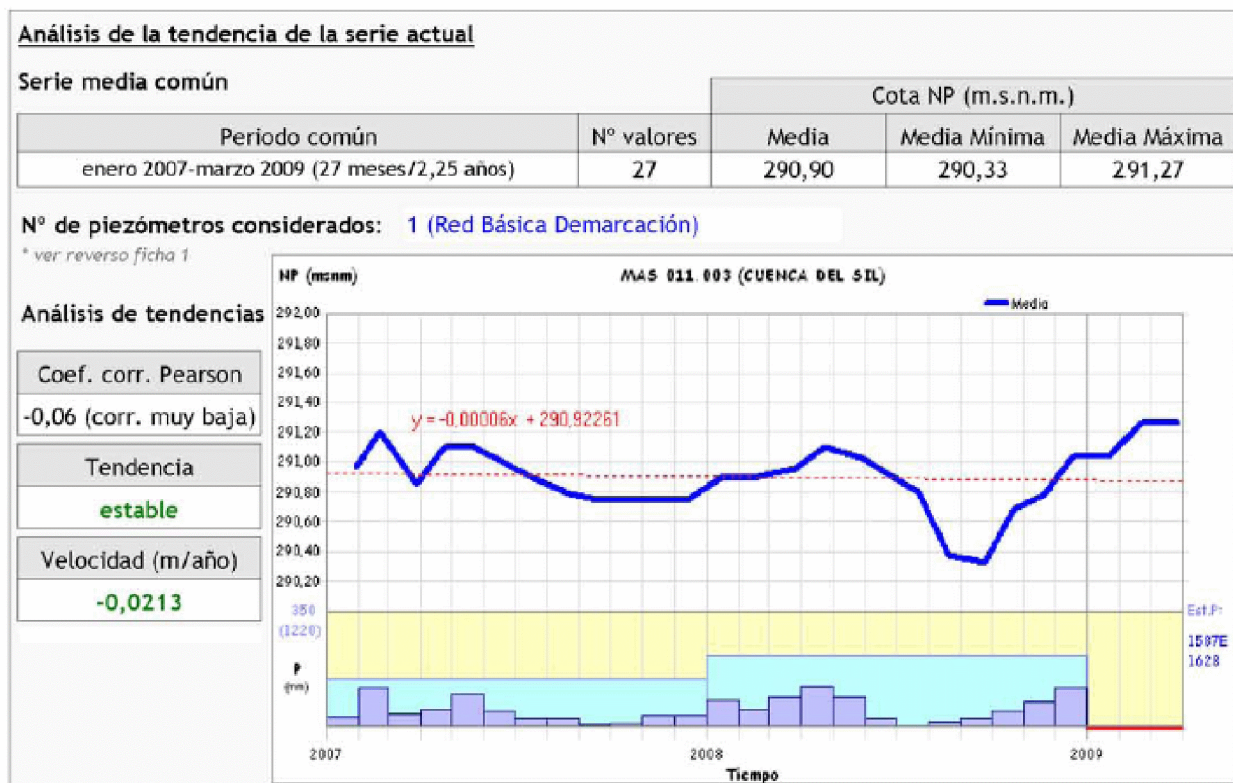


Figura 11. Ejemplo de serie de evolución piezométrica generada para el análisis de la serie actual

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 12).
- 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 siguiente figura, correspondiente a la serie actual del ejemplo anterior.

Puntos de control

Piezometría

Red básica Demarcación

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
1011003003	161269	4701594	292,00			27	01/2007	03/2009	290,33	291,27	291,27

Figura 12. Características de los piezómetros utilizados

- 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 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 13).

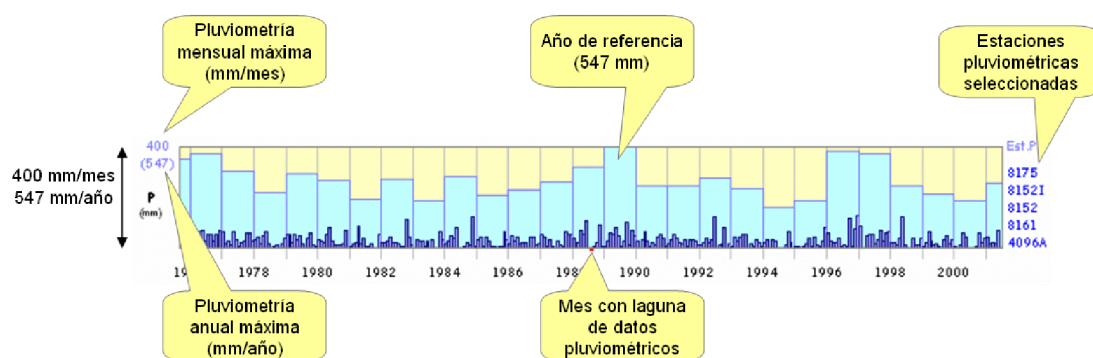


Figura 13. Serie pluviométrica seleccionada para el caso del ejemplo anterior

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 la red considerada:
 - 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 DHMS ya que no en todas de ellas existente redes de control piezométrico 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.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los análisis de tendencias actuales para todas las MASb Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil (tabla 2), 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 actual					Coeficiente de velocidad			Índice de explotación
Código	Nombre	Representatividad superficie MASb (km ² /piezómetro)	Piezómetros considerados	Índice de representatividad	Coeficiente de Correlación	Coeficiente de velocidad (m/año)	Coeficiente de velocidad serie histórica (m/año)	Coeficiente de velocidad serie actual (m/año)	Coeficiente de velocidad (m/año)	
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO									0,01
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	4494,09	1	0,54	0,22	0,115				0,01
011.003	CUENCA DEL SIL	7802,75	1	0,27	0,06	-0,021				0,01
011.004	CUBETA DEL BIERZO	94,27	2	0,54	0,01	-0,001				0,02
011.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO	87,61	2	0,53	0,06	-0,015				0,08
011.006	XINZO DE LIMIA	126,47	2	0,51	0,17	-0,053				0,19

Tabla 2. Resumen del análisis piezométrico de datos actuales

De todas las MASb de la cuenca (6 MASb), solo se ha podido realizar un análisis actual en 5 (83,3 %). La siguiente figura (figura 14) se muestra el resultado del análisis de tendencia realizado, con los puntos de control de la Red Básica de la Demarcación. Del análisis de la figura, se puede deducir que existe una estabilidad general en todas las MASb con datos actuales a analizar.

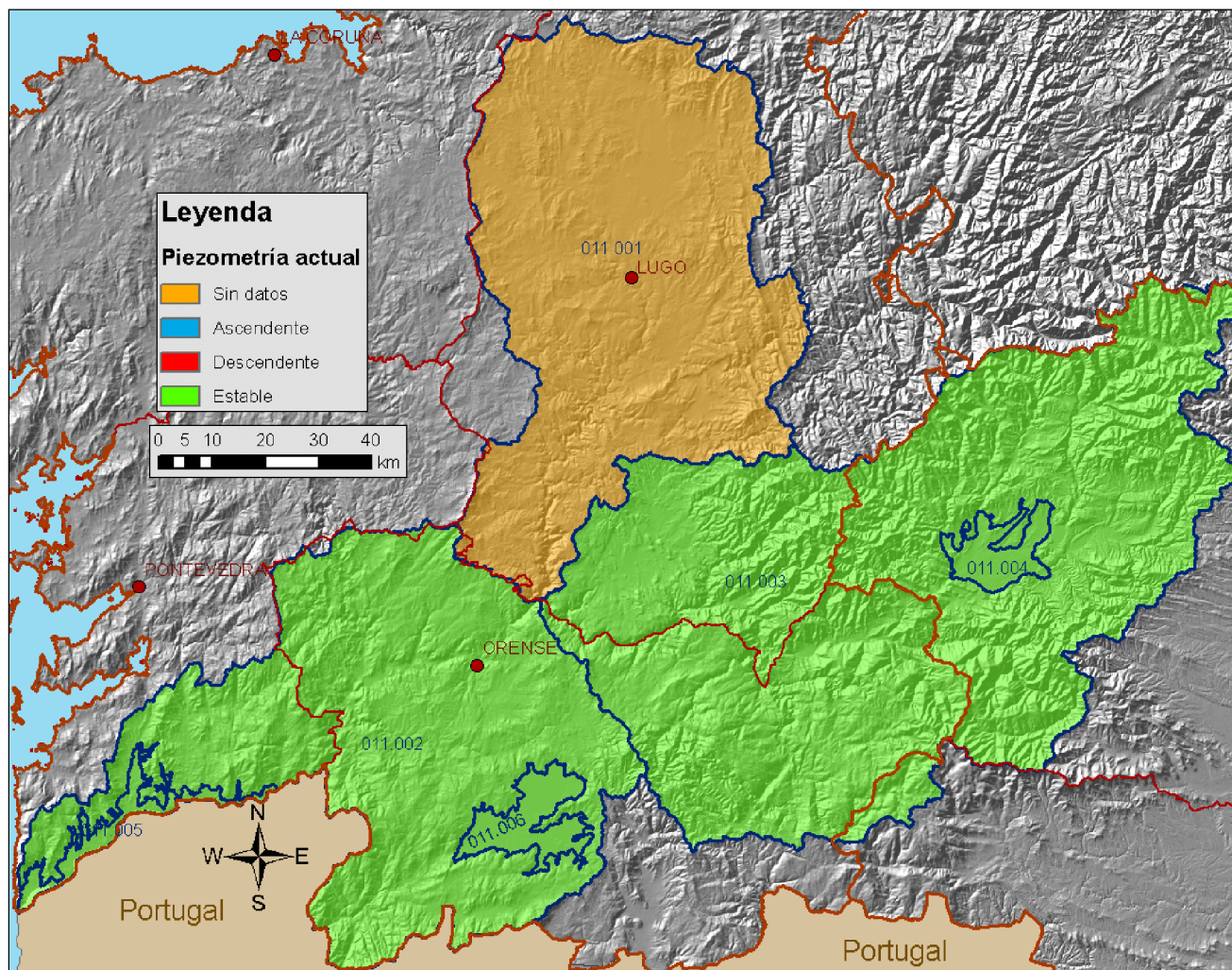


Figura 14. Análisis de la piezometría actual de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil

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

En la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil se han definido un total de 6 Sistemas de Explotación, que acogen las 6 MASb que han sido definidas en el ámbito hidrográfico.

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:

- 01 – MIÑO ALTO
- 02 – SIL SUPERIOR
- 03 – SIL INFERIOR
- 04 – CABE
- 05 – LIMIA
- 06 – MIÑO BAJO

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 (figura 15), junto con las tablas y figuras correspondientes.

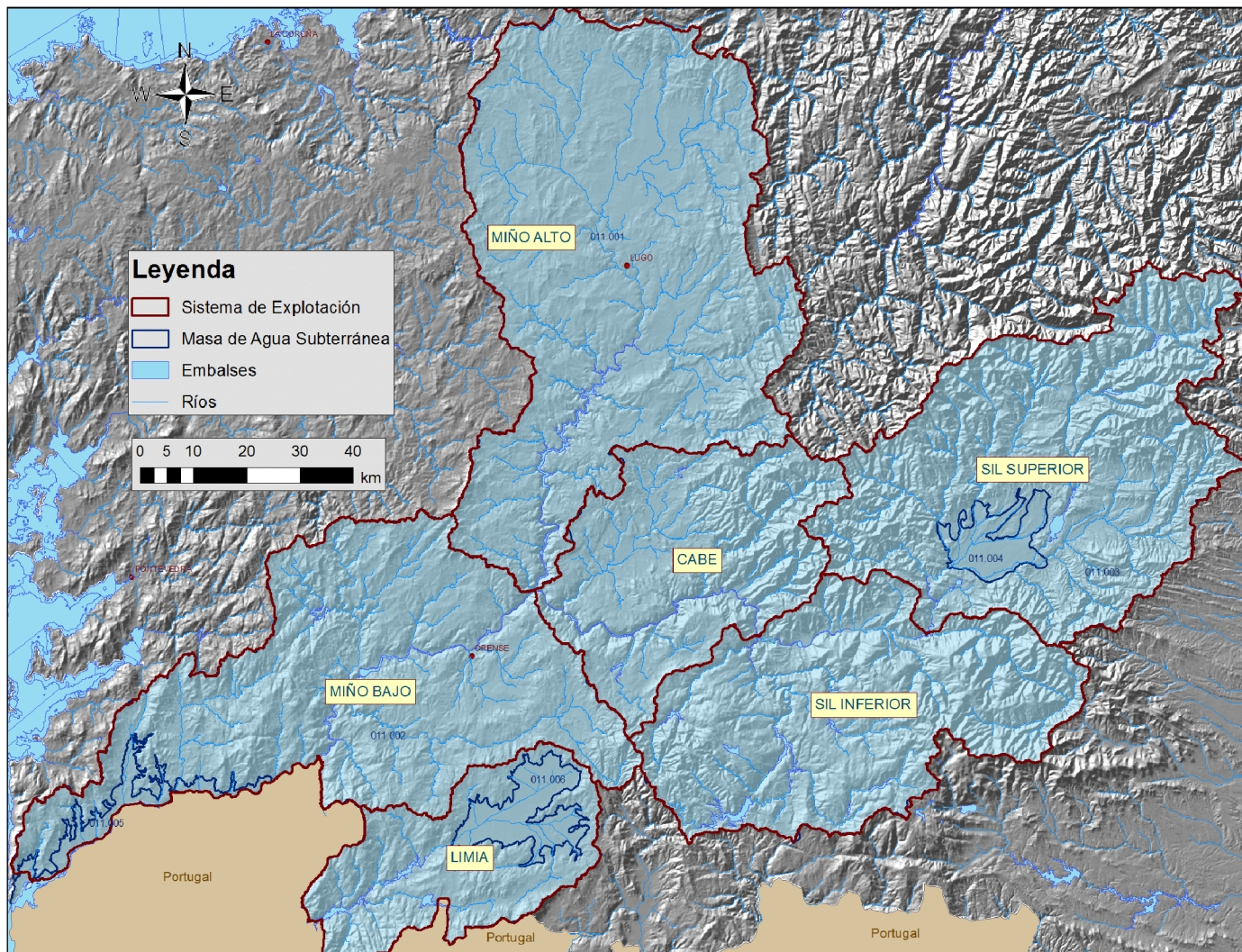


Figura 15. Sistemas de Explotación, Masas de Agua Subterránea y Ríos de la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil

Miño - Alto

En el **Sistema de Explotación 01 – Miño - Alto** (figura 16) se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 875,81 hm³, repartidos entre 1 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 10,74 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 865,07 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,01, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (*Ie*), es decir, el 99% 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 3).

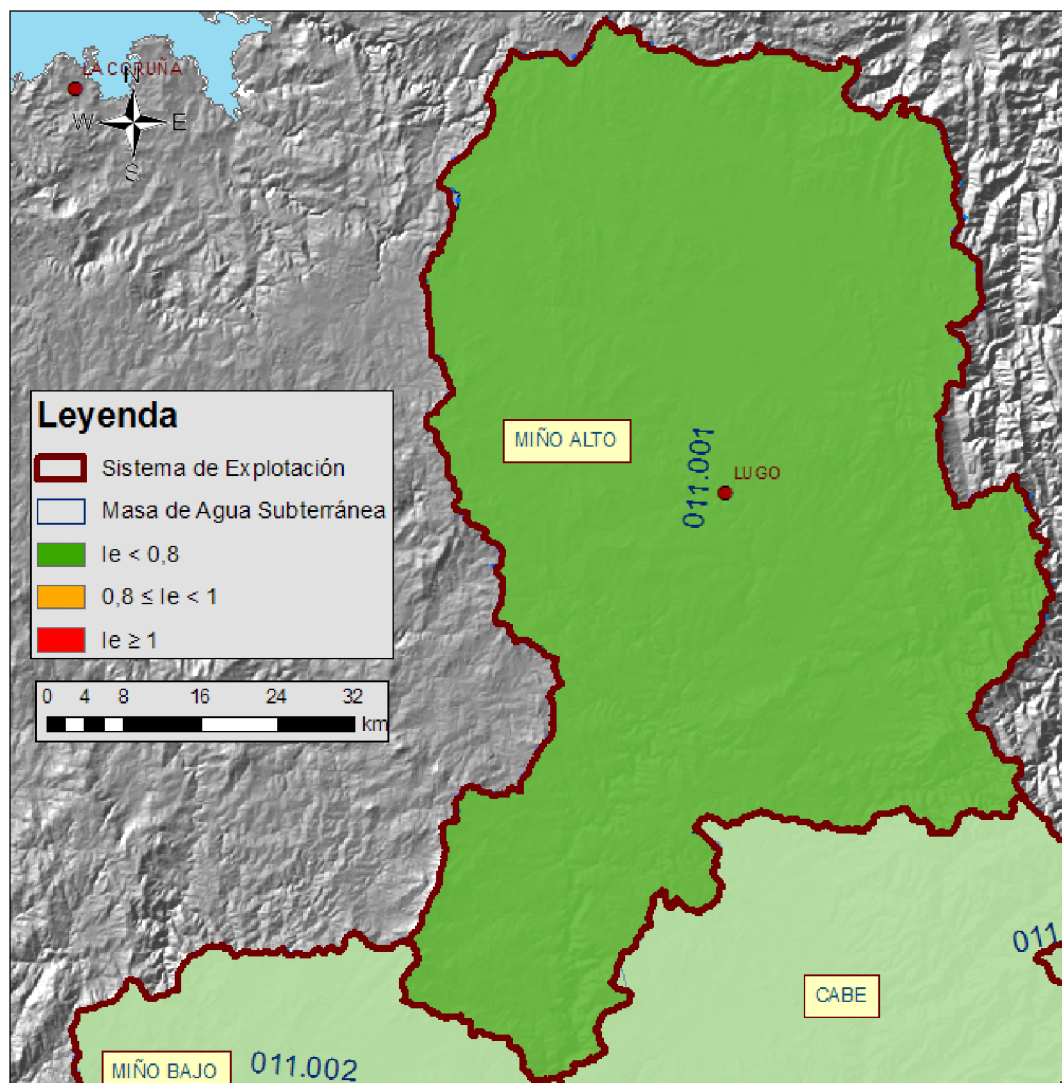


Figura 16. Sistema de Explotación de Miño Alto y Masas de Agua Subterránea

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 (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
1 - MIÑO ALTO								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO	100,0 %	1039,99	164,18	875,81	10,74	865,07	0,01	Disponibilidad
	1 masas		1039,99	164,18	875,81	10,74	865,07	0,01	

Tabla 3. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Miño Alto

Sil - Superior

En el **Sistema de Explotación 02 - Sil - Superior** (figura 17) se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 588,85 hm³, repartidos entre 2 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 8,38 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 580,47 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,02, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (**Ie**), es decir, el 99% 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 4).

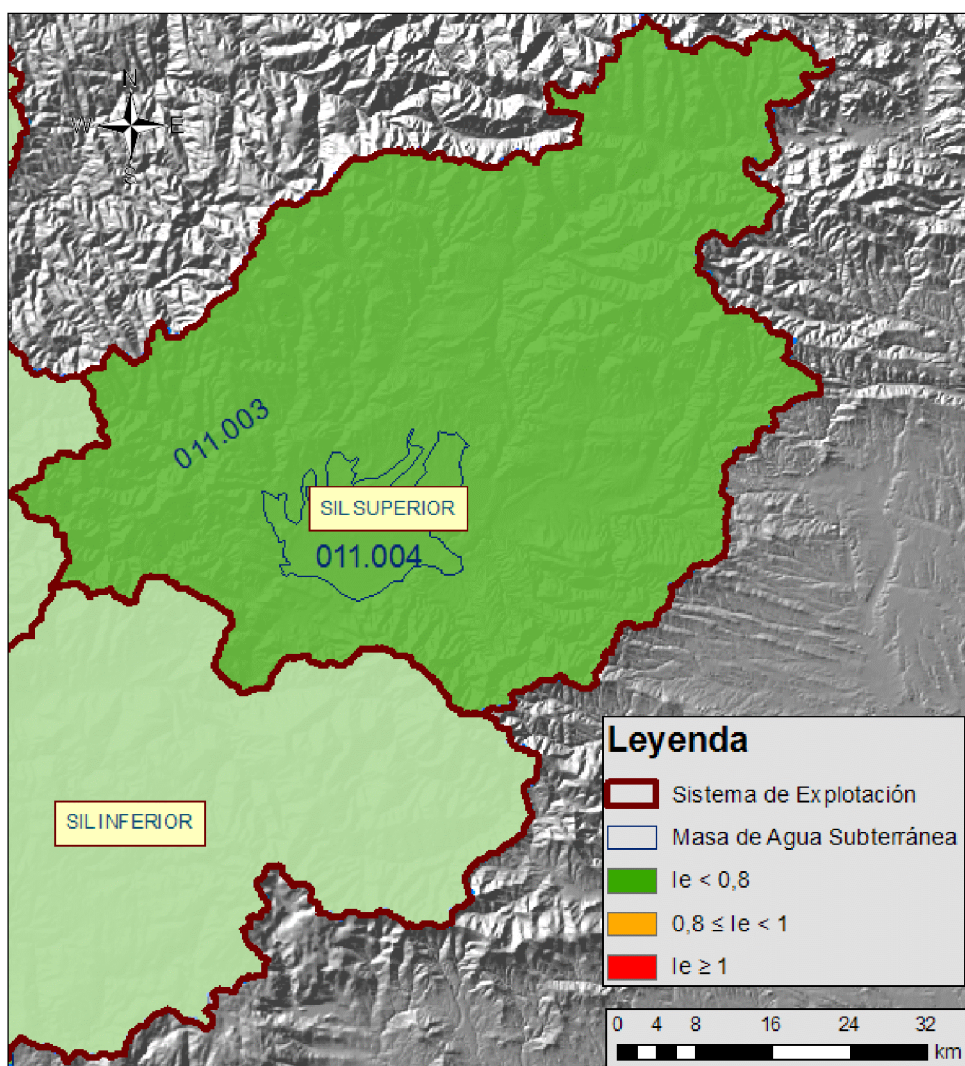


Figura 17. Sistema de Explotación de Sil Superior y Masas de Agua Subterránea

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 (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
2 - SIL SUPERIOR								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
011.003	CUENCA DEL SIL	41,4 %	696,36	120,50	575,86	8,07	567,79	0,01	Disponibilidad
011.004	CUBETA DEL BIERZO	100,0 %	25,50	12,51	12,99	0,31	12,68	0,02	Disponibilidad
2 masas			721,86	133,01	588,85	8,38	580,47	0,02	

Tabla 4. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Sil Superior

Sil - Inferior

En el **Sistema de Explotación 03 – Sil – Inferior** (figura 18) se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 478,49 hm³, repartidos entre 1 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 6,71 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 471,79 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,01, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (**Ie**), es decir, el 99% 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 5).

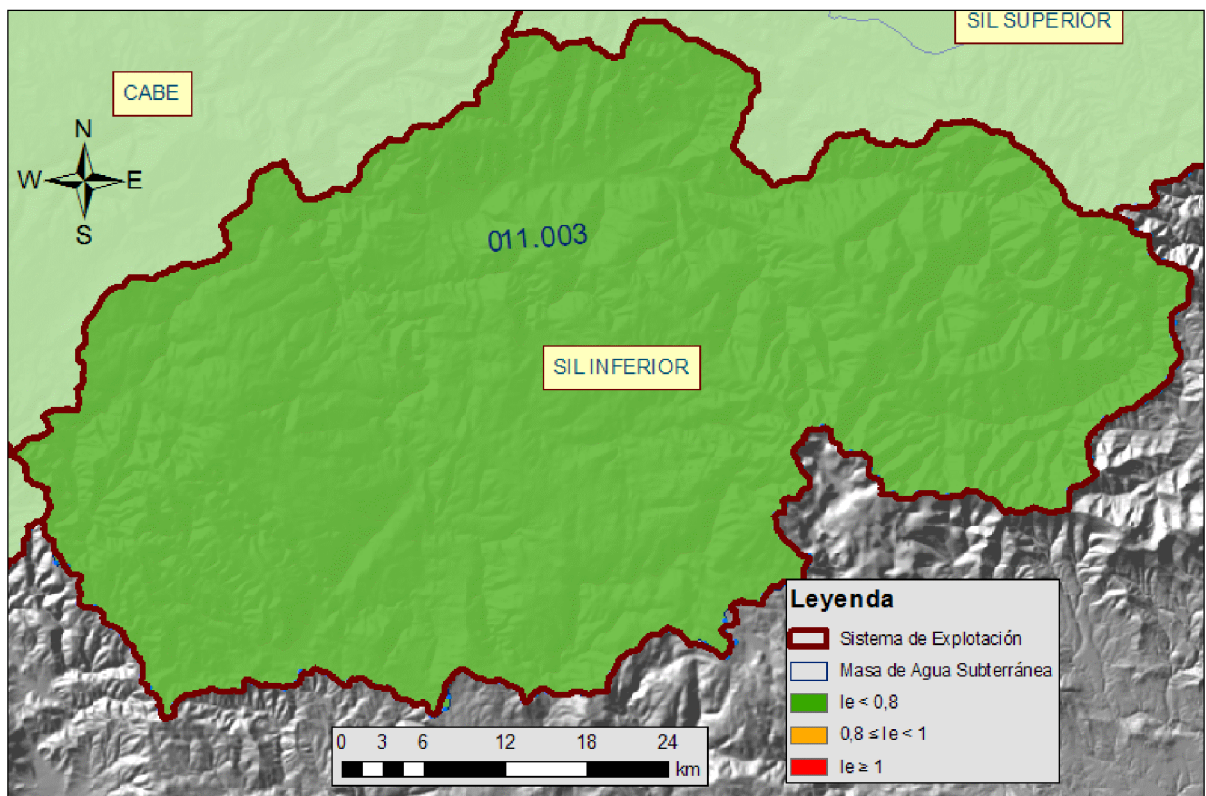


Figura 18. Sistema de Explotación Sil Inferior y Masas de Agua Subterránea

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 (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
3 - SIL INFERIOR								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
011.003	CUENCA DEL SIL	34,4 %	578,62	100,13	478,49	6,71	471,79	0,01	Disponibilidad
	1 masas		578,62	100,13	478,49	6,71	471,79	0,01	

Tabla 5. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Sil Inferior

Cabe

En el **Sistema de Explotación 04 – Cabe** (figura 19), se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 336,61 hm³, repartidos entre 1 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 4,72 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 331,90 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,01, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (**Ie**), es decir, el 99% 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 6).

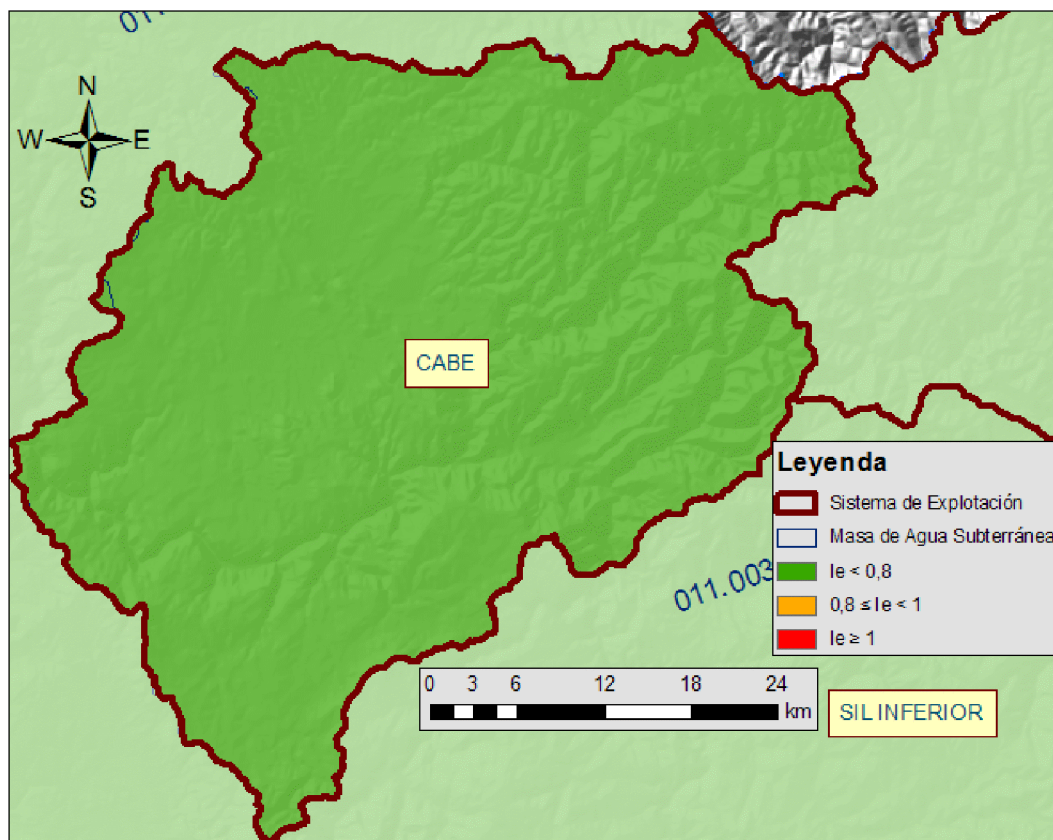


Figura 19. Sistema de Explotación del Cabe y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	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)	
4 - CABA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
011.003	CUENCA DEL SIL	24,2 %	407,05	70,44	336,61	4,72	331,90	0,01	Disponibilidad
	1 masas		407,05	70,44	336,61	4,72	331,90	0,01	

Tabla 6. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Cabe

Miño - Bajo

En el **Sistema de Explotación 05 – Miño - Bajo** (figura 20), se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 653,99 hm³, repartidos entre 1 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 8,13 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 645,86 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,05, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (**Ie**), es decir, el 96% 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).

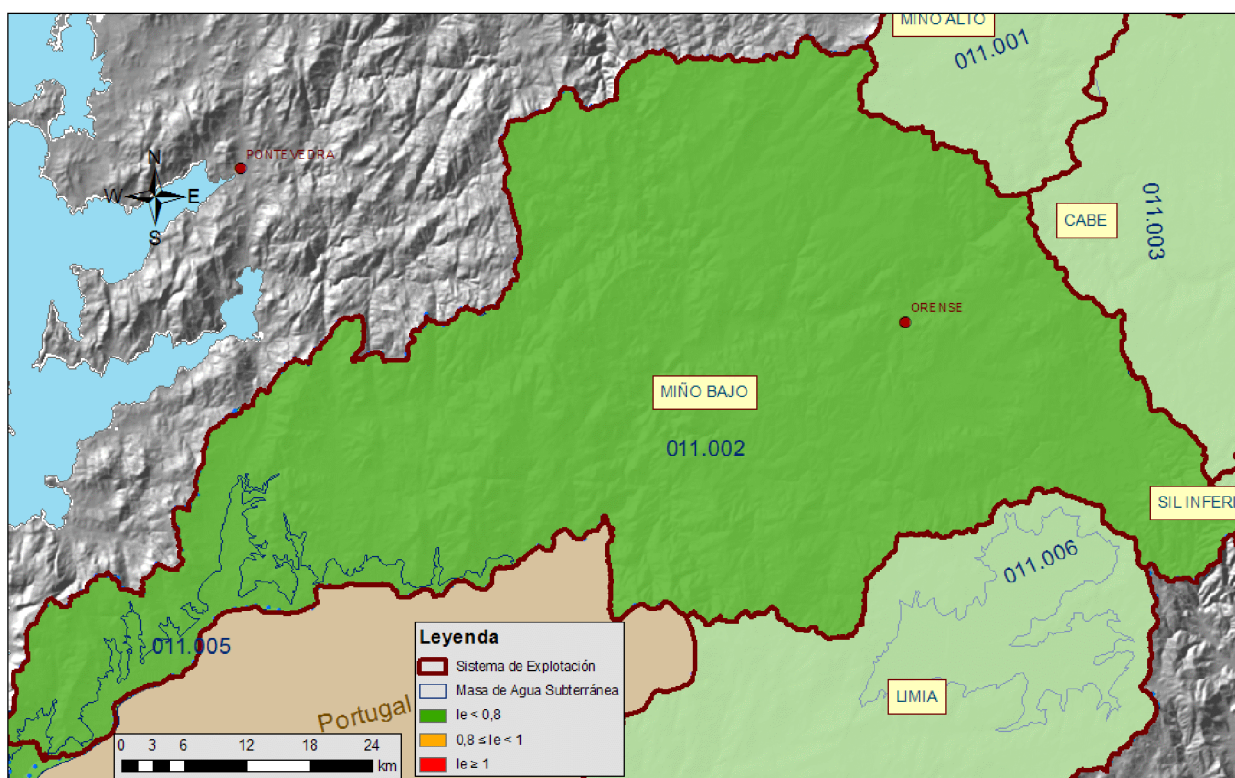


Figura 20. Sistema de Explotación de Miño Bajo y Masas de Agua Subterránea

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 (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
Masas de Agua Subterránea								Ie	Disponibilidad
5 - MIÑO BAJO									
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	76,1 %	702,26	68,40	633,86	6,48	627,38	0,01	Disponibilidad
011.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO	100,0 %	24,51	4,38	20,13	1,65	18,48	0,08	Disponibilidad
2 masas			726,77	72,78	653,99	8,13	645,86	0,05	

Tabla 7. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Miño Bajo

Limia

En el **Sistema de Explotación 06 - Limia** (figura 21) se ha calculado un volumen de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles medios anuales de 241,61 hm³, repartidos entre 1 MASb. De este volumen de Recursos Disponibles, según los datos existentes, las extracciones ascienden a un total de 13,26 hm³/a. Esto supone que existe un volumen de Recursos NO Comprometidos en este Sistema de Explotación de 48,57 hm³/a. El valor promedio de Índice de Explotación de aguas subterráneas es de 0,10, no existiendo ninguna MASb que supere un valor de 1 para el Índice de Explotación (**Ie**), es decir, el 90% 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 8).

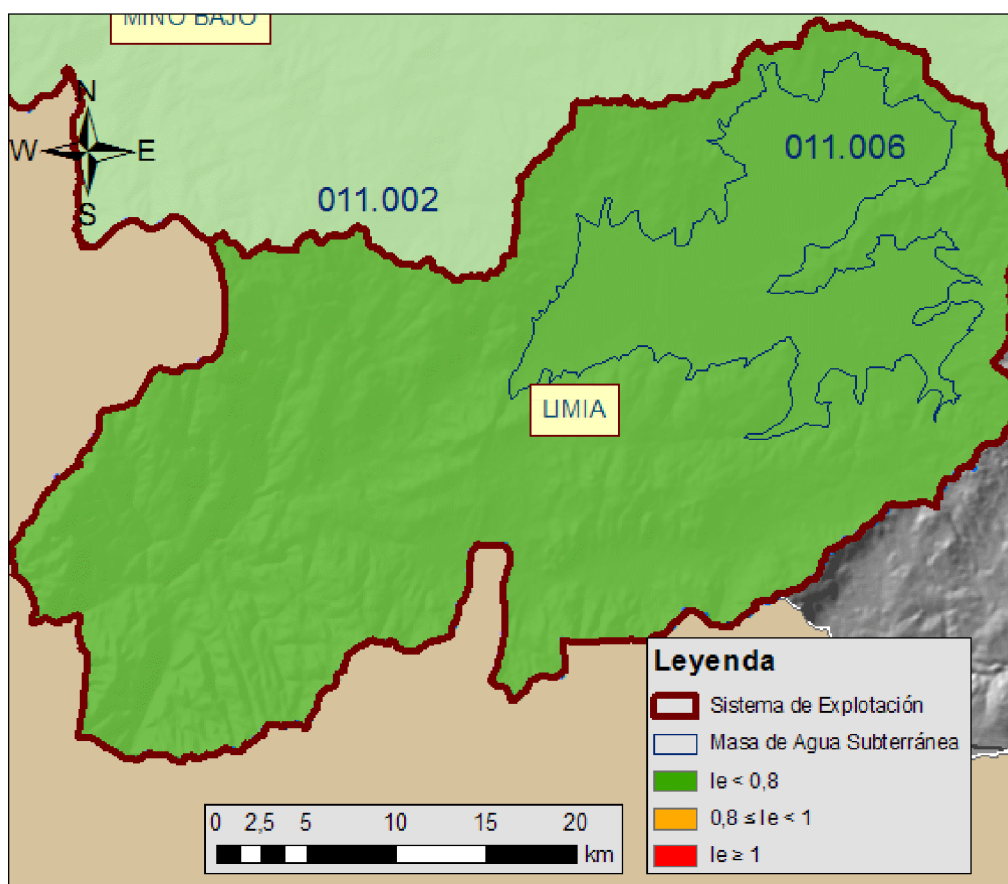


Figura 21. Sistema de Explotación de Limia y Masas de Agua Subterránea

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 (RNC) (hm ³ /a)	Índice de Explotación (Ie)	
6 - LIMIA								Ie	Disponibilidad
Masas de Agua Subterránea									
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	23,9 %	220,55	21,48	199,07	2,03	197,04	0,01	Disponibilidad
011.006	XINZO DE LIMIA	100,0 %	78,77	18,97	59,80	11,23	48,57	0,19	Disponibilidad
1 masas			299,32	40,45	241,61	13,26	48,57	0,10	

Tabla 8. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos. Sistema de Explotación Limia

5. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

Para el análisis del estado cualitativo de las Masas de Agua Subterránea de la DHMS, se han utilizado tanto los datos de calidad química obtenidos de 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, 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 ($Ic[P]$), que responde a la siguiente expresión:

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

donde:

$Ic_{[P]}$, 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 mayor registro, 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 22) muestra un ejemplo de análisis realizado para la serie actual de la Xinzo de Limia, en la que se han considerado 2 puntos de control:

Puntos considerados		2 (Red Básica Demarcación)		Periodo común		mayo 2007-marzo 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)	4	212,66	200,00	225,00	225,00	📈 32,1303 ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	4	2,66	2,05	3,25	3,25	📉 1,5423 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO ₃)	4	16,18	14,00	18,30	18,30	📈 5,5264 (mg/l NO ₃ /año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	4	15,83	10,70	21,10	10,70	📉 -13,3662 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO ₄)	4	3,26	2,30	4,25	2,30	📉 -2,5062 (mg/l SO ₄ /año)	250,00

Figura 22. Resultados del análisis tendencial en una serie actual

Como se puede observar en la figura anterior, 3 parámetros muestran una tendencia ascendente, mientras que otros 2 están descendiendo. El periodo común seleccionado comprende 11 meses (desde mayo de 2007 hasta marzo de 2008), y se han utilizado 2 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 4.

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 23).

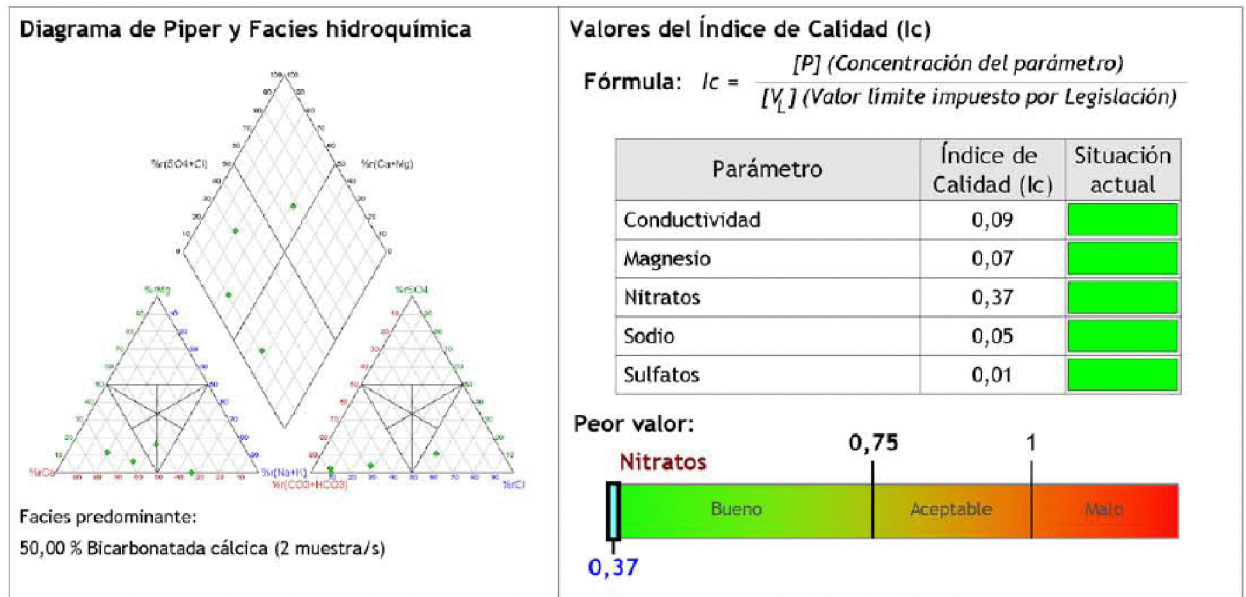


Figura 23. Facies hidroquímica característica y clasificación de acuerdo al índice de calidad

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 24).

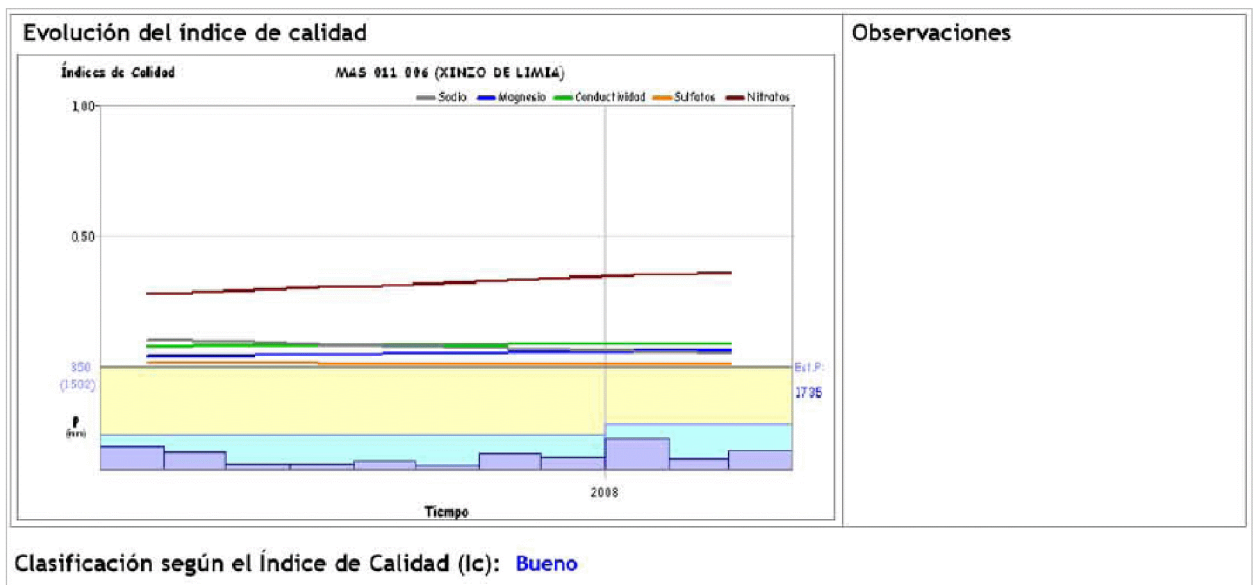


Figura 24. Evolución del índice de calidad, observaciones importantes sobre la calidad y clasificación de la MASb

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 el análisis actual, ya que no se dispone de datos analíticos históricos.

5.1 ANÁLISIS ACTUAL

Se ha realizado el análisis actual para las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil, mediante el análisis de tendencia actual y clasificación según el índice de calidad a 6 de las 6 MASb (100 % de las MASb) existente en la cuenca Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil. De forma resumida:

- En 6 MASb ha sido posible realizar el análisis.
- 6 MASb (100 %) se clasifican con Ic Bueno ($\leq 0,75$).

En las siguientes figuras (figura 25 y figura 26), se muestra de distribución de las MASb de la Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil atendiendo a los resultados obtenidos en el Ic .

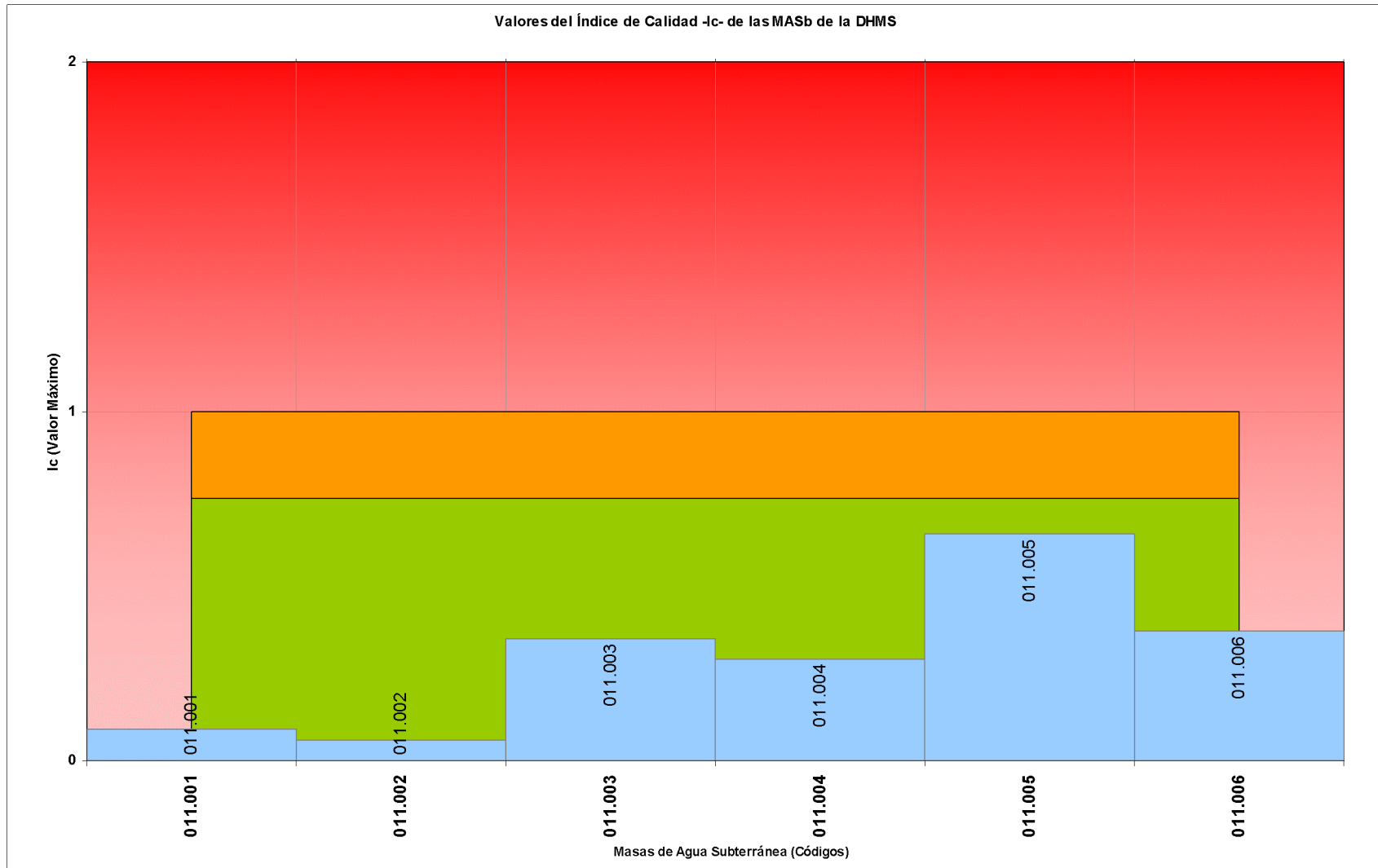


Figura 25. Datos de Ic calculados para el conjunto de las MASb de la DHMS. Situación actual

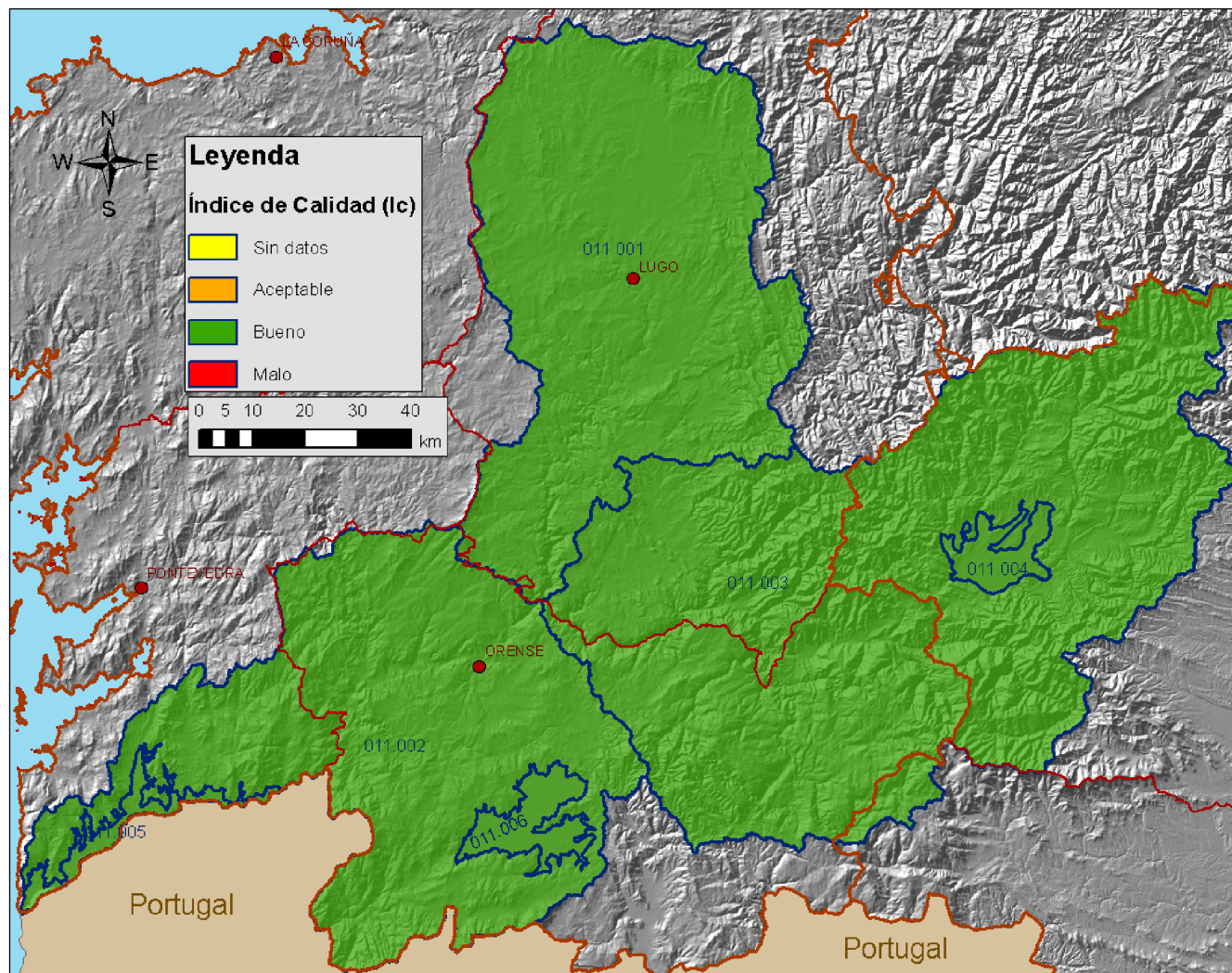


Figura 26. Clasificación de las Masas de Agua Subterránea de la DHMS según Ic atendiendo a los datos de la Red Básica de Calidad de las Aguas Subterráneas del MARM

En la tabla siguiente (tabla 9) 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	
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO	0,07	0,09	0,02	0,07	0,04	0,09	Bueno
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	0,06	0,06	0	0,03	0,02	0,06	Bueno
011.003	CUENCA DEL SIL	0,09	0,35	0,07	0,07	0,05	0,35	Bueno
011.004	CUBETA DEL BIERZO	0,16	0,2	0,25	0,29	0,04	0,29	Bueno
011.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO	0,24	0,65	0,21	0,24	0,3	0,65	Bueno
011.006	XINZO DE LIMIA	0,09	0,37	0,01	0,07	0,05	0,37	Bueno

Tabla 9. Índice de calidad en las Masas de Agua Subterránea de la DHMS (serie actual)

5.2 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 Demarcación del Miño-Sil para su utilización en situaciones de sequía, considerando que si verifican 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).

A continuación, se presentan una serie de tablas donde se resume los resultados obtenidos respecto a la existencia de Recursos Disponibles NO Comprometidos en las diferentes MASb pertenecientes a los diferentes Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos definidos en la DHMS y los Índices de Calidad calculados para las series actuales (2001-2009 que opera la DHMS).

Miño - Alto

En el **Sistema de Explotación 01 – Miño - Alto** el índice de calidad es, en general, bueno para todos los parámetros analizados, (figura 27 y tabla 10).

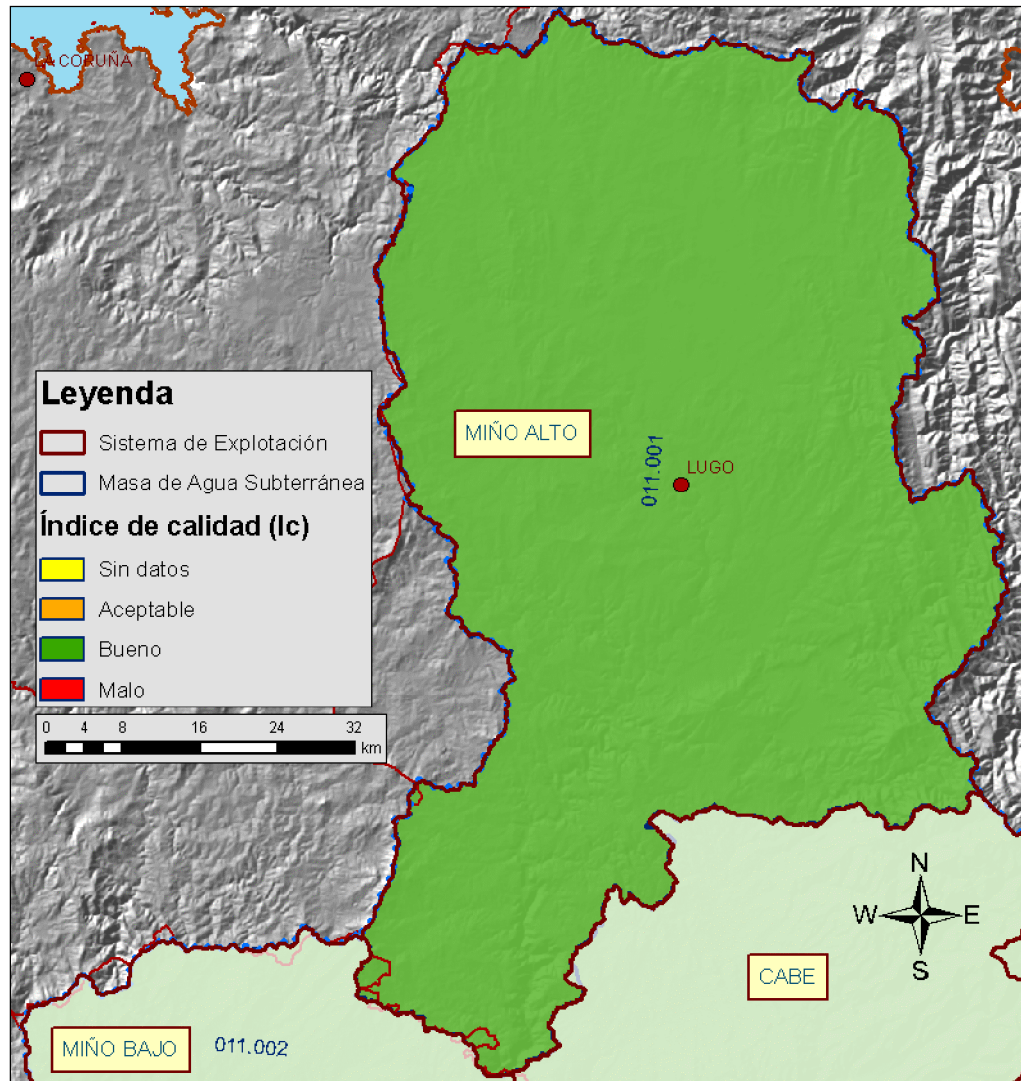


Figura 27. Sistema de Explotación del Miño Alto y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporciona 1 a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
1 - MIÑO ALTO					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO	100,0 %	865,07	865,07		Bueno
1 masas			Suma (hm ³ /a)	865,07		

Tabla 10. Sistema de Explotación Miño Alto: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Sil - Superior

En el Sistema de Explotación 02 – Sil - Superior el índice de calidad es, en general, bueno para todos los parámetros analizados, (figura 28 y tabla 11).

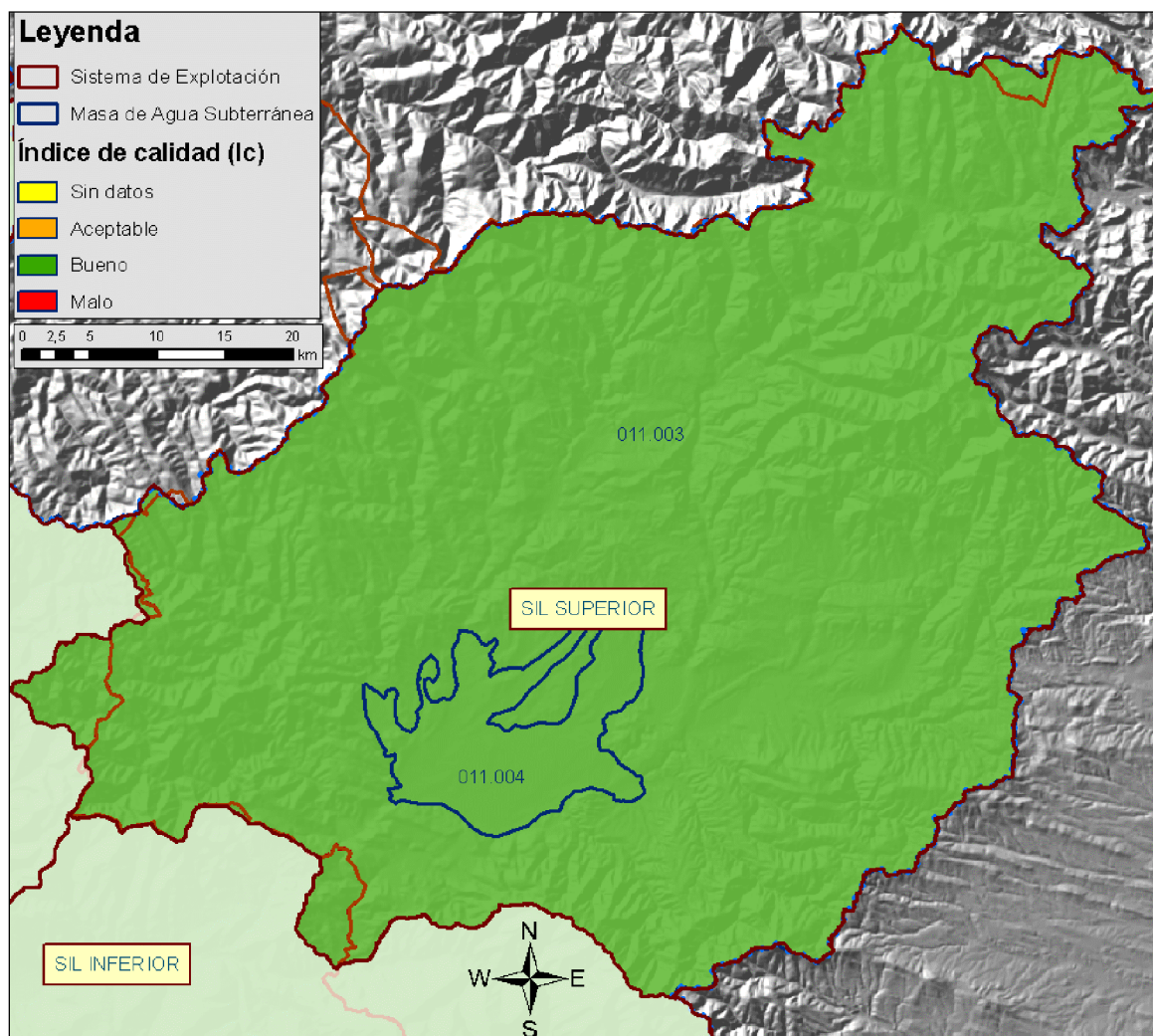


Figura 28. Sistema de Explotación de Sil Superior y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm³/a)	Parte RNC proporción al a MASb (hm³/a)	Índice de calidad (Ic)	
2 - SIL SUPERIOR					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
011.003	CUENCA DEL SIL	41,4 %	1371,5 %	567,8 %		Bueno
011.004	CUBETA DEL BIERZO	100,0 %	12,7 %	12,7 %		Bueno
Suma (hm³/a)				580,47		

Tabla 11. Sistema de Explotación Sil Superior: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Sil - Inferior

En el Sistema de Explotación 03 – Sil - Inferior el índice de calidad es, en general, bueno para todos los parámetros analizados, (figura 29 y tabla 12).

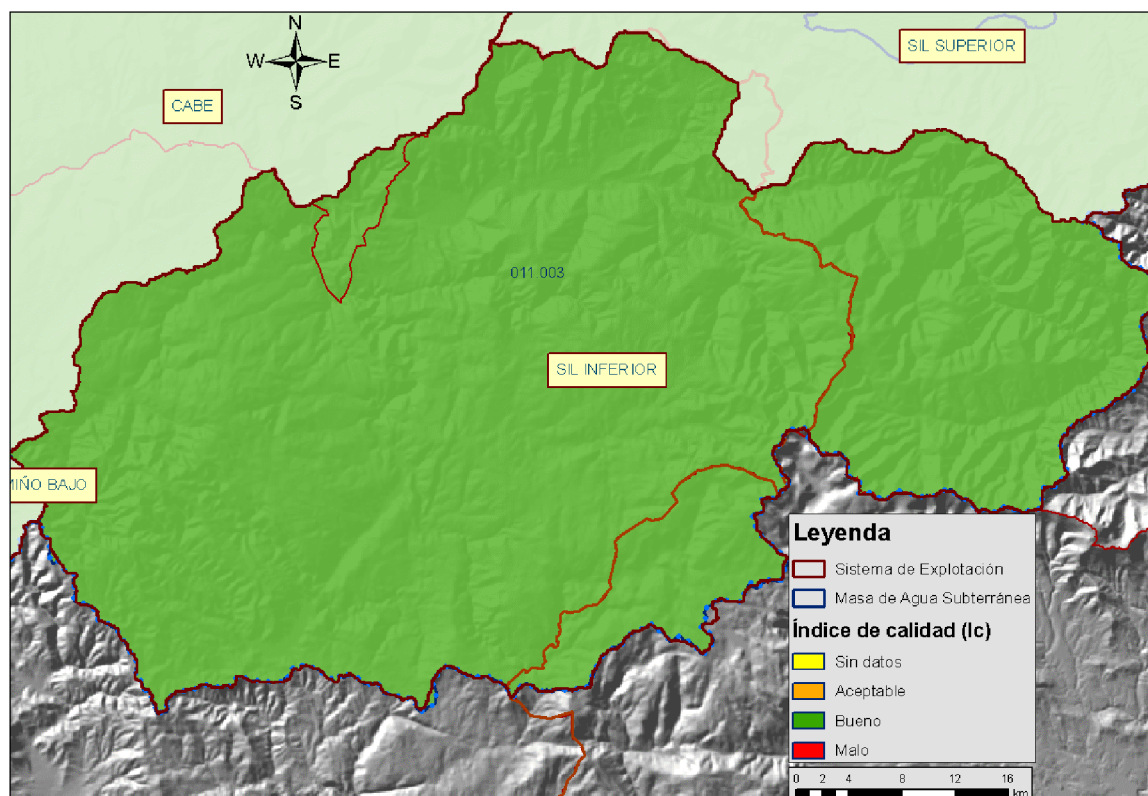


Figura 29. Sistema de Explotación de Sil Inferior y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MAS b en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm³/a)	Parte RNC proporcion al a MASb (hm³/a)	Índice de calidad (Ic)	
3 - SIL INFERIOR					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
011.003	CUENCA DEL SIL	34,4 %	1371,47	471,79		Bueno
			Suma (hm³/a)	471,79		

Tabla 12. Sistema de Explotación Sil Inferior: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Cabe

En el **Sistema de Explotación 04 – Cabe** el índice de calidad es, en general, bueno para todos los parámetros analizados, (figura 30 y tabla 13).

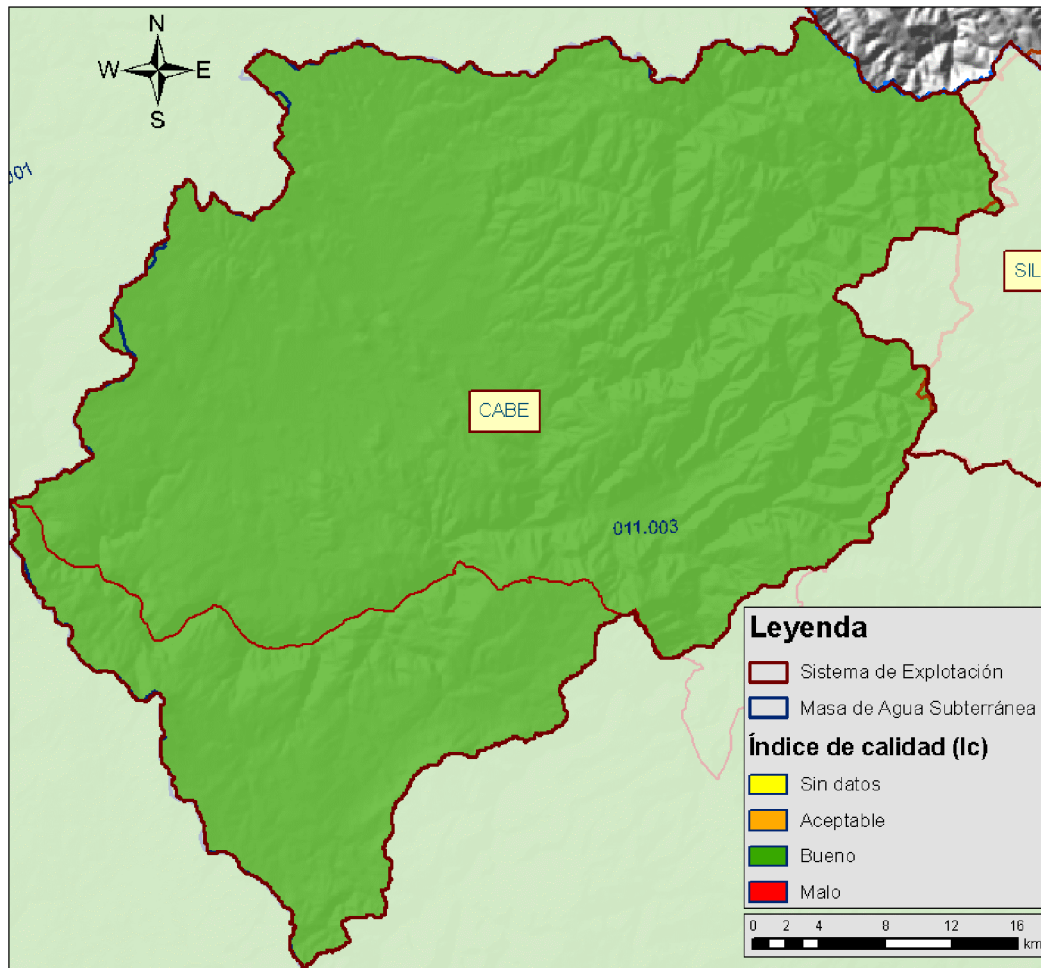


Figura 30. Sistema de Explotación de Cabe y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MAS b en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm³/a)	Parte RNC proporcional a MASb (hm³/a)	Índice de calidad (Ic)	
4 - CABA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
011.003	CUENCA DEL SIL	24,2 %	1371,47	331,90		Bueno
			Suma (hm³/a)	331,90		

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

Miño - Bajo

En el Sistema de Explotación 05 – Miño - Bajo el índice de calidad es, en general, bueno para todos los parámetros analizados, (figura 31 y tabla 14).

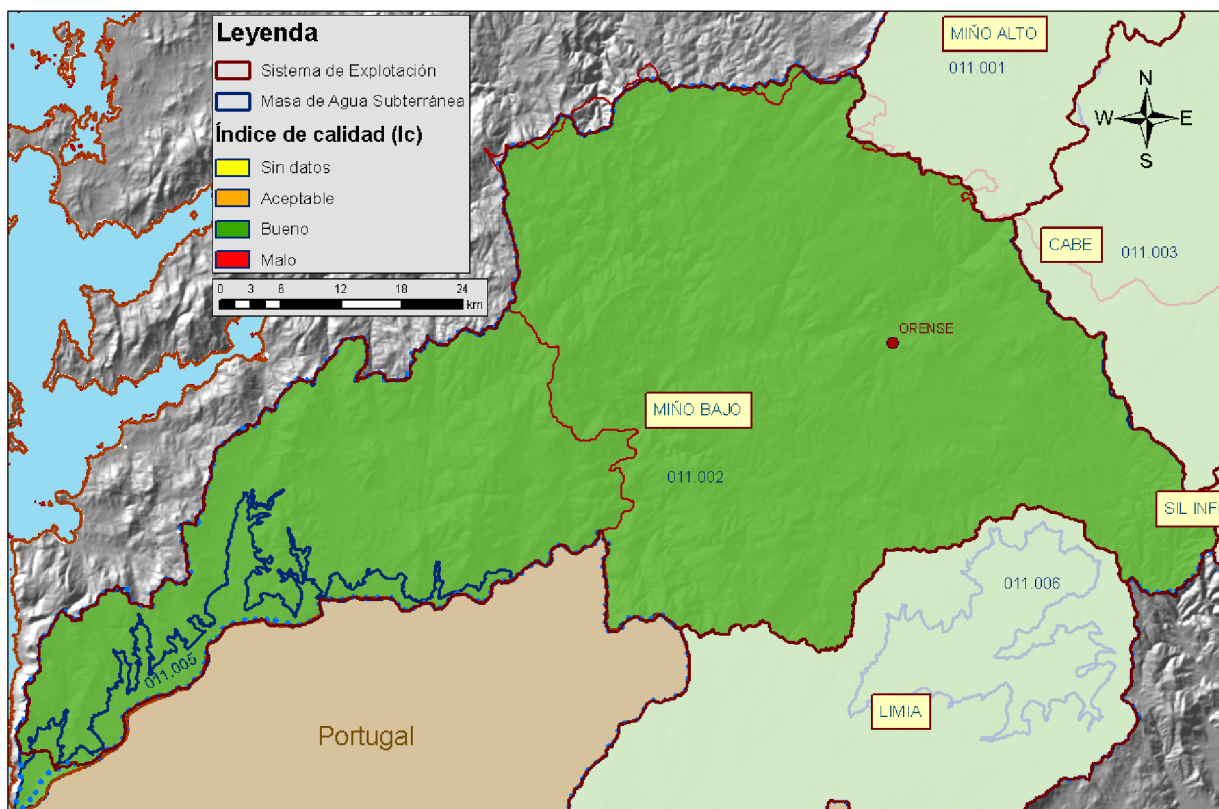


Figura 31. Sistema de Explotación de Miño Bajo y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcion al a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
5 - MIÑO BAJO					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	76,1 %	824,42	627,38		Bueno
			Suma (hm³/a)	627,38		

Tabla 14. Sistema de Explotación Miño Bajo: Recursos Disponibles NO Comprometidos e Índices de Calidad de las aguas subterráneas

Limia

En el Sistema de Explotación 06 – Limia el índice de calidad es, en general, bueno para todos los parámetros analizados, (figura 32 y tabla 15).

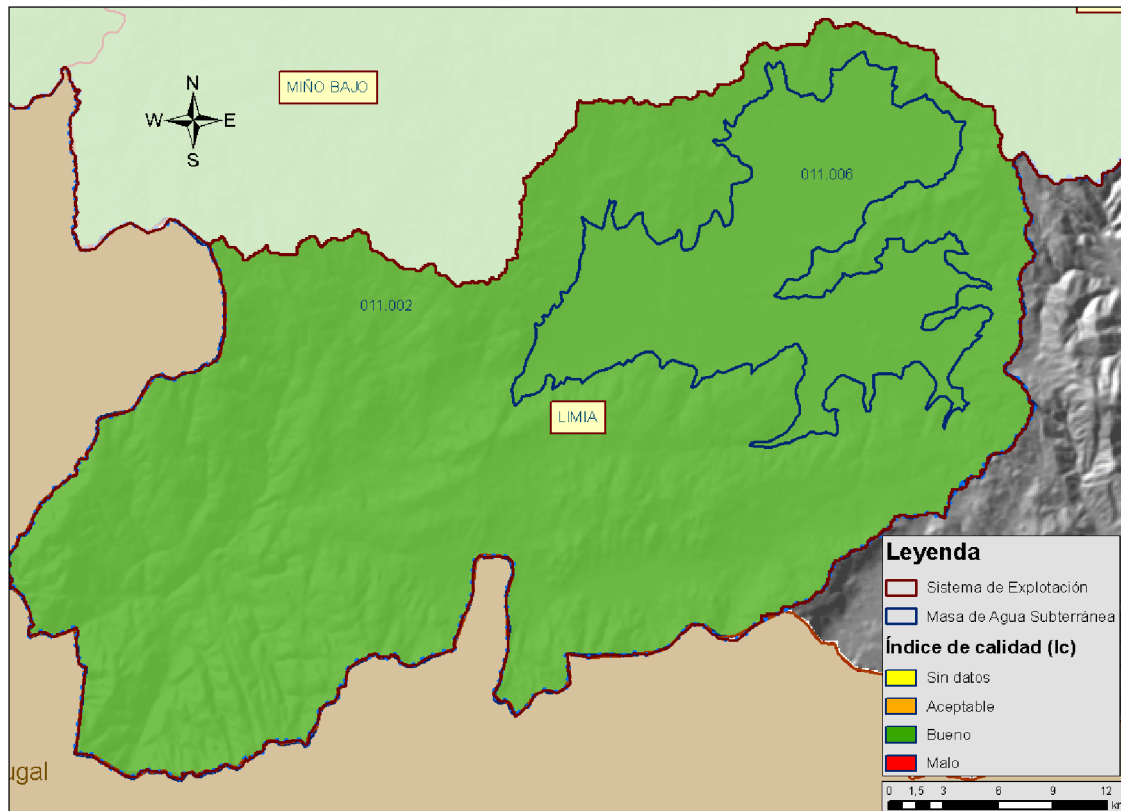


Figura 32. Sistema de Explotación de Limia y Masas de Agua Subterránea

Sistema de Explotación		% MASb en sistema	Recursos NO comprometidos MASb (RNC) (hm ³ /a)	Parte RNC proporcionada a MASb (hm ³ /a)	Índice de calidad (Ic)	
6 - LIMIA					Serie histórica	Serie Actual
Masas de Agua Subterránea						
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	23,9 %	824,42	197,04		Bueno
011.006	XINZO DE LIMIA	100,0 %	48,57	48,57		Bueno
1 masas			Suma (hm³/a)	48,57		

Tabla 15. Sistema de Explotación Limia: 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 Miño-Sil, 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 sintetiza (figura 33) las zonas con figuras de protección en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil:

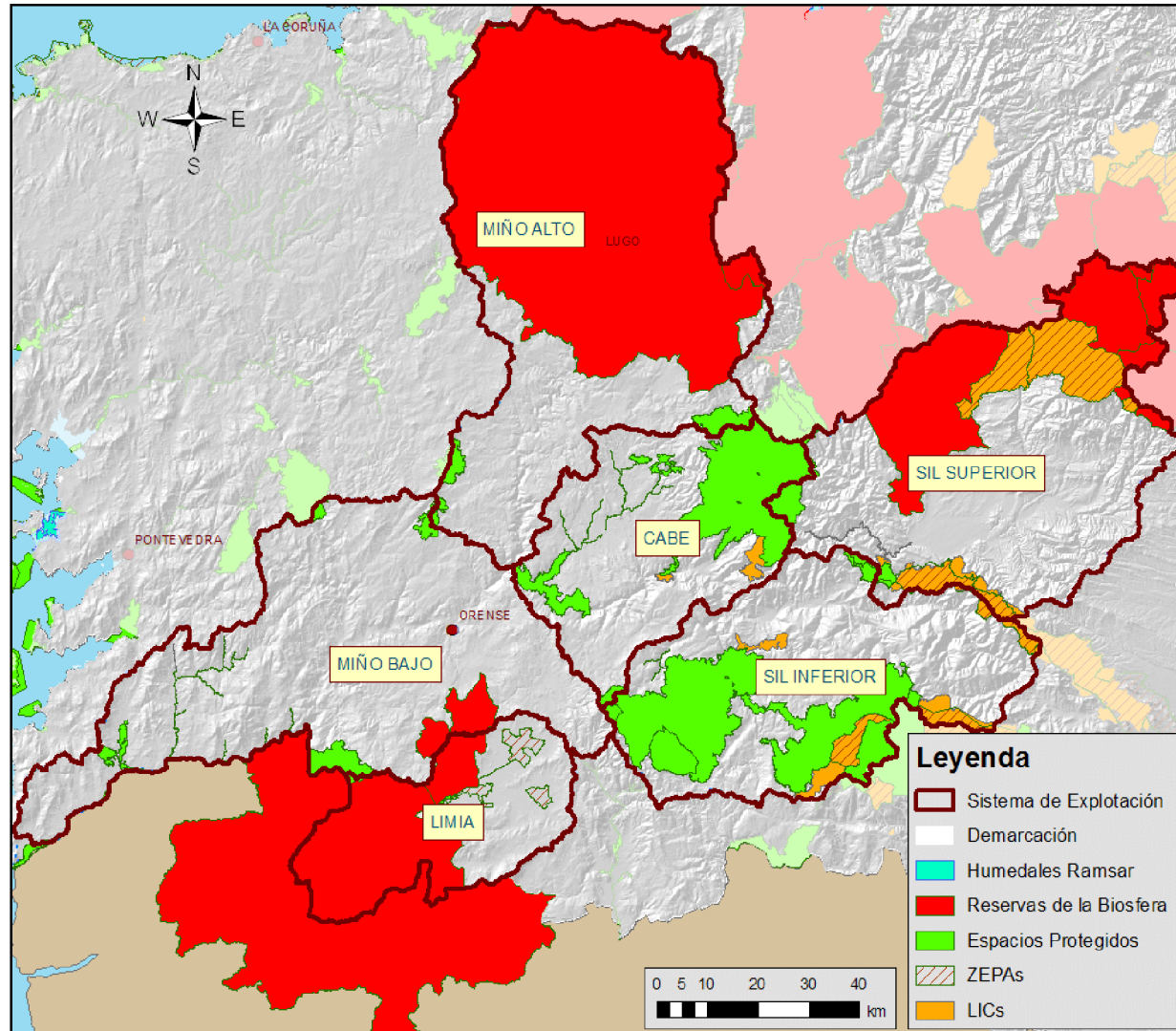


Figura 33. Figuras de Protección en la Demarcación Hidrográfica del Miño - Sil

Se describen a continuación las figuras de protección por sistema de explotación y masas de agua subterránea. 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.

Miño - Alto

Las zonas protegidas situadas en el **Sistema de Explotación 01 – Miño - Alto** son las siguientes (tabla 16 y figura 34).

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.001 (CUENCA ALTA DEL MIÑO)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	ANCARES-COUREL	4.072
		LAGOA DO REI	4
		MONTE FARO	1.988
		PARGA-LADRA-TÁMOGA	5.025
		SERRA DO XISTRAL	2.310
	PARQUE NATURAL	FRAGAS DO EUME (E1110309)	71
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	CANÓN DO SIL (ES1120014)	8
		FRAGAS DO EUME (ES1110003)	71
		MONTE FARO (ES1120008)	1.988
		PARGA-LADRA-TÁMOGA (ES1120003)	5.025
		PENA VEIDOSA (ES1130004)	824
		SERRA DO XISTRAL (ES1120015)	2.389
	RESERVA DE LA BIOSFERA	ENCLAVADO	36
		RIO EO, OSCOS Y TERRAS DE BURON	4.238
		TERRAS DO MIÑO	328.458
011.002 (CUENCA BAJA DEL MIÑO)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	PENA VEIDOSA	824
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	PENA VEIDOSA (ES1130004)	26

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.003 (CUENCA DEL SIL)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	ANCARES-COUREL	83
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ANCARES-COUREL (ES1120001)	82

Tabla 16. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Miño-Alto

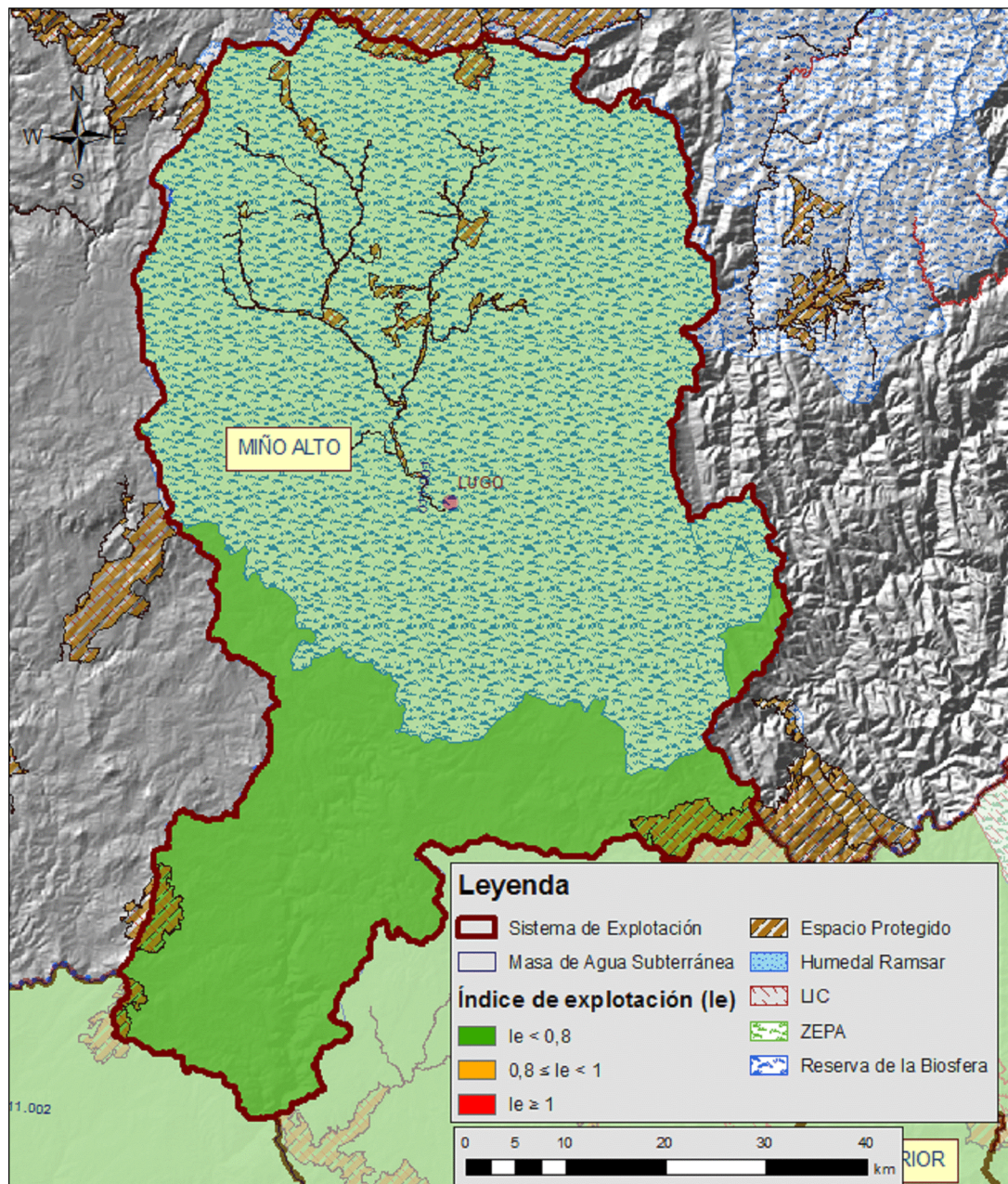


Figura 34. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Miño Alto

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

Sil - Superior

Las zonas protegidas situadas en el **Sistema de Explotación 02 Sil - Superior** son las siguientes (tabla 17 y figura 35).

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.003 (CUENCA DEL SIL)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	ANCARES-COUREL	4.365
		RESERVA NACIONAL DE CAZA DE ANCARES	21
	PARQUE NATURAL	FUENTES DEL NARCEA	107
		SERRA DA ENCIÑA DA LASTRA	1.243
		SOMIEDO (E1211246)	1.146
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ALTO SIL (ES0000210)	43.596
		ANCARES-COUREL (ES1120001)	4.441
		FUENTES DEL NARCEA Y DEL IBIAS (ES0000055)	66
		MONTES AQUILANOS Y SIERRA DE TELENO (ES4130117)	10.447
		OMÑAS (ES4130149)	5.485
		RIBERAS DEL RÍO SIL Y AFLUENTES (ES4130076)	293
		SERRA DA ENCIÑA DA LASTRA (ES1130009)	1.057
		SIERRA DE LA ENCINA DE LA LASTRA (ES4130038)	289
		SIERRA DE LOS ANCARES (ES4130010)	52.080
		SOMIEDO (ES0000054)	1.145
		VALLE DE SAN EMILIANO (ES4130035)	6.311
RIBERAS DEL RÍO SIL Y AFLUENTES (ES4130076)	20		

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	RESERVA DE LA BIOSFERA	ANCARES LEONESES	52.721
		BABIA	7.142
		ENCLAVADO	25
		LOS VALLES DE OMAÑA Y LUNA	5.788
		MUNIELLOS	107
		OS ANCARES LUCENSES Y MONTES DE NAVIA, CERVANTES Y BECERREA	23
		SOMIEDO	1.146
		VALLE LACIANA, GRAN CANTABRICA	22.725
011.003 (CUENCA DEL SIL)	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ALTO SIL (ES0000210)	43.556
		ANCARES (ES0000374)	18
		FUENTES NARCEA, DEGAÑA E IBIAS (ES0000055)	119
		MONTES AQUILANOS (ES4130022)	8.060
		OMANAS (ES0000364)	6.456
		SERRA DA ENCIÑA DA LASTRA (ES1130009)	1.029
		SIERRA DE LOS ANCARES (ES4130010)	52.074
		SOMIEDO (ES0000054)	1146
VALLE DE SAN EMILIANO (ES4130035)	6.312		
011.004 (CUBETA DEL BIERZO)	RESERVA DE LA BIOSFERA	ANCARES LEONESES	718

Tabla 17. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Sil-Superior.

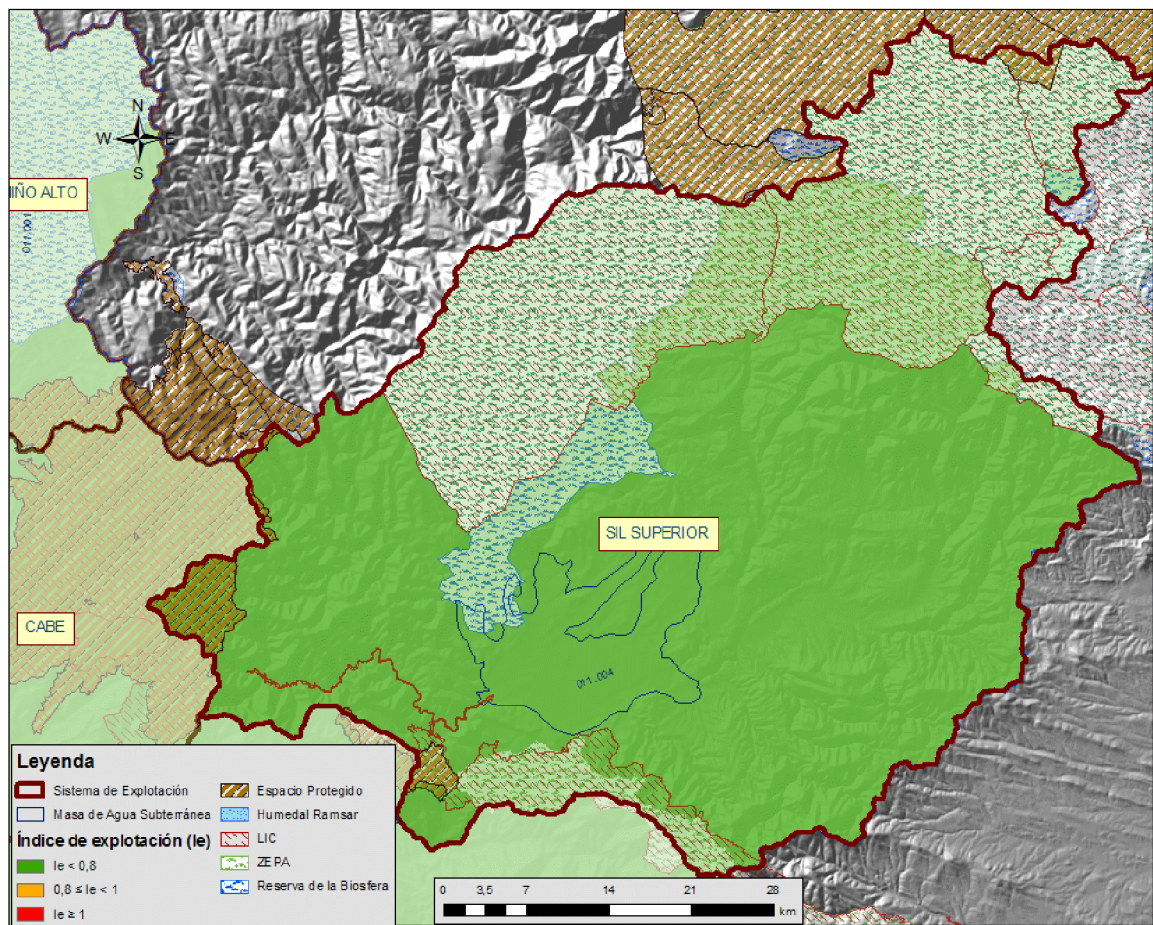


Figura 35. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Sil Superior

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

Sil - Inferior

Las zonas protegidas situadas en el Sistema de Explotación 03 Sil – Inferior, son las siguientes (tabla 18 y figura 36).

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.003 (CUENCA DEL SIL)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	ANCARES-COUREL	9
		BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO	849

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
		MACIZO CENTRAL	39.511
		PENA TREVINCA	24.853
	MONUMENTO NATURAL	LAGO DE LA BAÑA (E4132301)	747
		SOUTO DE ROZABALES	3
011.003 (CUENCA DEL SIL)	PARQUE NATURAL	LAGO DE SANABRIA Y ALREDEDORES (E4192501)	6.294
		O INVERNADEIRO	5.732
		SERRA DA ENCIÑA DA LASTRA	1.914
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ANCARES-COUREL (ES1120001)	11
		BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO (ES1130003)	862
		LAGO DE SANABRIA Y ALREDEDORES (ES4190105)	13.415
		MACIZO CENTRAL (ES1130002)	46.903
		MONTES AQUILANOS Y SIERRA DE TELENO (ES4130117)	2.948
		PENA TREVINCA (ES1130007)	24.895
		SERRA DA ENCIÑA DA LASTRA (ES1130009)	686
		SIERRA DE LA CABRERA (ES4190110)	5.973
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	LAGO DE SANABRIA Y ALREDEDORES (ES4190009)	10.715
		MONTES AQUILANOS (ES4130022)	2.932
		PENA TREVINCA (ES0000437)	22.495
		SERRA DA ENCIÑA DA LASTRA (ES1130009)	692
SIERRA DE LA CABRERA (ES4130024)		4.068	

Tabla 18. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Sil-Inferior

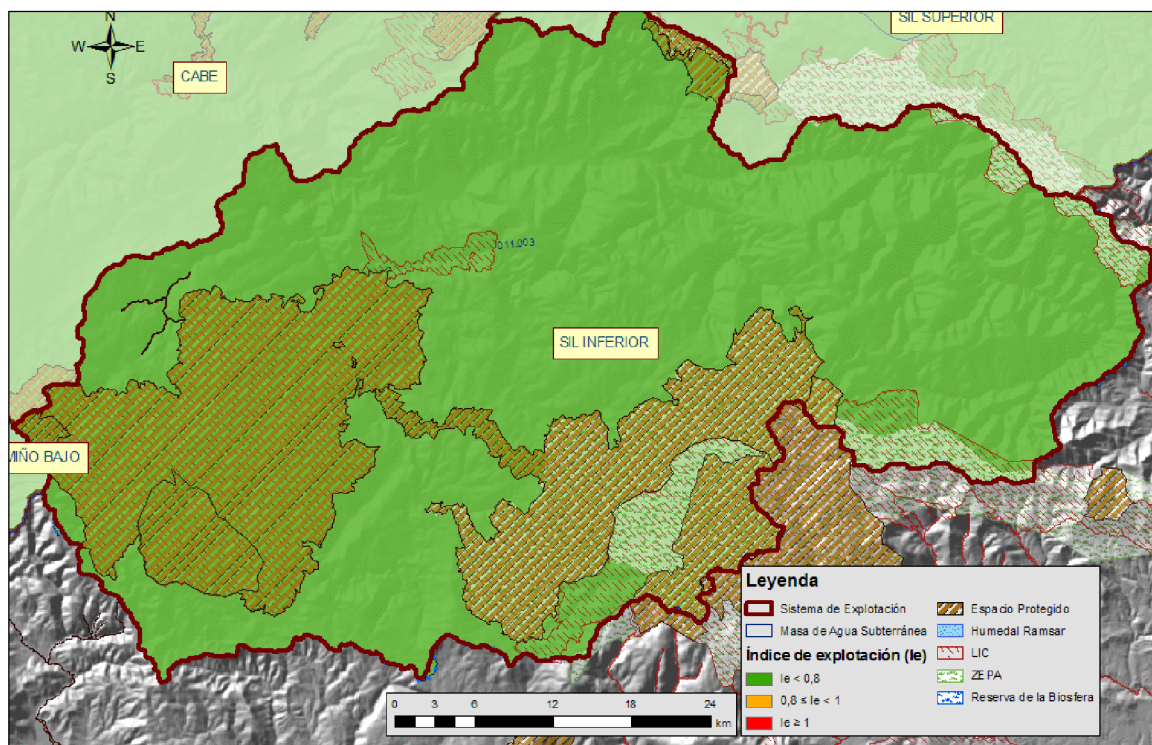


Figura 36. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Sil Inferior

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

Cabe

Las zonas protegidas situadas en el Sistema de Explotación 04 - Cabe son las siguientes (tabla 19 y figura 37).

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.003 (CUENCA DEL SIL)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	ANCARES-COUREL	41.682
		BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO	1.075
		CANÓN DO SIL	5.957
		MACIZO CENTRAL	48
		RÍO CABE	1.581

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	ANCARES-COUREL (ES1120001)	41.393
		BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO (ES1130003)	1.079
		CANÓN DO SIL (ES1120014)	5.957
		MACIZO CENTRAL (ES1130002)	43
		RÍO CABE (ES1120016)	1.581

Tabla 19. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Cabe

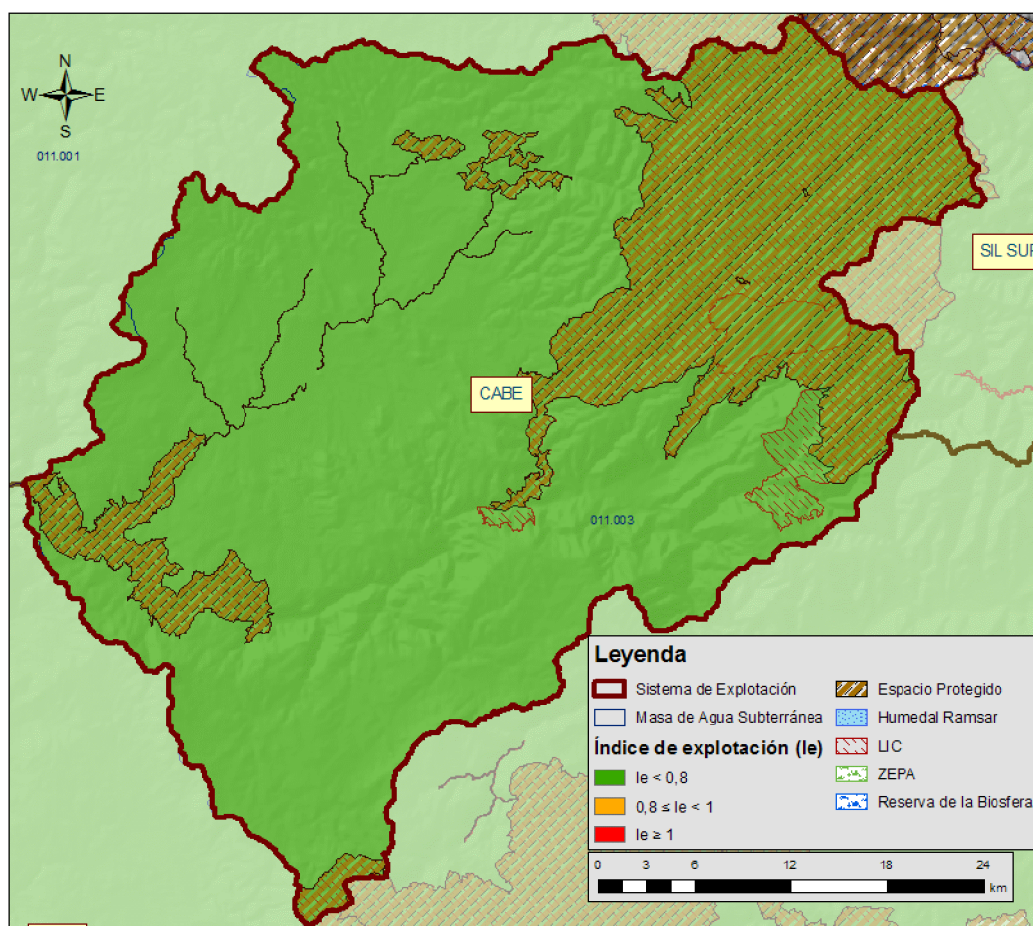


Figura 37. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Cabe

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

Miño - Bajo

Las zonas protegidas situadas en el **Sistema de Explotación 05 – Miño - Bajo** son las siguientes (tabla 20 y figura 38).

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.001 (CUENCA ALTA DEL MIÑO)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	PENA VEIDOSA	12
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	PENA VEIDOSA (ES1130004)	12
011.002 (CUENCA BAJA DEL MIÑO)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	BAIXA LIMIA	5.055
		BAIXO MIÑO	145
		BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO	15
		PENA VEIDOSA	1.502
		RÍO TEA	87
		SERRA DO CANDÁN	758
	PARQUE NATURAL	MONTE ALOIA (E1149303)	675
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	BAIXA LIMIA (ES1130001)	5.062
		BAIXO MIÑO (ES1140007)	160
		BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO (ES1130003)	15
		CANÓN DO SIL (ES1120014)	9
		MONTE ALOIA (ES1140005)	671
		PENA VEIDOSA (ES1130004)	1.502
		RIO TEA (ES1140006)	101
	SERRA DO CANDÁN (ES1140013)	758	
	RESERVA DE LA BIOSFERA	AREA DE ALLARIZ	11.228
		RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	288
		RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	51

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	BAIXA LIMIA-SERRA DO XURÉS (ES0000376)	2.486
011.003 (CUENCA DEL SIL)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO	11
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	BIDUEIRAL DE MONTEDERRAMO (ES1130003)	11
011.005 (ALUVIAL DEL BAJO MIÑO)	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	BAIXO MIÑO (ES1140007)	1.312
		GÁNDARAS DE BUDIÑO (ES1140011)	763
		MONTE ALOIA (ES1140005)	115
		RIO TEA (ES1140006)	11
	RESERVA DE LA BIOSFERA	RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	12
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	ESTEIRO DO MIÑO (ES0000375)	451

Tabla 20. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Miño Bajo

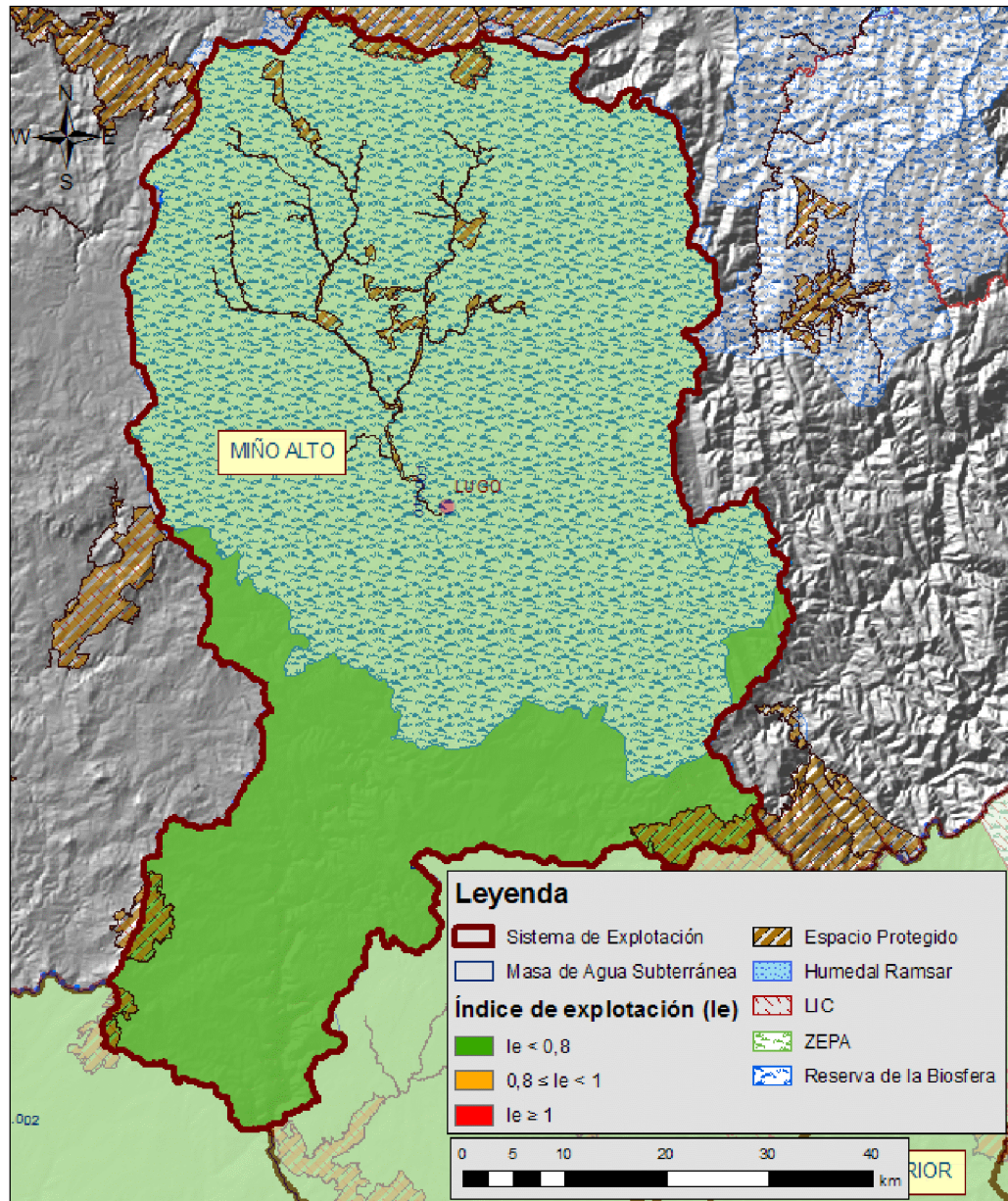


Figura 38. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Miño - Alto

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

Limia

Las zonas protegidas situadas en el **Sistema de Explotación 06 - Limia** son las siguientes (tabla 21 y figura 39).

MASb	FIGURA	NOMBRE	SUPF en MASb en ha
011.002 (CUENCA BAJA DEL MIÑO)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	BAIXA LIMIA	8.417
	PARQUE NATURAL	BAIXA LIMIA-SERRA DO XURES (E1130301)	20.165
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	BAIXA LIMIA (ES1130001)	29.032
	RESERVA DE LA BIOSFERA	AREA DE ALLARIZ	7.462
		RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	62.573
		RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	67
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	A LIMIA (ES0000436)	97
		BAIXA LIMIA-SERRA DO XURÉS (ES0000376)	28.772
011.006 (XINZO DE LIMIA)	ESPACIOS EN REGIMEN DE PROTECCION GENERAL	VEIGA DE PONTELIÑARES	130
	LUGAR DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)	VEIGA DE PONTELIÑARES (ES1130006)	130
	RESERVA DE LA BIOSFERA	AREA DE ALLARIZ	2.745
		RESERVA TRANSFRONTERIZA GERES-XURES	20
	ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA LAS AVES (ZEPA)	A LIMIA (ES0000436)	6.867

Tabla 21. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación Limia

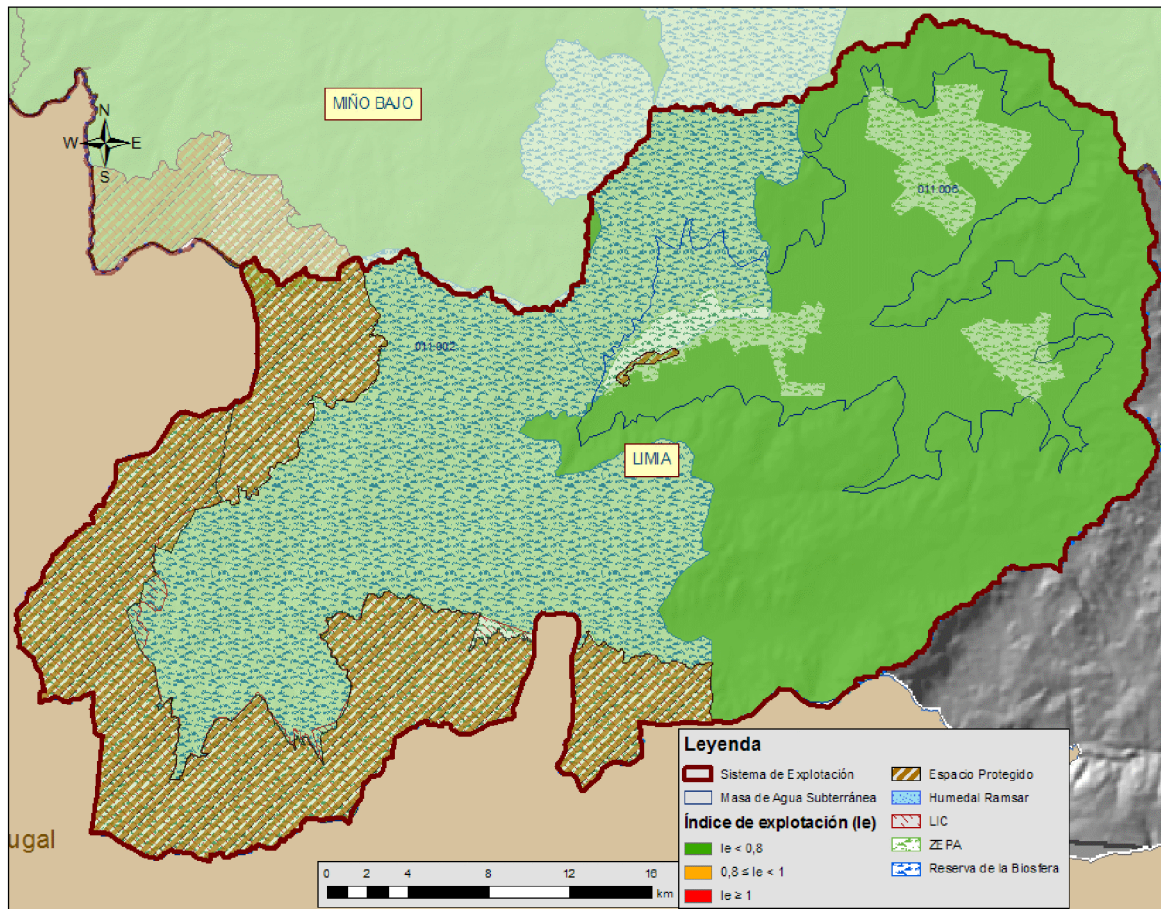


Figura 39. Espacios naturales protegidos en el Sistema de Explotación de Limia

A modo de resumen del Sistema de Explotación, de acuerdo con los resultados obtenidos en el Índice de Explotación (Ie), y de acuerdo con las zonas 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.

La Demarcación Hidrográfica del Miño – Sil no tiene definida una infraestructura de sequía en relación a las aguas subterráneas aunque se hayan realizado actuaciones puntuales en determinadas ocasiones.

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 40).

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.

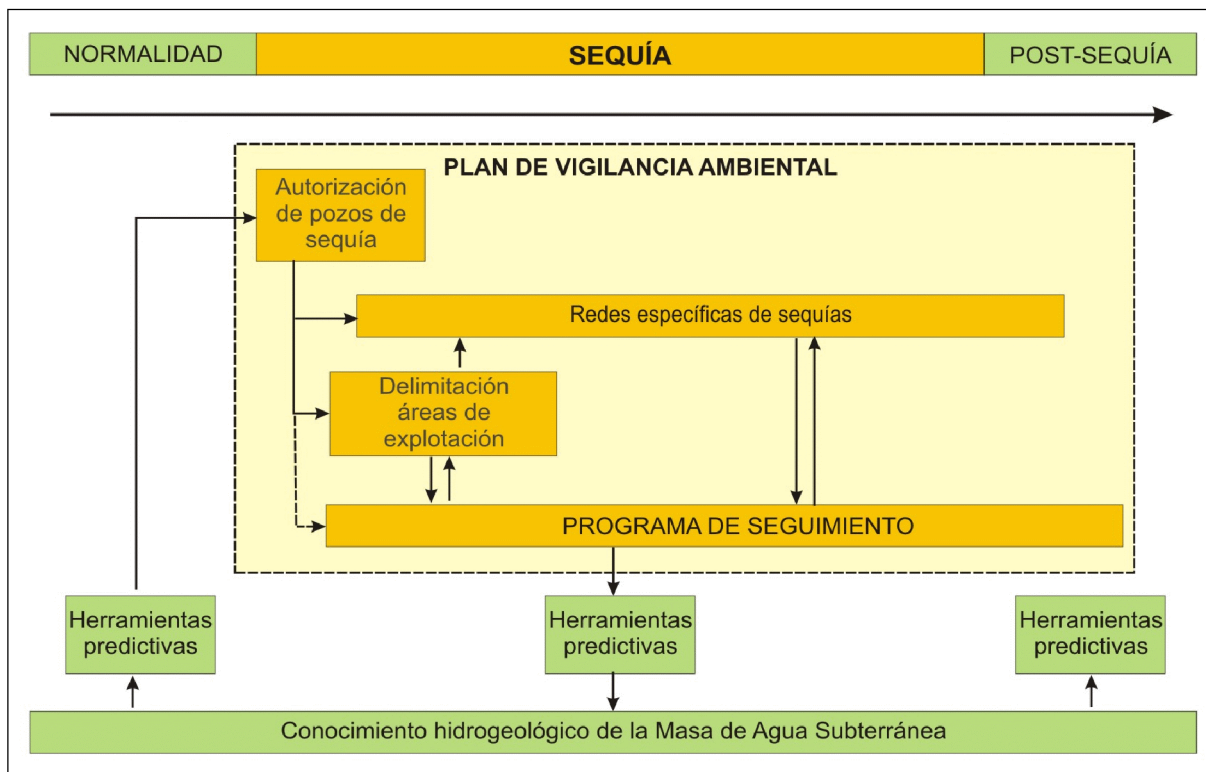


Figura 40. Componentes directos e indirectos del Plan de Vigilancia Ambiental

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 estadios de las figura 41 y figura 42.


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

DEMARCACIÓN
HIDROGRÁFICA
DE

SEGUIMIENTO DE EXTRACCIONES
FICHA DE TOMA DE DATOS EN CAPTACIONES

USUARIO: _____ NOMBRE CAPTACION: _____ NUM. CAPTACION: _____ REF: _____			AÑO: _____ MES: _____ QUINCENA: PRIMERA: _____ SEGUNDA: _____		
--	--	--	--	--	--

MEDIDAS	FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA			LECTURA DE CONTADOR VOLUMETRICOELECTRICO		PROFUNDIDAD DEL NIVEL DEL AGUA		NIVEL DURANTE EL BOMBEO		INCIDENCIAS
	HORA ARRANQUE	HORA PARADA	TIEMPO BOMBEO	ARRANQUE	PARADA	ARRANQUE	PARADA	HORA	PROFUNDIDAD	

DATOS OBTENIDOS POR: _____ TELF CONTACTO: _____ DOMICILIO: _____

CORREO ELECTRONICO: _____

Figura 41. Ejemplo de estadios para la presentación de datos de control de volúmenes extraídos y piezometría


8.2.2 Actuaciones técnicas

Complementariamente se necesita realizar una serie de trabajos técnicos para el cumplimiento de las actuaciones administrativas y para una mayor eficacia en la gestión del conjunto del sistema de explotación en situación de sequía. Por ello, es necesario controlar las masas de agua subterránea y el tratar de modo rápido la información de los parámetros de control establecidos, para que, ante los efectos de una posible afección, el Organismo gestor pueda tomar rápidamente las medidas oportunas.

1) *Delimitación de sectores o áreas de explotación*

Dentro de una masa de agua subterránea, se definen como tales aquellas áreas de potencial influencia directa de las extracciones realizadas en las captaciones de sequía, y en las que éstas quedan englobadas. Se establecen en función de la distribución espacial de los pozos y de las características de los acuíferos implicados, y ocupan las áreas más inmediatas a dichos pozos. Se puede estimar que una potencial influencia directa de las extracciones realizadas en esas captaciones será mínima o despreciable más allá de dicha área de explotación.

Se puede considerar que, en principio, el comportamiento general del acuífero fuera de los sectores de explotación establecidos es resultado del conjunto de actuaciones que se realizan sobre todo el sistema, tales como bombeos preexistentes, drenajes naturales o artificiales, etc., en el que las extracciones de sequía son una más de éstas, así como de las condiciones externas a las que se encuentra sometido el acuífero, especialmente las referentes a las de carácter hidrometeorológico.


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

DEMARCACIÓN
HIDROGRÁFICA
DE

**SEGUIMIENTO DE EXTRACCIONES
FICHA DE TOMA DE DATOS EN CAPTACIONES**

USUARIO: _____
 NOMBRE CAPTACION: _____
 NUM. CAPTACION: _____
 REF.: _____

AÑO: _____
 MES: _____
 QUINCENA: PRIMERA: _____
 SEGUNDA: _____

MEDIDAS DÍA	FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA			LECTURA DE CONTADOR VOLUMETRICO/ELECTRICO		CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA		CONDUCTIVIDAD DURANTE EL BOMBEO		INCIDENCIAS
	HORA ARRANQUE	HORA PARADA	TIEMPO BOMBEO	ARRANQUE	PARADA	ARRANQUE	PARADA	HORA	CONDUCTIVIDAD	

DATOS OBTENIDOS POR: _____ TELF CONTACTO: _____ DOMICILIO: _____

CORREO ELECTRÓNICO: _____

Figura 42. Ejemplo de estadios para la presentación de datos de control de volúmenes extraídos y calidad del agua

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 ión 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 43).




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 EN CAPTACIONES DE SEQUÍA (m ³)	
	Nivel piezométrico (msnm)	Conductividad (µS/cm)	Cloruros (mg/L)	Piezometría (msnm)		Conductividad (µS/cm)		Cloruros (mg/L)		Mes	Total desde
				Con mes anterior	Con medida inicial	Con mes anterior	Con medida inicial	Con mes anterior	Con medida inicial		
SECTOR 1											
SECTOR 2											
SECTOR 3											
SECTOR 4											
SECTOR 5											
SECTOR 6											
SECTOR 7											
SECTOR 8											
SECTOR 9											
SECTOR 10											
SECTOR 11											
CAPTACIONES AISLADAS											
VALOR MEDIO SECTORES											
MEDIA RESTO ACUÍFERO											
TOTALES EXTRACCIONES DE SEQUÍA											

Figura 43. 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 períodos 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 de Miño - Sil**, con una superficie total de 17.717 km², dispone de un volumen medio anual de Recursos Disponibles de 3.179,37 hm³. Considerando que las extracciones en el conjunto de la demarcación hidrográfica ascienden a 51,94 hm³/a, el volumen medio anual de Recursos NO Comprometidos asciende a un total 2.943,65 hm³, para un total de 6 MASb definidas. Los cálculos efectuados suponen que un 92,5% de los Recursos Disponibles de aguas subterráneas existentes para un año tipo medio en la DHMS, 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 DHMS ofrecen una imagen en la que se observa una descompensación entre Sistemas de Explotación, registrándose los valores mínimos en el sistema situado en el sector más meridional (06/Limia), respecto a los registrados en las zonas central y septentrional (figura 44).

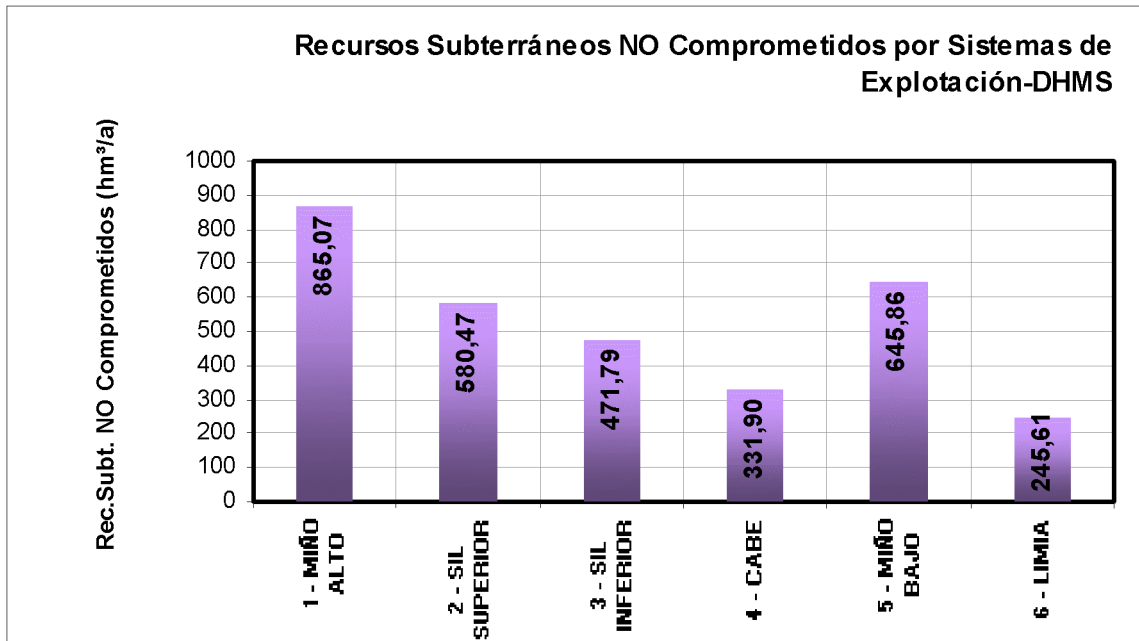


Figura 44. Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos en la DHMS

Los resultados obtenidos se sintetizan a continuación (tabla 22 y figura 45), donde se muestran los recursos NO comprometidos agrupados por sistema de explotación, los cuales estarían disponibles para su posible utilización. Algunas MASb son compartidas entre sistemas de explotación, por lo que el recuento global de MASb es superior al real (9 en vez de 6 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)
01-MIÑO ALTO	1	1	0	1039,99	164,18	875,81	10,74	865,07	0,01
02-SIL SUPERIOR	2	1	1	721,86	133,01	588,85	8,38	580,47	0,02
03-SIL INFERIOR	1	0	1	578,62	100,13	478,49	6,71	471,79	0,01
04-CABE	1	0	1	407,05	70,44	336,61	4,72	331,90	0,01
05-MIÑO BAJO	2	1	1	726,77	72,78	653,99	8,13	645,86	0,05
06-LIMIA	2	1	1	299,32	40,45	245,61	13,26	48,57	0,10
SUMA	9	4	5	3773,62	580,99	3179,37	51,94	2943,65	0,03

Tabla 22. Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles y NO Comprometidos por Sistemas de Explotación en la en la DHMS

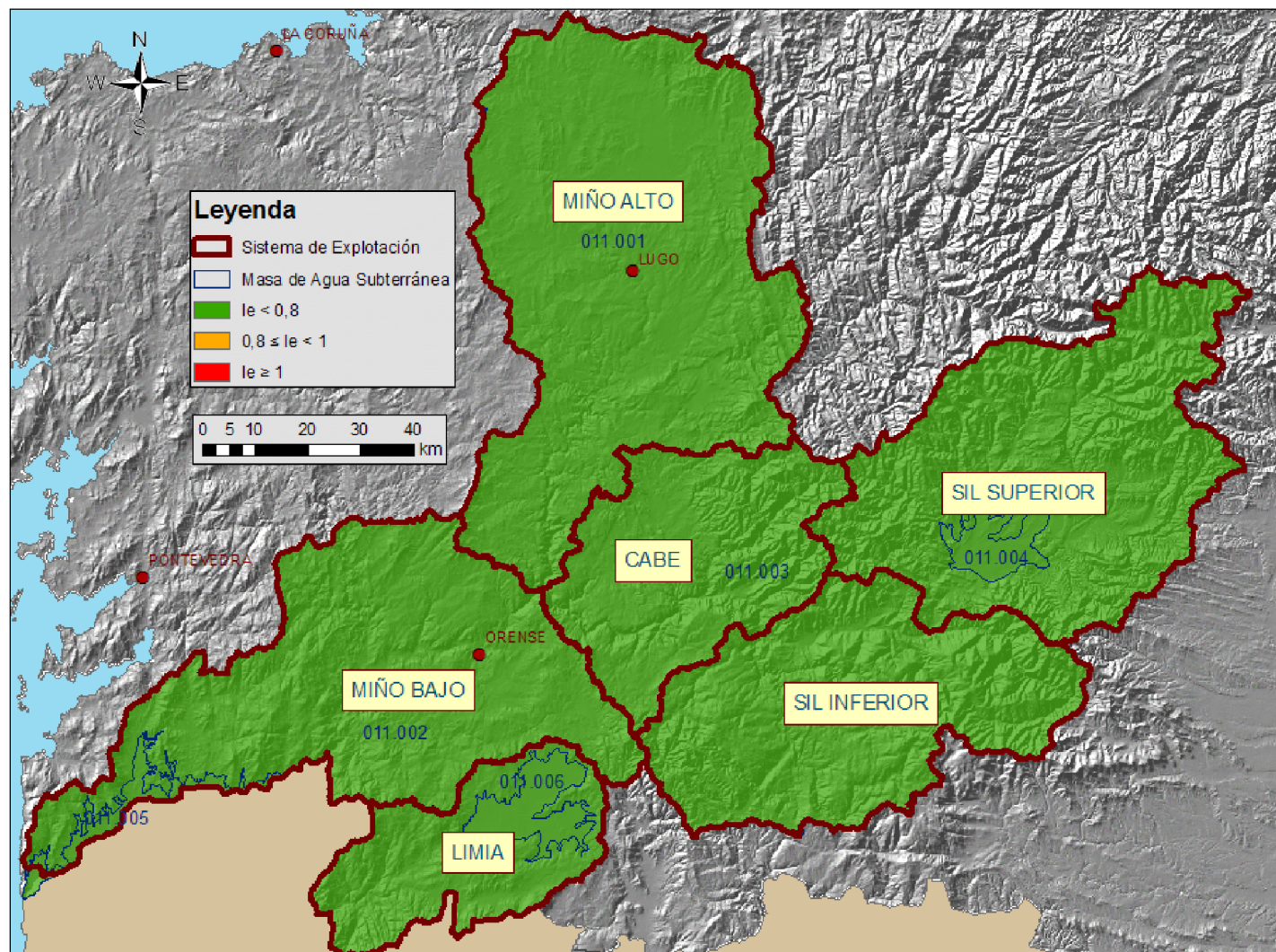


Figura 45. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos y Masas de Agua Subterránea en la DHMS

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 Miño - Sil, se ha podido analizar el Ic en las 6 MASb, y la calidad para abastecimiento urbano ha resultado buena en todas ellas MASb (100%).

Si se analizan estos resultados por sistemas de explotación, se obtienen los siguientes resultados (tabla 23) y en la siguiente figura (figura 46) 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
01-MIÑO - ALTO	1	1	0	1	0	0	0	-
02-SIL – SUPERIOR	2	1	1	2	0	0	0	-
03-SIL - INFERIOR	1	0	1	1	0	0	1	-
04-CABE	1	0	1	1	0	0	0	-
05-MIÑO - BAJO	2	1	1	2	0	0	0	-
06-LIMIA	2	1	1	2	0	0	0	-
SUMA	9	4	5	9	0	0	0	-

Tabla 23. Calidad por Sistemas de Explotación en la DHMS

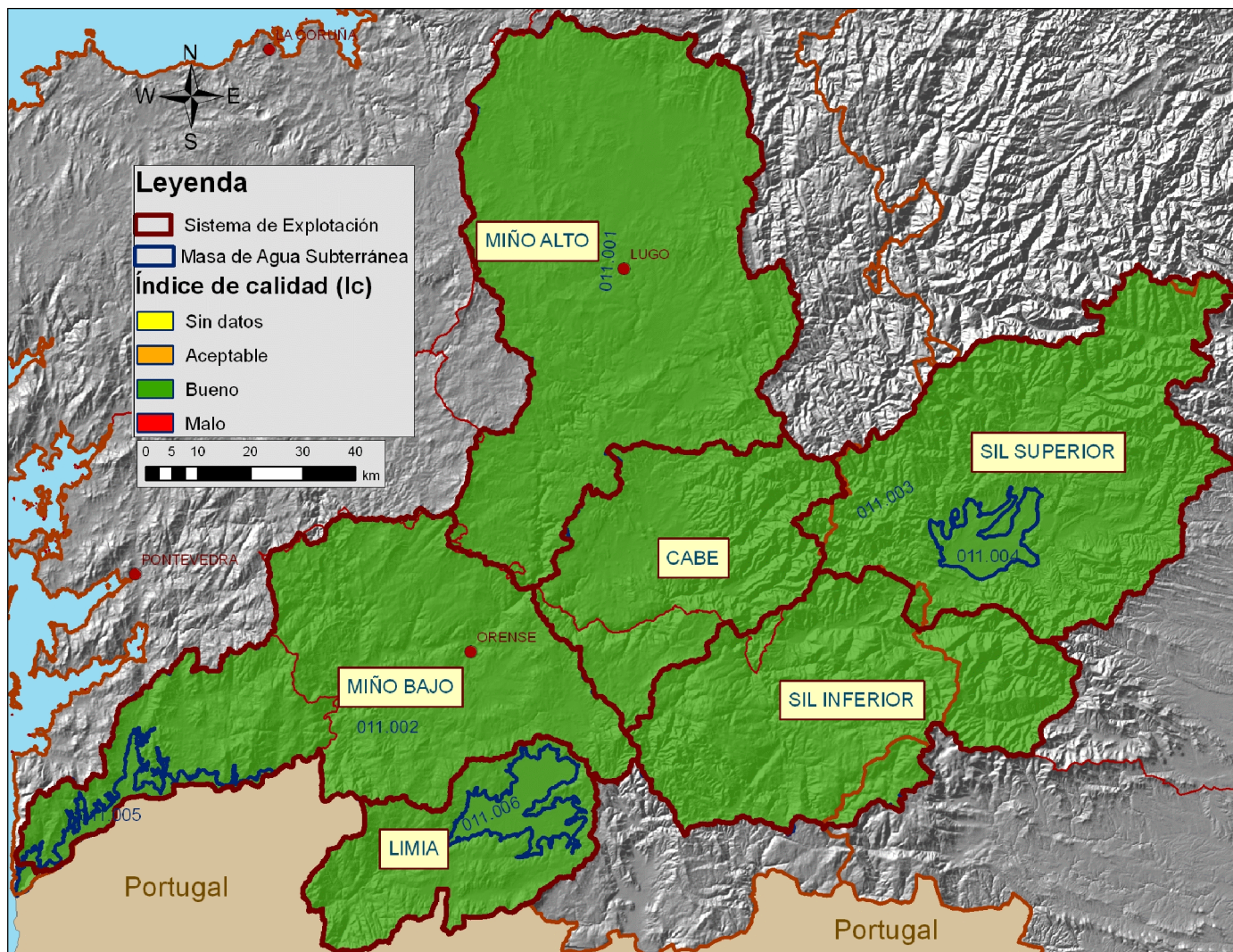


Figura 46. Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos e Índice de calidad de las MASb en la DHMS

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 DHMS.

En la siguiente tabla (tabla 24) 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 Guadalquivir, incluyendo los sistemas de explotación y MASb de la misma.

Como se puede observar en la tabla siguiente (tabla 24), todos los sistemas de explotación poseen recursos no comprometidos de buena calidad para abastecimiento urbano, siendo los que poseen un mayor volumen los siguientes:

- Miño – Alto
- Sil - Superior
- Miño - Bajo

Sistema de Explotación	Nº MASb	Nº MASb completas	Nº MASb compartidas	Índice de explotación	Recursos NO comprometidos totales (RNC) (hm³/a)	Recursos NO comprometidos totales (RNC) según Índice de calidad (Ic) (hm³/a y % RNC totales)				
						Bueno	Aceptable	Malo	Sin datos	Parámetros fuera de límite
01-MIÑO - ALTO	1	1	0	0,01	865,07	865,07	0	0	-	-
02-SIL - SUPERIOR	2	1	1	0,02	580,47	580,47	0	0	-	-
03-SIL - INFERIOR	1	0	1	0,01	471,79	471,79	0	0	-	-
04-CABE	1	0	1	0,01	331,90	331,90	0	0	-	-
05-MIÑO - BAJO	2	1	1	0,05	645,86	645,86	0	0	-	-
06-LIMIA	2	1	1	0,10	245,61	245,61	0	0	-	-
SUMA	9	4	5	0,03	3140,69	3140,69	0	0	-	

Tabla 24. Recursos Hídricos Subterráneos Disponibles, NO Comprometidos y calidad de los mismos por Sistemas de Explotación en la DHMS

La siguiente figura muestra la distribución de la calidad de los recursos no comprometidos por sistemas de explotación (figura 47).

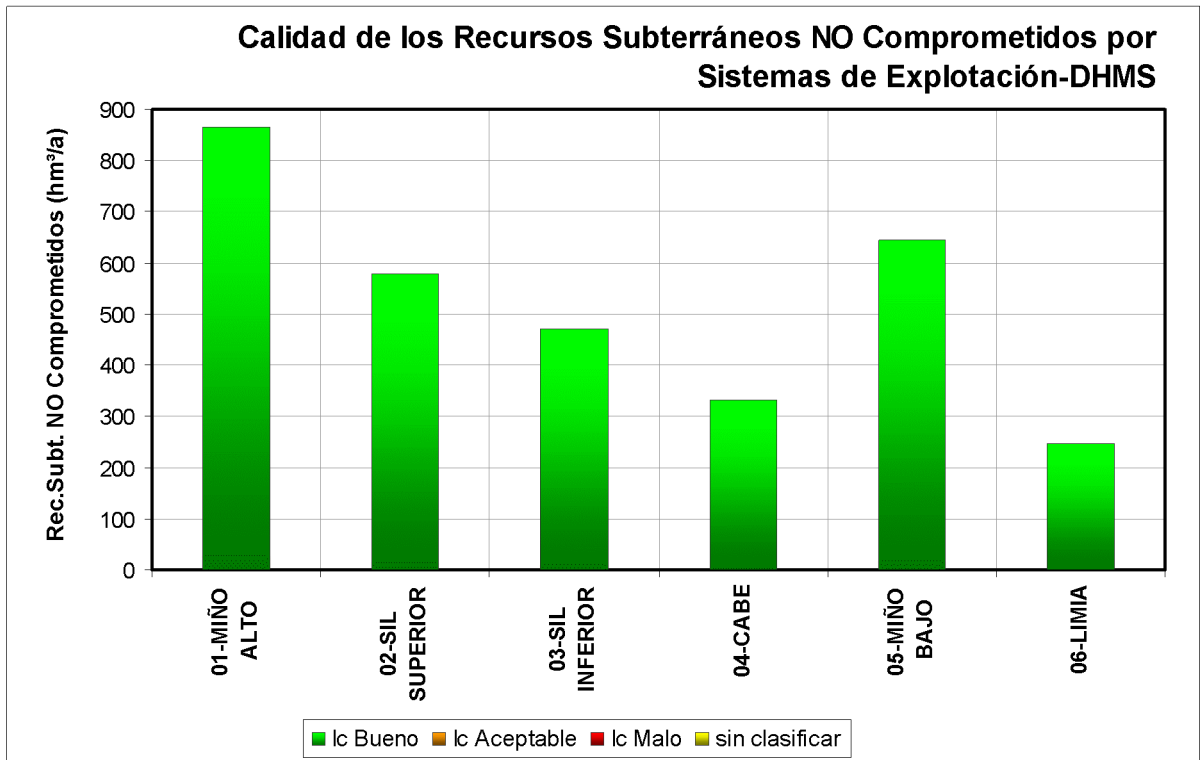
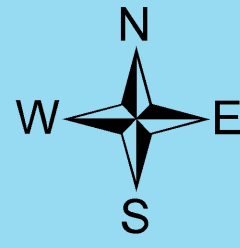


Figura 47. Calidad de los Recursos NO Comprometidos por Sistemas de Explotación de Recursos Hídricos en la DHMS

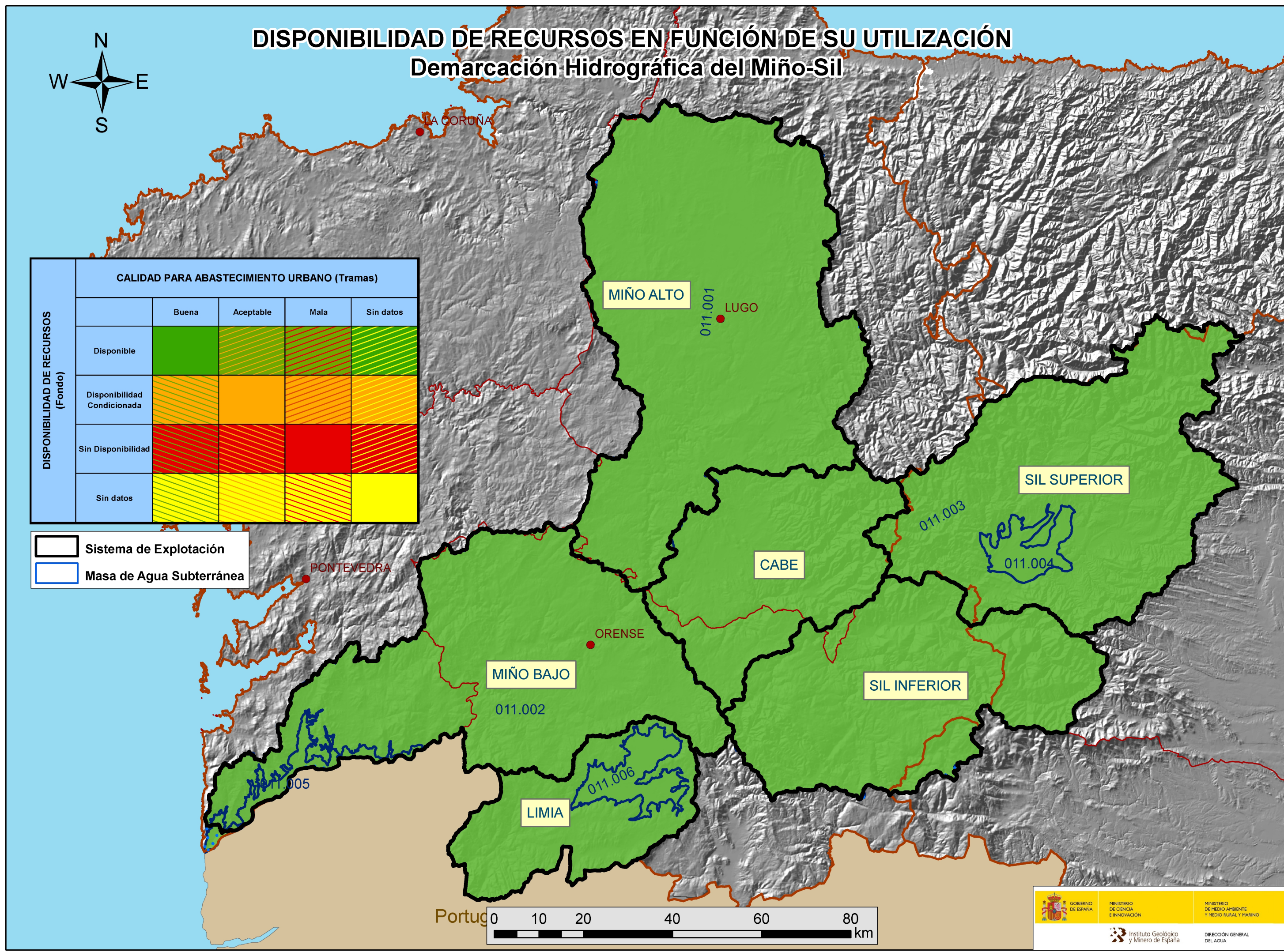
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS EN FUNCIÓN DE SU UTILIZACIÓN

Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil



		CALIDAD PARA ABASTECIMIENTO URBANO (Tramas)			
		Buena	Aceptable	Mala	Sin datos
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS (Fondo)	Disponible				
	Disponibilidad Condicionada				
	Sin Disponibilidad				
	Sin datos				

- 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.
- DHN (2007). “Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía”. (PES-DHN, 2007”.
- DHJ (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”.
- 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”.

**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
Miño-Sil**

ANEXO

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 Miño-Sil, 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*
- **Emilio Rodríguez Merino.** *DHMS*
- **José Luis Herrero Pacheco.** *TIHGSA*
- **Esperanza Reaño García.** *TIHGSA*
- **Pedro González Vázquez.** *TIHGSA*

ANEXO DE FICHAS

MASb 011.001 (CUENCA ALTA DEL MIÑO)

MASb 011.002 (CUENCA BAJA DEL MIÑO)

MASb 011.003 (CUENCA DEL SIL)

MASb 011.004 (CUBETA DEL BIERZO)

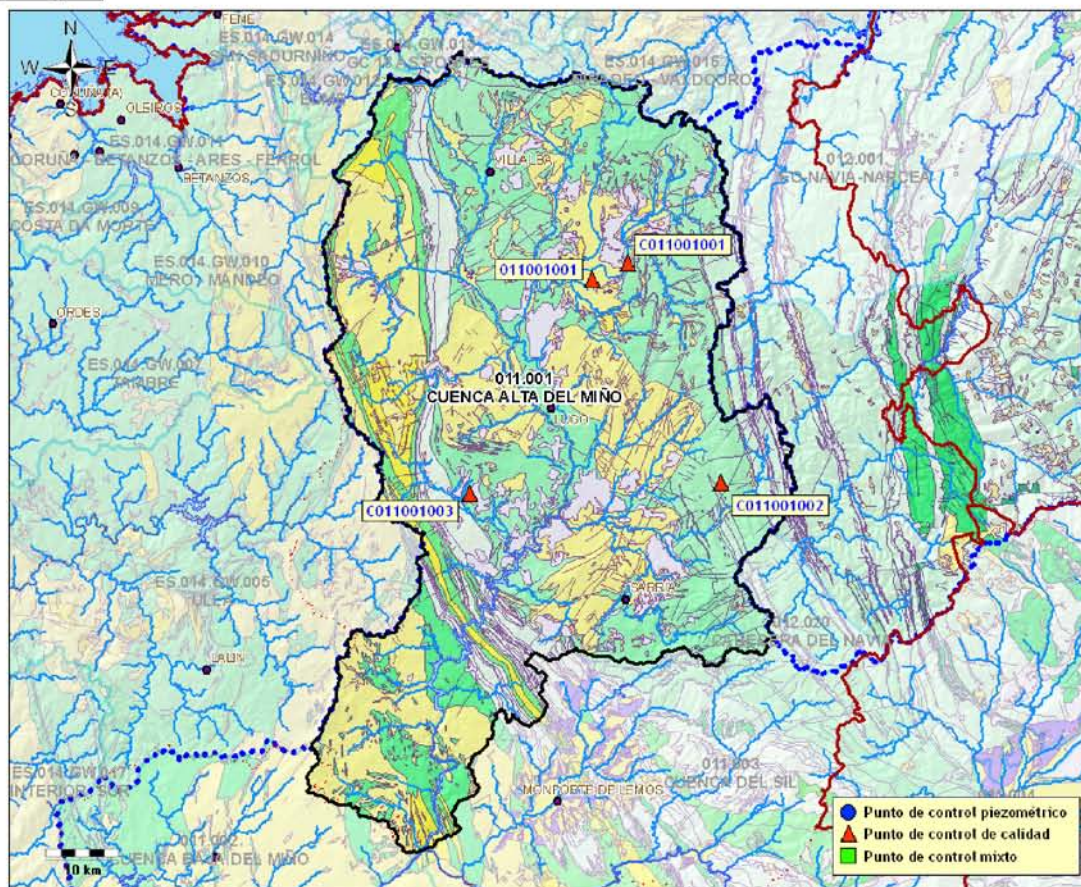
MASb 011.005 (ALUVIAL DEL BAJO MIÑO)

MASb 011.006 (XINZO DE LIMIA)

CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.001 - CUENCA ALTA DEL MIÑO

Ficha 1

Mapa hidrogeológico



* base cartográfica del mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1/200.000

Demarcación Hidrográfica: **MIÑO-SIL**

Comunidad/es Autónoma/s: **GALICIA**

Provincia/s: **LUGO**

Superficie:	Permeabilidad	K muy alta	K alta	K media	K baja	K muy baja
4690,97 km ²	% Superficie	8,68 %	1,53 %	7,18 %	78,64 %	3,55 %

Características hidrogeológicas:

Sus límites corresponden a los de la cuenca hidrográfica del Miño, aguas arriba del punto de confluencia con el río Sil. Contiene materiales prehercínicos, como los gneises glandulares de "Ollo de Sapo" o las pizarras de la serie de Villalba, de edad Vendiciense-Rifeense; rocas plutónicas hercínicas de edad Devónico y Pérmico; y esquistos, cuarcitas y pizarras de edades comprendidas entre el Cámbrico y el Devónico.

El mecanismo principal de recarga es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local.

Puntos de control piezométrico

Puntos de control hidroquímico

- Red básica Demarcación: 4 puntos (periodo del 23/05/2007 al 05/03/2008)

**CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.001 - CUENCA ALTA DEL MIÑO**

Ficha 1

Puntos de control

Piezometría

Calidad

Red básica Demarcación

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Análisis	Inicio	Fin	Última medida	
									Conductividad (μ S/cm)	Nitratos (mg/l)
011001001	134423	4789818	399,00	sondeo					-	-
Facies (promedio): No determinable									Análisis con balance anómalo: 0	
C011001001	139307	4792058	401,00	manantial		2	05/2007	03/2008	255,00	9,30
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	
C011001002	152222	4761680	711,00	manantial		2	05/2007	03/2008	65,00	2,70
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	
C011001003	117509	4760267	534,00	pozo		2	05/2007	03/2008	230,00	0,80
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	

**CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS
MASb 011.001 - CUENCA ALTA DEL MIÑO**

Ficha 2

Análisis cuantitativo

Extracciones

Abastecimiento	Agricultura y ganadería	Industria	Recreativo	Otro	Total (B) (hm ³ /año)
-	-	-	-	-	10,74

Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso disponible

Recursos renovables

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Infiltración	-	-	-
Pérdidas en cauces	-	-	-
Transferencias laterales	-	-	-
Retornos de riego	-	-	-
Recursos Renovables (RREN)	1039,99		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Restricciones medioambientales

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Caudal ecológico	-	-	-
Salidas al mar	-	-	-
Humedales	-	-	-
Manantiales	-	-	-
Total Restricciones Medioambientales (RMED)	164,18		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso Disponible (RDIS = RREN - RMED) (hm³/año) **875,81**

Índice de explotación y disponibilidad

Extracciones (B) (hm ³ /año)	Recurso disponible (RDIS) (hm ³ /año)	Índice de explotación (Ie = B/RDIS)	Recurso no comprometido (hm ³ /año)
10,74	875,81	0,01	865,07



Clasificación según el Índice de Explotación (Ie): **Disponibilidad**

**CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS
MASb 011.001 - CUENCA ALTA DEL MIÑO**

Ficha 2

Análisis de la tendencia de la serie histórica

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos históricos

Análisis de la tendencia de la serie actual

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos actuales

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.001 - CUENCA ALTA DEL MIÑO

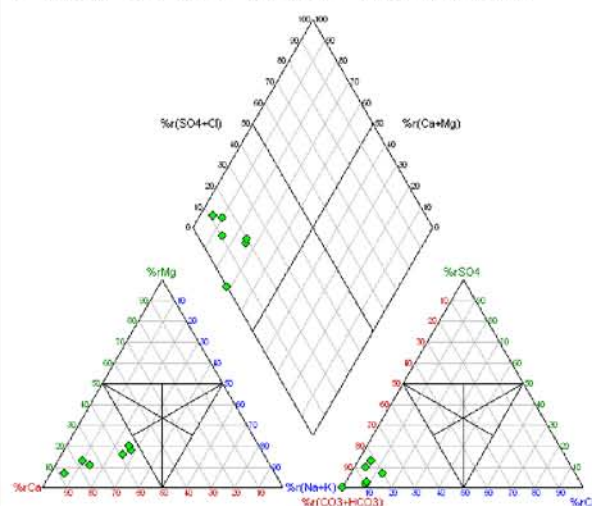
Ficha 3

Análisis de la serie actual

Síntesis de parámetros analizados

Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad (µS/cm a 20°C)	6	230,41	183,33	278,67	183,33	⬇️ -121,5809 (µS/cm a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	6	3,60	3,53	3,67	3,67	⬆️ 0,1702 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO3)	6	4,63	4,27	5,00	4,27	⬇️ -0,9365 (mg/l NO3/año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	6	6,35	5,20	7,47	7,47	⬆️ 2,8920 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO4)	6	6,70	5,27	8,17	5,27	⬇️ -3,6968 (mg/l SO4/año)	250,00

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica



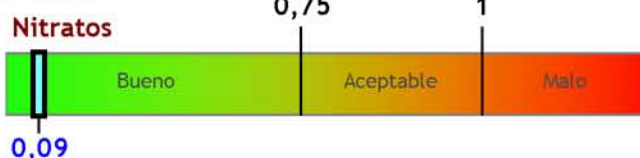
Facies predominante:
100,00 % Bicarbonatada cálcica (6 muestra/s)

Valores del Índice de Calidad (Ic)

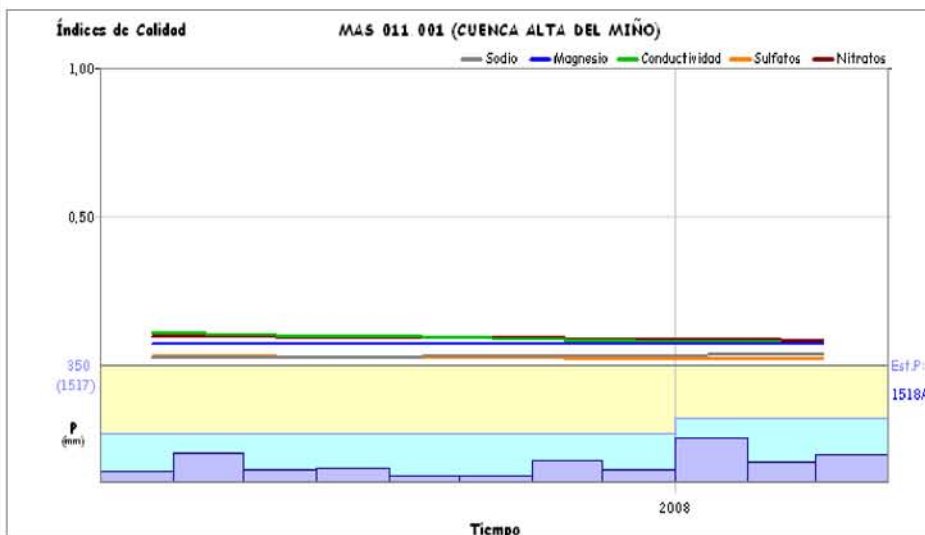
Fórmula: $Ic = \frac{[P]}{[V_L]}$ (Concentración del parámetro) / (Valor límite impuesto por Legislación)

Parámetro	Índice de Calidad (Ic)	Situación actual
Conductividad	0,07	Buena
Magnesio	0,07	Buena
Nitratos	0,09	Buena
Sodio	0,04	Buena
Sulfatos	0,02	Buena

Peor valor:



Evolución del índice de calidad



Observaciones

Clasificación según el Índice de Calidad (Ic): **Buena**

**CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS
MASb 011.001 - CUENCA ALTA DEL MIÑO**

Ficha 3

Análisis de la serie histórica**Síntesis de parámetros analizados**

Puntos considerados

Periodo común

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica

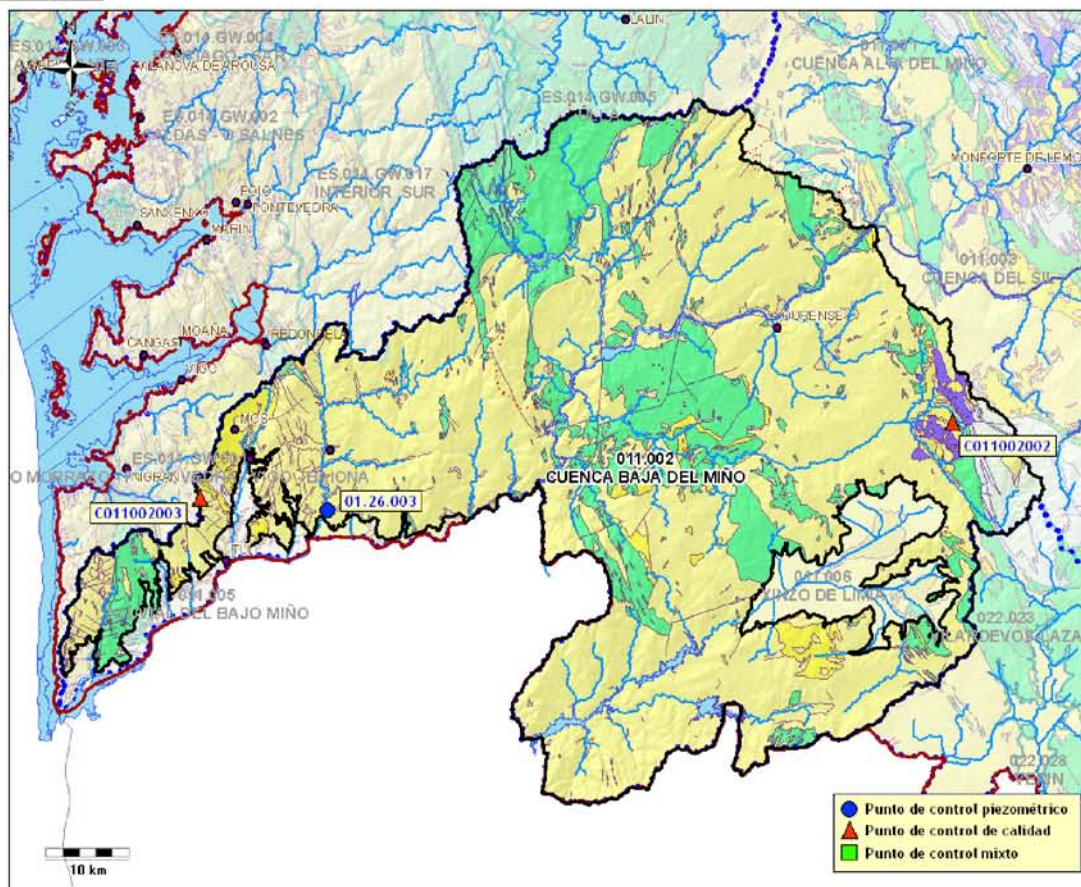
Facies predominante:

Evolución histórica del índice de calidad

CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.002 - CUENCA BAJA DEL MIÑO

Ficha 1

Mapa hidrogeológico



* base cartográfica del mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1/200.000

Demarcación Hidrográfica: **MIÑO-SIL**

Comunidad/es Autónoma/s: **GALICIA**

Provincia/s: **PONTEVEDRA, ORENSE**

Superficie:	Permeabilidad	K muy alta	K alta	K media	K baja	K muy baja
4494,09 km ²	% Superficie	1,42 %	2,47 %	0,13 %	94,88 %	0,44 %

Características hidrogeológicas:

Limitada al N por la divisoria de la cuenca del Miño; al SO por los materiales graníticos y metamórficos; al S con Portugal, y al SE con la cuenca del Duero. Al E limita con la Cuenca Alta del Miño y la Cuenca del Sil. En la zona SE, rodea a la masa Xinzo de Limia de naturaleza detrítica cuaternaria. Está formado por rocas plutónicas hercínicas de edad Devónico y Pérmico. Además existen esquistos, filitas, limolitas y grauvacas del Silúrico-Devónico; y esquistos, paragneises y filitas del Cámbrico y Ordovícico. Estos materiales aparecen deformados por la Orogenia Hercínica, encontrándose afectados por un metamorfismo regional de bajo grado. La recarga se produce por la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local.

Puntos de control piezométrico

- Red básica Demarcación: 1 punto (periodo del 27/10/2004 al 26/03/2009)

Puntos de control hidroquímico

- Red básica Demarcación: 2 puntos (periodo del 24/05/2007 al 03/03/2008)

**CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.002 - CUENCA BAJA DEL MIÑO**

Ficha 1

Puntos de control

Piezometría

Red básica Demarcación

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
01.26.003	45258	4676664	80,00			54	10/2004	03/2009	73,63	76,57	75,95

Calidad

Red básica Demarcación

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Análisis	Inicio	Fin	Última medida	
									Conductividad (μ S/cm)	Nitratos (mg/l)
C011002002	120746	4687332	591,00	manantial		2	05/2007	03/2008	150,00	3,40
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	
C011002003	29818	4678128	414,00	pozo		2	05/2007	03/2008	140,00	2,80
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	

**CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS
MASb 011.002 - CUENCA BAJA DEL MIÑO**

Ficha 2

Análisis cuantitativo

Extracciones

Abastecimiento	Agricultura y ganadería	Industria	Recreativo	Otro	Total (B) (hm ³ /año)
-	-	-	-	-	8,51

Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso disponible

Recursos renovables

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Infiltración	-	-	-
Pérdidas en cauces	-	-	-
Transferencias laterales	-	-	-
Retornos de riego	-	-	-
Recursos Renovables (RREN)	922,81		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

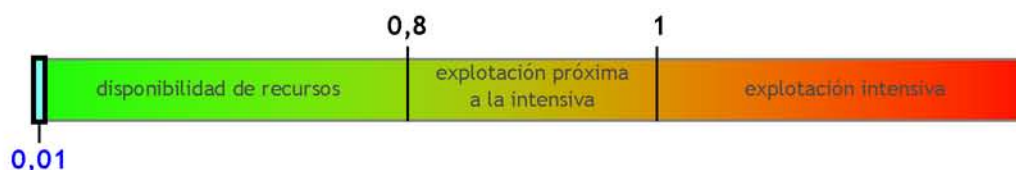
Restricciones medioambientales

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Caudal ecológico	-	-	-
Salidas al mar	-	-	-
Humedales	-	-	-
Manantiales	-	-	-
Total Restricciones Medioambientales (RMED)	89,88		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso Disponible (RDIS = RREN - RMED) (hm³/año) **832,93**

Índice de explotación y disponibilidad

Extracciones (B) (hm ³ /año)	Recurso disponible (RDIS) (hm ³ /año)	Índice de explotación (Ie = B/RDIS)	Recurso no comprometido (hm ³ /año)
8,51	832,93	0,01	824,42



Clasificación según el Índice de Explotación (Ie): **Disponibilidad**

**CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS
MASb 011.002 - CUENCA BAJA DEL MIÑO**

Ficha 2

Análisis de la tendencia de la serie histórica

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos históricos

Análisis de la tendencia de la serie actual

Serie media común

Periodo común	Nº valores	Cota NP (m.s.n.m.)		
		Media	Media Mínima	Media Máxima
octubre 2004-marzo 2009 (54 meses/4,50 años)	54	75,27	73,63	76,57

Nº de piezómetros considerados: 1 (Red Básica Demarcación)

* ver reverso ficha 1

Análisis de tendencias

Coef. corr. Pearson

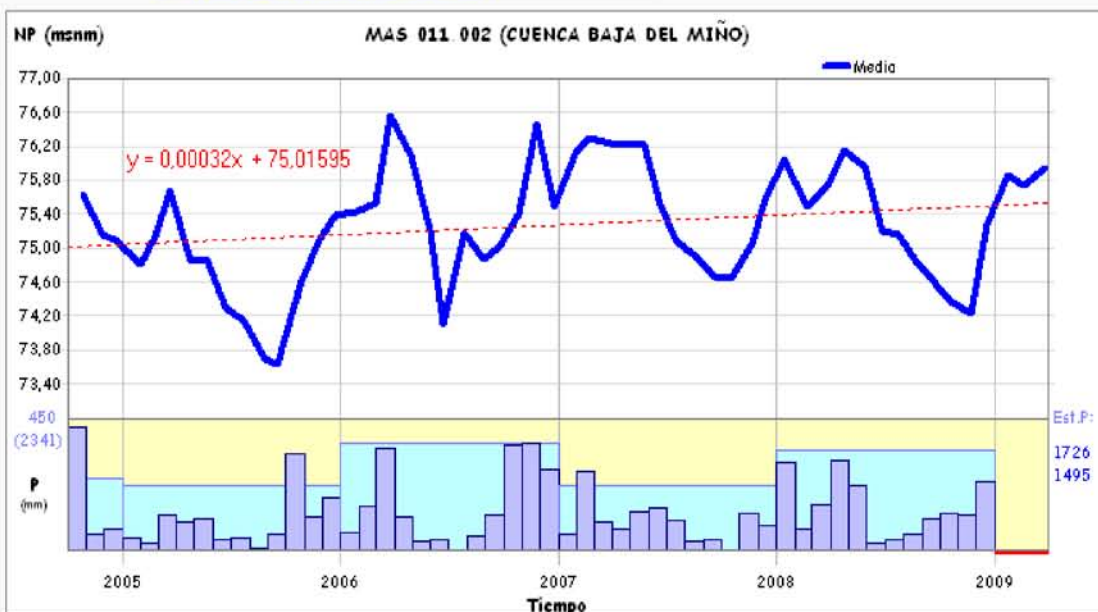
0,22 (corr. baja)

Tendencia

estable

Velocidad (m/año)

0,1152



CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.002 - CUENCA BAJA DEL MIÑO

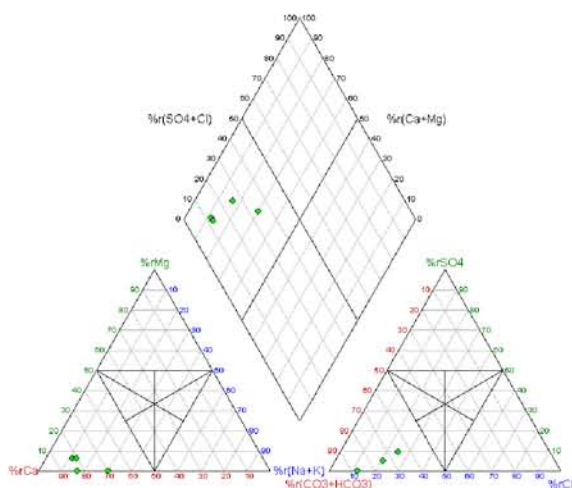
Ficha 3

Análisis de la serie actual

Síntesis de parámetros analizados

Puntos considerados	2 (Red Básica Demarcación)	Periodo común	mayo 2007-marzo 2008 (11 meses/0,92 años)				
Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad (µS/cm a 20°C)	4	113,41	81,00	145,00	145,00	⬆️ 82,2535 (µS/cm a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	4	0,83	0,25	1,40	1,40	⬆️ 1,4780 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO3)	4	3,15	3,10	3,20	3,10	⬇️ -0,1285 (mg/l NO3/año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	4	3,98	3,80	4,15	4,15	⬆️ 0,4498 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO4)	4	1,14	0,00	2,30	0,00	⬇️ -2,9560 (mg/l SO4/año)	250,00

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica



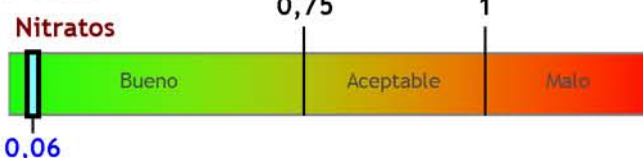
Facies predominante:
100,00 % Bicarbonatada cálcica (4 muestra/s)

Valores del Índice de Calidad (Ic)

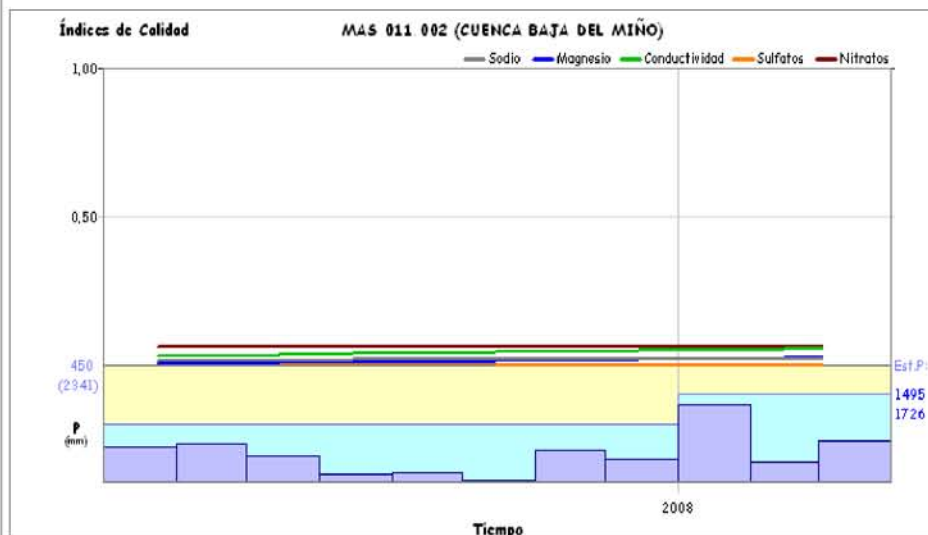
Fórmula: $Ic = \frac{[P]}{[V_L]}$ (Concentración del parámetro) / (Valor límite impuesto por Legislación)

Parámetro	Índice de Calidad (Ic)	Situación actual
Conductividad	0,06	Buena
Magnesio	0,03	Buena
Nitratos	0,06	Buena
Sodio	0,02	Buena
Sulfatos	0,00	Buena

Peor valor:



Evolución del índice de calidad



Observaciones

Clasificación según el Índice de Calidad (Ic): **Buena**

**CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS
MASb 011.002 - CUENCA BAJA DEL MIÑO**

Ficha 3

Análisis de la serie histórica**Síntesis de parámetros analizados**

Puntos considerados

Periodo común

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica

Facies predominante:

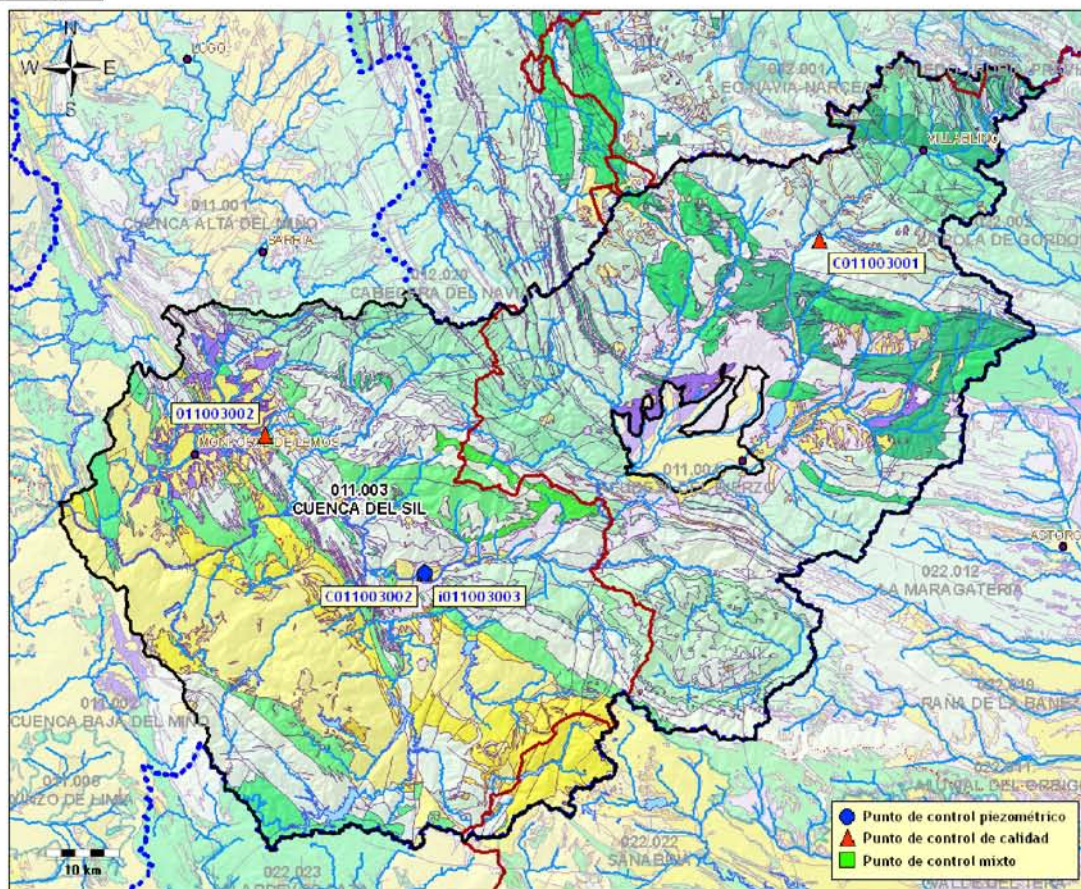
Evolución histórica del índice de calidad

CARACTERÍSTICAS GENERALES

MASb 011.003 - CUENCA DEL SIL

Ficha 1

Mapa hidrogeológico



* base cartográfica del mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1/200.000

Demarcación Hidrográfica: MIÑO-SIL

Comunidad/es Autónoma/s: GALICIA, CASTILLA Y LEON

Provincia/s: ORENSE, LUGO, LEON, ZAMORA

Superficie:	Permeabilidad	K muy alta	K alta	K media	K baja	K muy baja
7802,75 km ²	% Superficie	2,55 %	5,42 %	2,30 %	76,54 %	12,40 %

Características hidrogeológicas:

Sus límites coinciden con los de la divisoria de aguas superficiales del río Sil. Rodea a la Cubeta del Bierzo, estableciéndose el límite entre ambas unidades mediante el contacto entre los materiales graníticos y metamórficos que componen la presente masa con los terciarios de la Cubeta del Bierzo. Esta masa integra materiales paleozoicos y rocas ígneas del Macizo Hercínico, en concreto de la Zona Asturoccidental-leonesa y del Dominio de Pliegues Verticales de la Zona Centroibérica. Predominan series de pizarras y grauvacas intensamente deformados y rocas graníticas. El mecanismo principal de recarga es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local.

Puntos de control piezométrico

- Red básica Demarcación: 1 punto (periodo del 29/01/2007 al 26/03/2009)

Puntos de control hidroquímico

- Red básica Demarcación: 3 puntos (periodo del 29/05/2007 al 03/03/2008)

CARACTERÍSTICAS GENERALES

MASb 011.003 - CUENCA DEL SIL

Ficha 1

Puntos de control

Piezometría

Red básica Demarcación

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
i011003003	161269	4701594	292,00			27	01/2007	03/2009	290,33	291,27	291,27

Calidad

Red básica Demarcación

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Análisis	Inicio	Fin	Última medida	
									Conductividad (μ S/cm)	Nitratos (mg/l)
011003002	139301	4720502	405,00	sondeo					-	-
Facies (promedio): No determinable									Análisis con balance anómalo: 0	
C011003001	215407	4747136	905,00	manantial		2	05/2007	03/2008	115,00	0,80
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	
C011003002	161130	4701638	291,00	pozo		2	05/2007	03/2008	320,00	34,30
Facies (promedio): Bicarbonatada sulfatada cálcico sódica									Análisis con balance anómalo: 0	

CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS

MASb 011.003 - CUENCA DEL SIL

Ficha 2

Análisis cuantitativo

Extracciones

Abastecimiento	Agricultura y ganadería	Industria	Recreativo	Otro	Total (B) (hm ³ /año)
-	-	-	-	-	19,50

Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso disponible

Recursos renovables

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Infiltración	-	-	-
Pérdidas en cauces	-	-	-
Transferencias laterales	-	-	-
Retornos de riego	-	-	-
Recursos Renovables (RREN)	1682,04		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Restricciones medioambientales

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Caudal ecológico	-	-	-
Salidas al mar	-	-	-
Humedales	-	-	-
Manantiales	-	-	-
Total Restricciones Medioambientales (RMED)	291,07		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso Disponible (RDIS = RREN - RMED) (hm³/año) **1390,97**

Índice de explotación y disponibilidad

Extracciones (B) (hm ³ /año)	Recurso disponible (RDIS) (hm ³ /año)	Índice de explotación (Ie = B/RDIS)	Recurso no comprometido (hm ³ /año)
19,50	1390,97	0,01	1371,47



Clasificación según el Índice de Explotación (Ie): **Disponibilidad**

CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS

MASb 011.003 - CUENCA DEL SIL

Ficha 2

Análisis de la tendencia de la serie histórica

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos históricos

Análisis de la tendencia de la serie actual

Serie media común

Periodo común	Nº valores	Cota NP (m.s.n.m.)		
		Media	Media Mínima	Media Máxima
enero 2007-marzo 2009 (27 meses/2,25 años)	27	290,90	290,33	291,27

Nº de piezómetros considerados: 1 (Red Básica Demarcación)

* ver reverso ficha 1

Análisis de tendencias

Coef. corr. Pearson

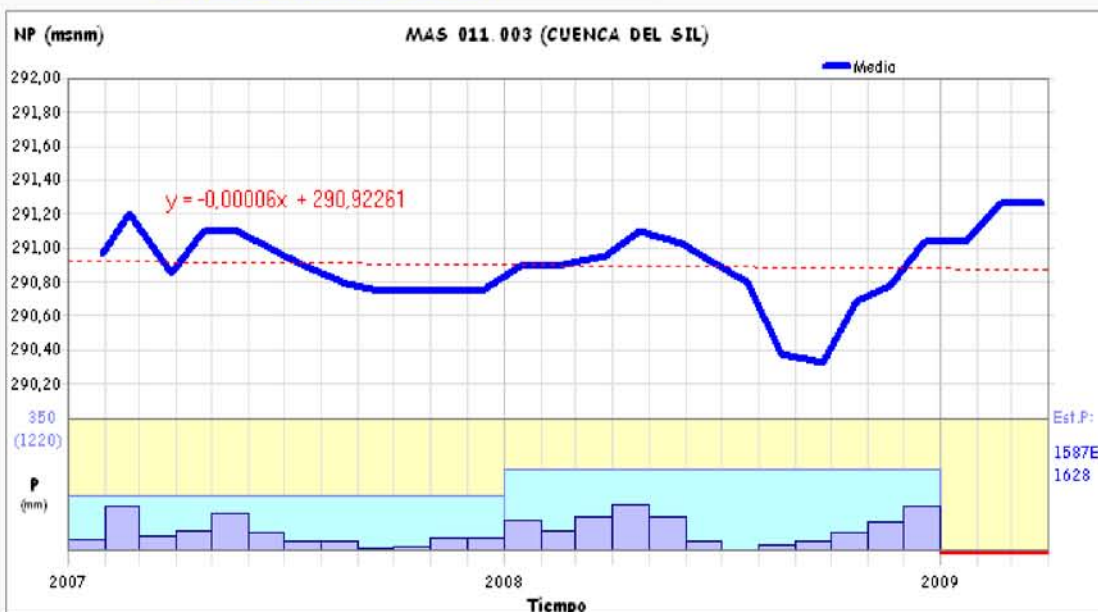
-0,06 (corr. muy baja)

Tendencia

estable

Velocidad (m/año)

-0,0213



CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.003 - CUENCA DEL SIL

Ficha 3

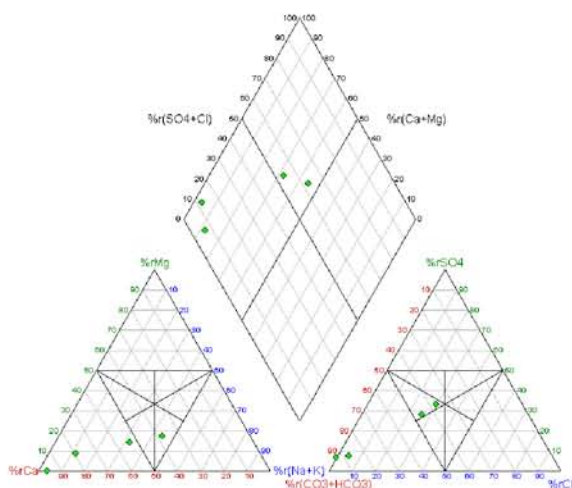
Análisis de la serie actual

Síntesis de parámetros analizados

Puntos considerados	2 (Red Básica Demarcación)	Periodo común	mayo 2007-marzo 2008 (11 meses/0,92 años)
---------------------	----------------------------	---------------	---

Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad (µS/cm a 20°C)	4	216,00	214,50	217,50	217,50	⬆️ 3,9247 (µS/cm a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	4	3,02	2,70	3,35	3,35	⬆️ 0,8504 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO3)	4	19,15	17,55	20,75	17,55	⬇️ -4,1864 (mg/l NO3/año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	4	10,83	10,15	11,50	10,15	⬇️ -1,7661 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO4)	4	17,62	17,40	17,85	17,85	⬆️ 0,5887 (mg/l SO4/año)	250,00

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica



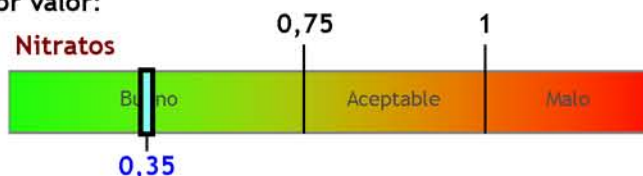
Facies predominante:
50,00 % Bicarbonatada cálcica (2 muestra/s)

Valores del Índice de Calidad (Ic)

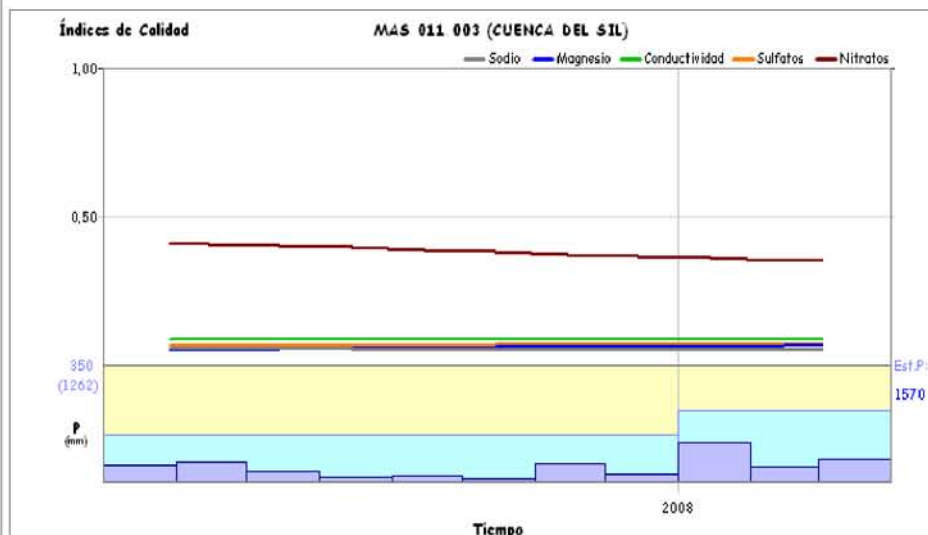
Fórmula: $Ic = \frac{[P]}{[V_L]}$ (Concentración del parámetro) / (Valor límite impuesto por Legislación)

Parámetro	Índice de Calidad (Ic)	Situación actual
Conductividad	0,09	Buena
Magnesio	0,07	Buena
Nitratos	0,35	Buena
Sodio	0,05	Buena
Sulfatos	0,07	Buena

Peor valor:



Evolución del índice de calidad



Observaciones

Clasificación según el Índice de Calidad (Ic): **Buena**

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.003 - CUENCA DEL SIL

Ficha 3

Análisis de la serie histórica**Síntesis de parámetros analizados**

Puntos considerados

Periodo común

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica

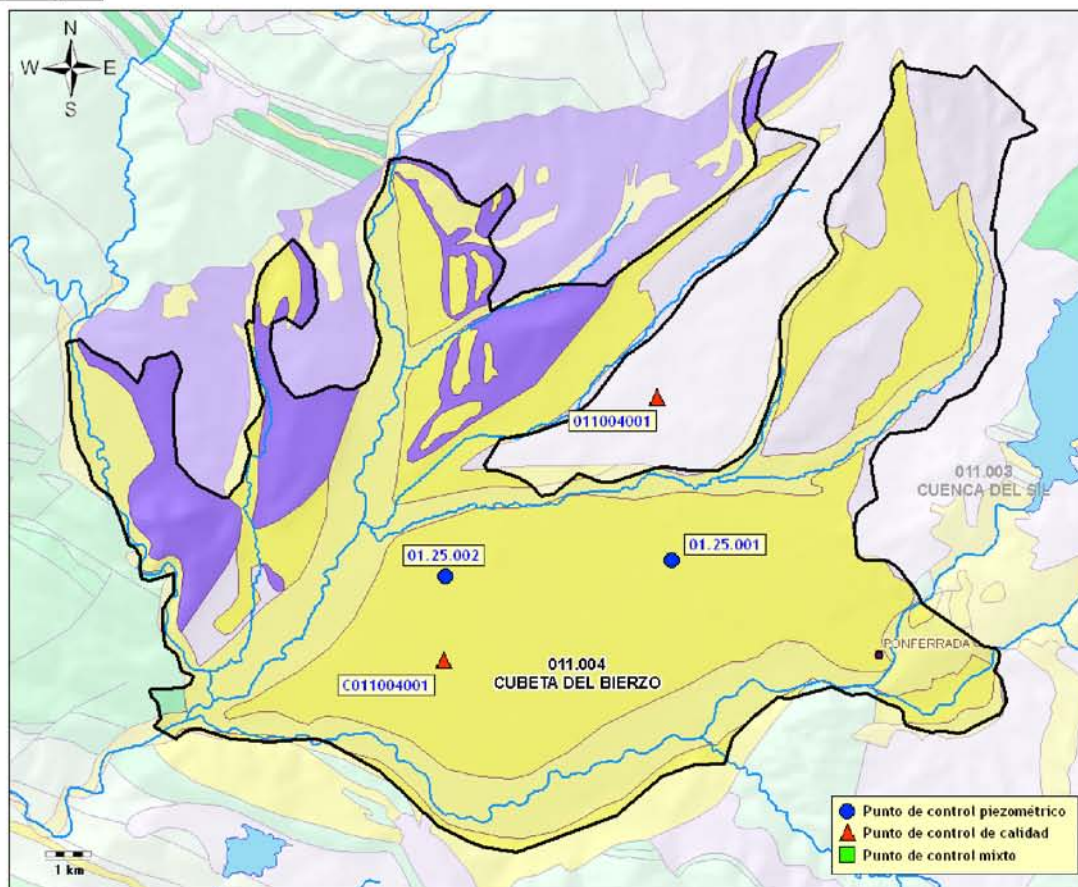
Facies predominante:

Evolución histórica del índice de calidad

CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.004 - CUBETA DEL BIERZO

Ficha 1

Mapa hidrogeológico



* base cartográfica del mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1/200.000

Demarcación Hidrográfica: **MIÑO-SIL**

Comunidad/es Autónoma/s: **CASTILLA Y LEON**

Provincia/s: **LEON**

Superficie:	Permeabilidad	K muy alta	K alta	K media	K baja	K muy baja
188,53 km ²	% Superficie	27,12 %	48,86 %	11,15 %	12,87 %	-

Características hidrogeológicas:

Se trata de una depresión intramontañosa amplia y plana, formada durante el Mioceno por elevación y descenso relativo de bloques del substrato paleozoico. Está constituida por materiales terciarios, miocenos y plio-pleistocenos, cubiertos en gran parte por materiales cuaternarios de los aluviales del río Sil y sus afluentes, glaciares y depósitos de ladera. Los bordes de la cubeta están constituidos por materiales detríticos paleozoicos y granitos. Las entradas se producen por infiltración del agua de lluvia y por aporte puntual subterráneo procedente de las calizas paleozoicas en la zona SO. De forma menos importante hay cierta recarga debida a los retornos de riego. Las salidas se realizan hacia los ríos Sil, Boeza, Cua y Burbia. En menor medida existen salidas a través de manantiales. En el acuífero terciario existe aporte lateral hacia los acuíferos cuaternarios.

Puntos de control piezométrico

- Red básica Demarcación: 2 puntos (periodo del 27/10/2004 al 26/03/2009)

Puntos de control hidroquímico

- Red básica Demarcación: 2 puntos (periodo del 29/05/2007 al 05/03/2008)

**CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.004 - CUBETA DEL BIERZO**

Ficha 1

Puntos de control

Piezometría

Red básica Demarcación

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
01.25.001	200221	4719140	500,00			54	10/2004	03/2009	470,29	470,70	470,56
01.25.002	195222	4718785	440,00			54	10/2004	03/2009	435,08	435,42	435,10

Calidad

Red básica Demarcación

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Análisis	Inicio	Fin	Última medida	
									Conductividad (μ S/cm)	Nitratos (mg/l)
011004001	199883	4722738	512,00	sondeo					-	-
Facies (promedio): No determinable									Análisis con balance anómalo: 0	
C011004001	195182	4716934	459,00	manantial		2	05/2007	03/2008	390,00	10,10
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	

CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS

MASb 011.004 - CUBETA DEL BIERZO

Ficha 2

Análisis cuantitativo

Extracciones

Abastecimiento	Agricultura y ganadería	Industria	Recreativo	Otro	Total (B) (hm ³ /año)
-	-	-	-	-	0,31

Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso disponible

Recursos renovables

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Infiltración	-	-	-
Pérdidas en cauces	-	-	-
Transferencias laterales	-	-	-
Retornos de riego	-	-	-
Recursos Renovables (RREN)	25,50		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Restricciones medioambientales

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Caudal ecológico	-	-	-
Salidas al mar	-	-	-
Humedales	-	-	-
Manantiales	-	-	-
Total Restricciones Medioambientales (RMED)	12,51		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso Disponible (RDIS = RREN - RMED) (hm³/año) **12,99**

Índice de explotación y disponibilidad

Extracciones (B) (hm ³ /año)	Recurso disponible (RDIS) (hm ³ /año)	Índice de explotación (Ie = B/RDIS)	Recurso no comprometido (hm ³ /año)
0,31	12,99	0,02	12,68



Clasificación según el Índice de Explotación (Ie): **Disponibilidad**

CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS

MASb 011.004 - CUBETA DEL BIERZO

Ficha 2

Análisis de la tendencia de la serie histórica

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos históricos

Análisis de la tendencia de la serie actual

Serie media común

Periodo común	Nº valores	Cota NP (m.s.n.m.)		
		Media	Media Mínima	Media Máxima
octubre 2004-marzo 2009 (54 meses/4,50 años)	108	452,88	452,69	453,00

Nº de piezómetros considerados: 2 (Red Básica Demarcación)

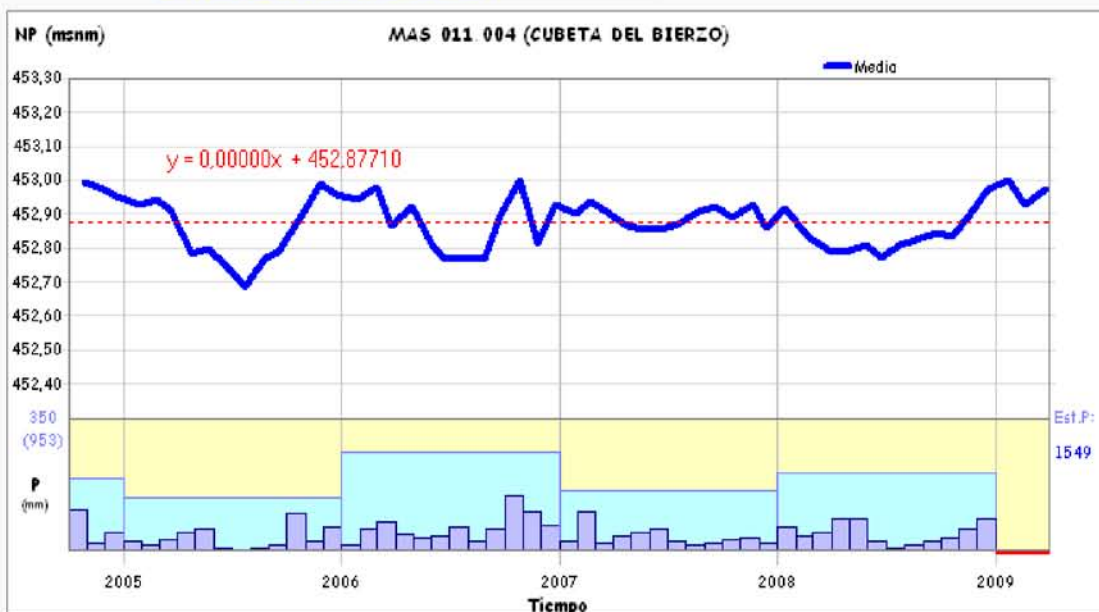
* ver reverso ficha 1

Análisis de tendencias

Coef. corr. Pearson
-0,01 (corr. muy baja)

Tendencia
estable

Velocidad (m/año)
-0,0005



CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.004 - CUBETA DEL BIERZO

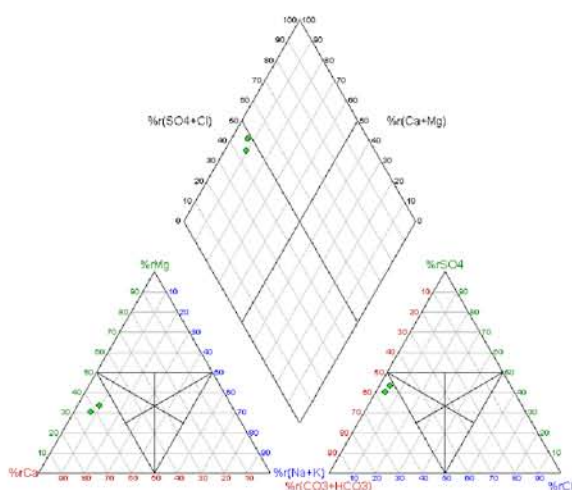
Ficha 3

Análisis de la serie actual

Síntesis de parámetros analizados

Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad (µS/cm a 20°C)	2	364,81	340,00	390,00	390,00	⬆️ 64,9466 (µS/cm a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	2	12,99	11,60	14,40	14,40	⬆️ 3,6370 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO3)	2	11,16	10,10	12,20	10,10	⬇️ -2,7278 (mg/l NO3/año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	2	6,39	5,60	7,20	7,20	⬆️ 2,0783 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO4)	2	62,54	61,40	63,70	63,70	⬆️ 2,9875 (mg/l SO4/año)	250,00

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica



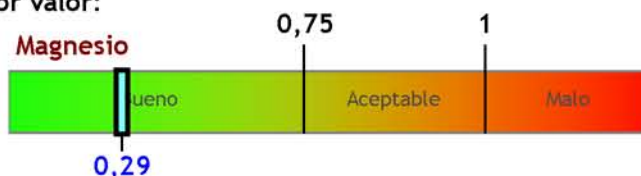
Facies predominante:
100,00 % Bicarbonatada cálcica (2 muestra/s)

Valores del Índice de Calidad (Ic)

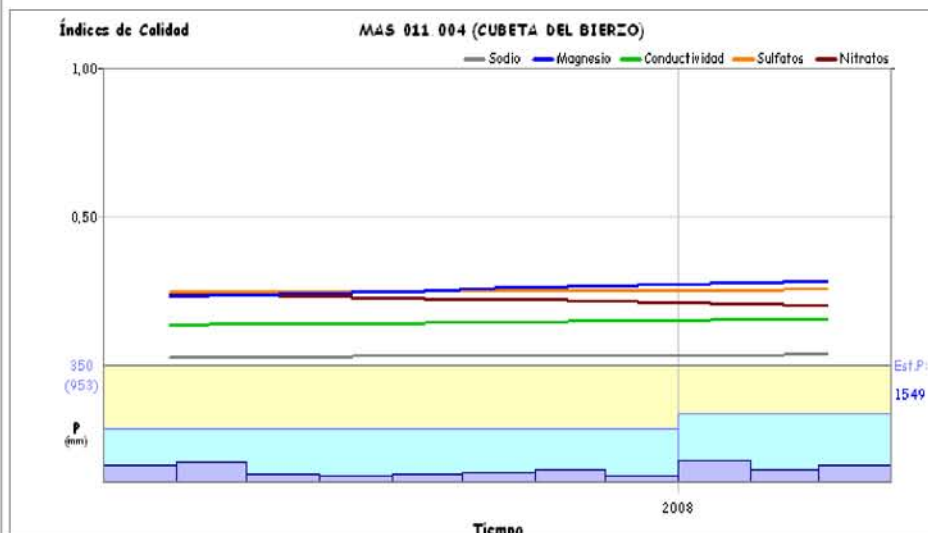
Fórmula: $Ic = \frac{[P]}{[V_L]}$ (Concentración del parámetro) / (Valor límite impuesto por Legislación)

Parámetro	Índice de Calidad (Ic)	Situación actual
Conductividad	0,16	Buena
Magnesio	0,29	Buena
Nitratos	0,20	Buena
Sodio	0,04	Buena
Sulfatos	0,25	Buena

Peor valor:



Evolución del índice de calidad



Observaciones

La masa de agua subterránea se halla en riesgo cualitativo (por contaminación difusa) de no cumplir los objetivos medioambientales en 2015.

Clasificación según el Índice de Calidad (Ic): **Buena**

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS**MASb 011.004 - CUBETA DEL BIERZO**

Ficha 3

Análisis de la serie histórica**Síntesis de parámetros analizados**

Puntos considerados

Periodo común

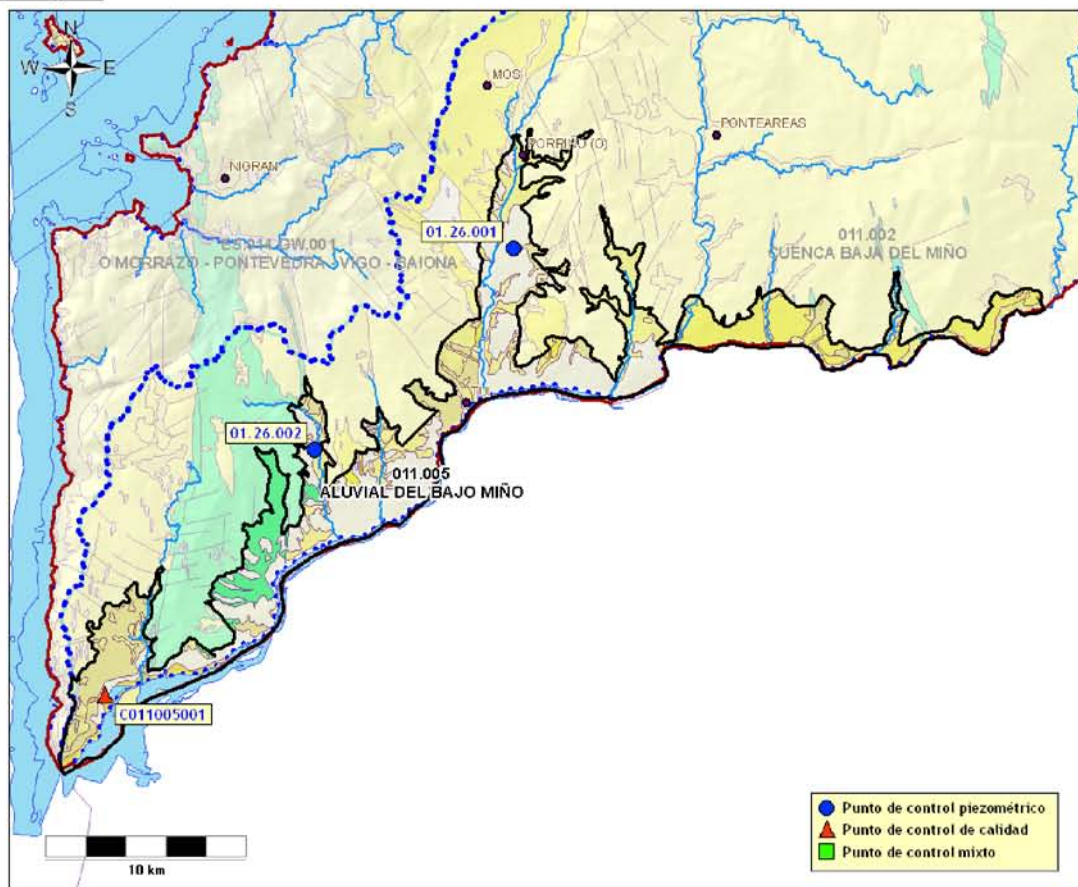
Diagrama de Piper y Facies hidroquímica

Facies predominante:

Evolución histórica del índice de calidad

**CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.005 - ALUVIAL DEL BAJO MIÑO**

Ficha 1

Mapa hidrogeológico


* base cartográfica del mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1/200.000

 Demarcación Hidrográfica: **MIÑO-SIL**

 Comunidad/es Autónoma/s: **GALICIA**

 Provincia/s: **PONTEVEDRA**

Superficie:	Permeabilidad	K muy alta	K alta	K media	K baja	K muy baja
175,22 km ²	% Superficie	14,89 %	25,98 %	35,16 %	17,96 %	0,21 %

Características hidrogeológicas:

La masa está constituida por depósitos de naturaleza aluvial, coluvial y eluvial, constituidos por limos, arenas, gravas y cantos graníticos. Las rocas ígneas, esquistos y neises, sirven de contorno y substrato impermeable a las formaciones cuaternarias que dan lugar al conjunto acuífero.

Por sus características litológicas, disposición estructural y geometría, tanto las terrazas, como los depósitos recientes de naturaleza aluvial, coluvial o eluvial, presentan un comportamiento hidrogeológico grosso modo homogéneo.

Un aspecto importante es que los materiales paleozoicos pueden presentar fracturación y alteración que permita la existencia de acuíferos de importancia local, por lo que pueden existir entradas laterales asociadas a estos acuíferos.

Puntos de control piezométrico

- Red básica Demarcación: 2 puntos (periodo del 27/10/2004 al 26/03/2009)

Puntos de control hidroquímico

- Red básica Demarcación: 1 punto (periodo del 24/05/2007 al 04/03/2008)

**CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.005 - ALUVIAL DEL BAJO MIÑO**

Ficha 1

Puntos de control

Piezometría

Red básica Demarcación

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
01.26.001	35360	4678294	20,00			54	10/2004	03/2009	15,08	16,90	16,25
01.26.002	25393	4668235	40,00			51	10/2004	02/2009	38,50	39,61	39,40

Calidad

Red básica Demarcación

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Análisis	Inicio	Fin	Última medida	
									Conductividad (μ S/cm)	Nitratos (mg/l)
C011005001	14924	4656004	7,00	pozo		2	05/2007	03/2008	590,00	32,40
Facies (promedio): Clorurada sódica									Análisis con balance anómalo: 0	

**CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS
MASb 011.005 - ALUVIAL DEL BAJO MIÑO**

Ficha 2

Análisis cuantitativo

Extracciones

Abastecimiento	Agricultura y ganadería	Industria	Recreativo	Otro	Total (B) (hm ³ /año)
-	-	-	-	-	1,65

Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso disponible

Recursos renovables

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Infiltración	-	-	-
Pérdidas en cauces	-	-	-
Transferencias laterales	-	-	-
Retornos de riego	-	-	-
Recursos Renovables (RREN)	24,51	Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)	

Restricciones medioambientales

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Caudal ecológico	-	-	-
Salidas al mar	-	-	-
Humedales	-	-	-
Manantiales	-	-	-
Total Restricciones Medioambientales (RMED)	4,38	Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)	

Recurso Disponible (RDIS = RREN - RMED) (hm³/año) **20,13**

Índice de explotación y disponibilidad

Extracciones (B) (hm ³ /año)	Recurso disponible (RDIS) (hm ³ /año)	Índice de explotación (Ie = B/RDIS)	Recurso no comprometido (hm ³ /año)
1,65	20,13	0,08	18,48



Clasificación según el Índice de Explotación (Ie): **Disponibilidad**

CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS
MASb 011.005 - ALUVIAL DEL BAJO MIÑO

Ficha 2

Análisis de la tendencia de la serie histórica

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos históricos

Análisis de la tendencia de la serie actual

Serie media común

Periodo común	Nº valores	Cota NP (m.s.n.m.)		
		Media	Media Mínima	Media Máxima
octubre 2004-febrero 2009 (53 meses/4,42 años)	105	27,63	26,91	28,20

Nº de piezómetros considerados: 2 (Red Básica Demarcación)

* ver reverso ficha 1

Análisis de tendencias

Coef. corr. Pearson

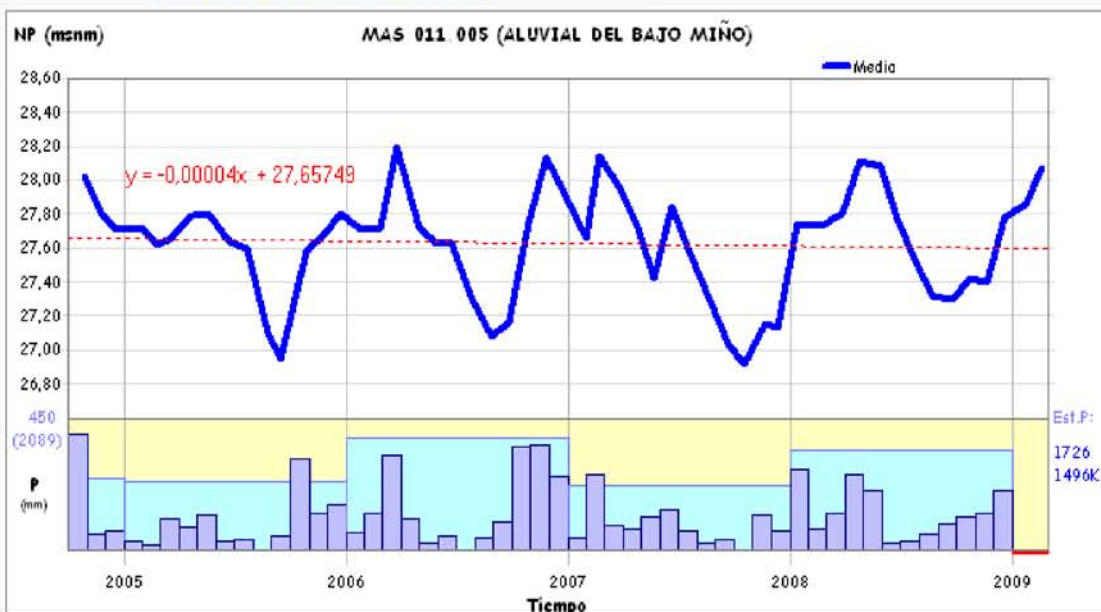
-0,06 (corr. muy baja)

Tendencia

estable

Velocidad (m/año)

-0,0146



CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.005 - ALUVIAL DEL BAJO MIÑO

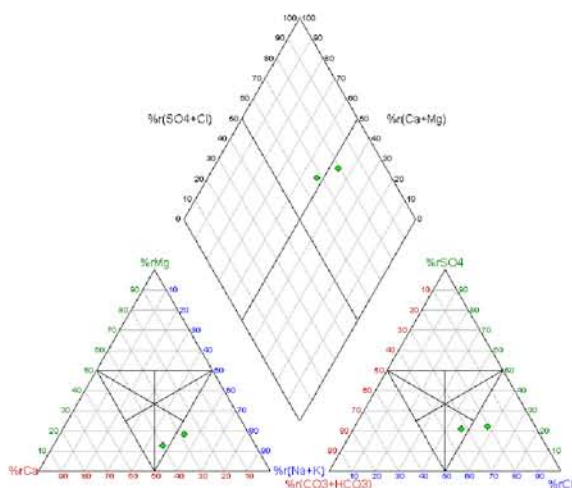
Ficha 3

Análisis de la serie actual

Síntesis de parámetros analizados

Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad (µS/cm a 20°C)	2	481,09	370,00	590,00	590,00	⬇️ 281,7544 (µS/cm a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	2	9,03	5,80	12,20	12,20	⬇️ 8,1965 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO3)	2	44,48	32,40	56,80	32,40	⬆️ -31,2491 (mg/l NO3/año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	2	44,36	27,90	60,50	60,50	⬇️ 41,7509 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO4)	2	38,73	25,30	51,90	51,90	⬇️ 34,0667 (mg/l SO4/año)	250,00

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica



Facies predominante:

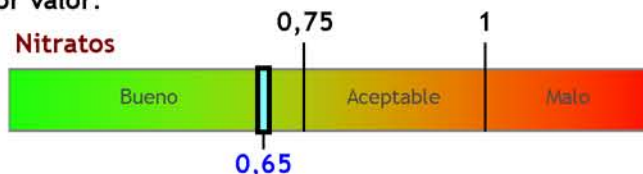
- 50,00 % Clorurada sódica (1 muestra/s)
- 50,00 % Clorurada bicarbonatada sódico cálcica (1 muestra/s)

Valores del Índice de Calidad (Ic)

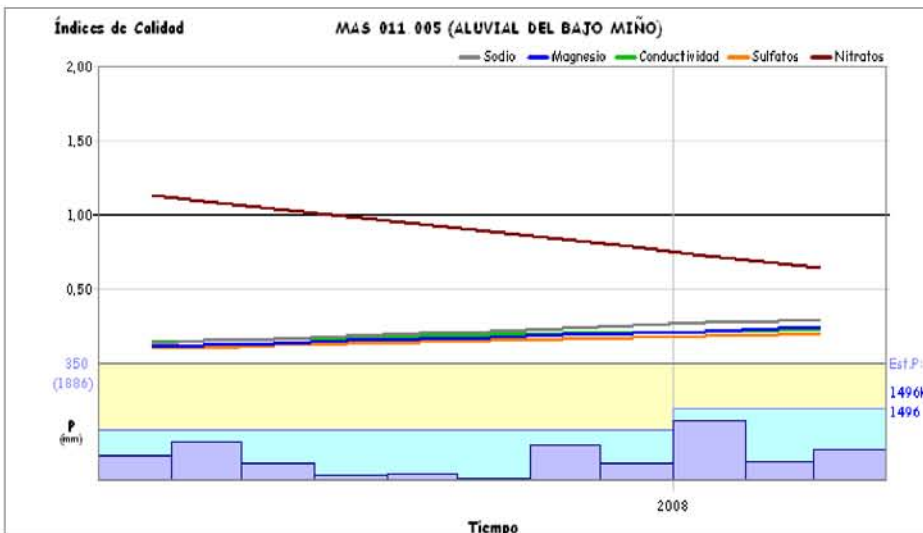
Fórmula: $Ic = \frac{[P]}{[V_L]}$ (Concentración del parámetro) / (Valor límite impuesto por Legislación)

Parámetro	Índice de Calidad (Ic)	Situación actual
Conductividad	0,24	Buena
Magnesio	0,24	Buena
Nitratos	0,65	Intermedia
Sodio	0,30	Buena
Sulfatos	0,21	Buena

Peor valor:



Evolución del índice de calidad



Observaciones

La masa de agua subterránea se halla en riesgo cualitativo (por contaminación difusa) de no cumplir los objetivos medioambientales en 2015.

Clasificación según el Índice de Calidad (Ic): Buena

**CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS
MASb 011.005 - ALUVIAL DEL BAJO MIÑO**

Ficha 3

Análisis de la serie histórica**Síntesis de parámetros analizados**

Puntos considerados

Periodo común

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica

Facies predominante:

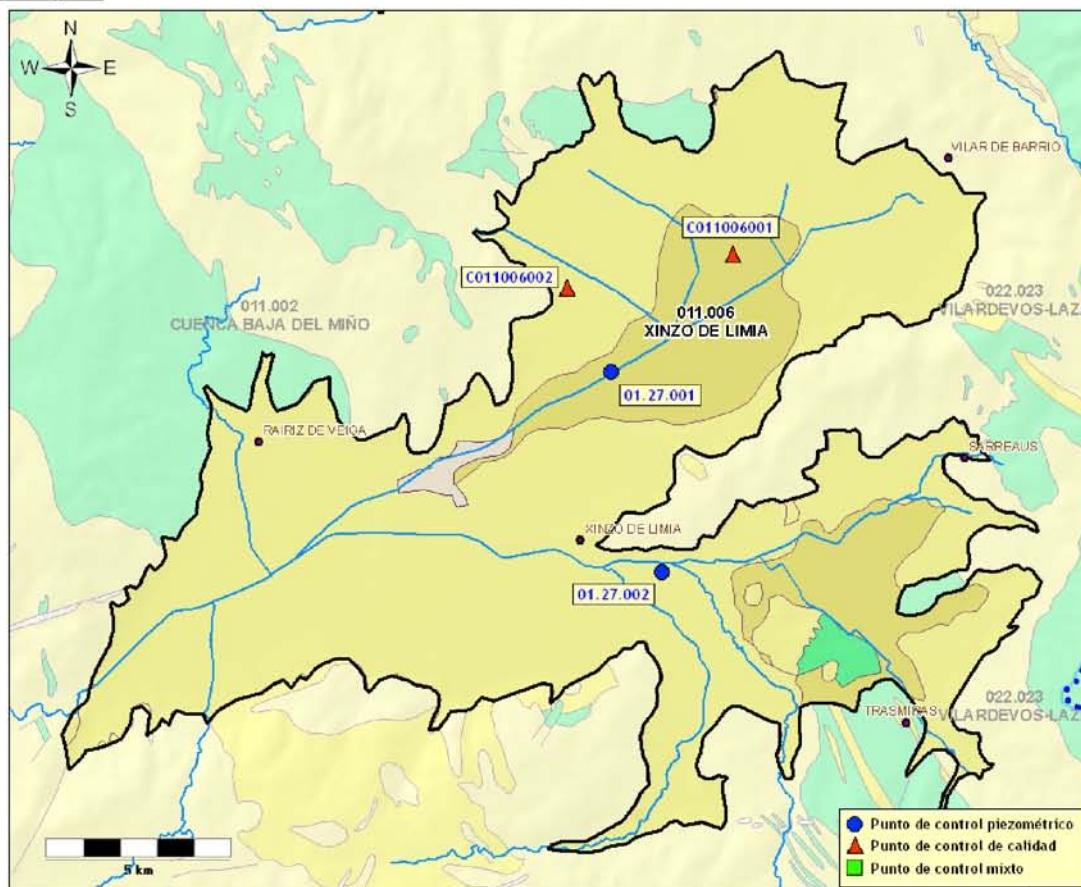
Evolución histórica del índice de calidad

CARACTERÍSTICAS GENERALES

MASb 011.006 - XINZO DE LIMIA

Ficha 1

Mapa hidrogeológico



* base cartográfica del mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1/200.000

Demarcación Hidrográfica: **MIÑO-SIL**

Comunidad/es Autónoma/s: **GALICIA**

Provincia/s: **ORENSE**

Superficie:	Permeabilidad	K muy alta	K alta	K media	K baja	K muy baja
252,94 km ²	% Superficie	79,74 %	-	-	19,46 %	0,00 %

Características hidrogeológicas:

Está rodeada por la masa Cuenca Baja del Miño, estableciéndose el límite entre ambas masas por el contacto entre los detríticos cuaternarios que componen la unidad de Xinzo de Limia, con los materiales graníticos y metamórficos de la masa citada anteriormente.

El acuífero está compuesto por los aluviales cuaternarios de los ríos Limia y Laguna de Antela. Engloba arenas, arcillas y cantos así como depósitos palustres de baja permeabilidad (limos, turbas, arcillas y areniscas).

La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia y la descarga se produce por manantiales y a través de los ríos.

Puntos de control piezométrico

- Red básica Demarcación: 2 puntos (periodo del 19/12/2004 al 26/03/2009)

Puntos de control hidroquímico

- Red básica Demarcación: 2 puntos (periodo del 24/05/2007 al 03/03/2008)

CARACTERÍSTICAS GENERALES
MASb 011.006 - XINZO DE LIMIA

Ficha 1

Puntos de control
Piezometría
Red básica Demarcación

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
01.27.001	109848	4672383	620,00			51	12/2004	03/2009	617,40	620,00	619,74
01.27.002	111224	4666985	610,00			50	01/2005	03/2009	607,28	609,70	608,30

Calidad
Red básica Demarcación

Código	X (UTM)	Y (UTM)	Cota (m.s.n.m.)	Naturaleza	Prof. (m)	Análisis	Inicio	Fin	Última medida	
									Conductividad (μ S/cm)	Nitratos (mg/l)
C011006001	113140	4675542	617,00	pozo		2	05/2007	03/2008	150,00	1,10
Facies (promedio): Bicarbonatada sódica									Análisis con balance anómalo: 0	
C011006002	108675	4674632	621,00	pozo		2	05/2007	03/2008	300,00	35,50
Facies (promedio): Bicarbonatada cálcica									Análisis con balance anómalo: 0	

CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS

MASb 011.006 - XINZO DE LIMIA

Ficha 2

Análisis cuantitativo

Extracciones

Abastecimiento	Agricultura y ganadería	Industria	Recreativo	Otro	Total (B) (hm ³ /año)
-	-	-	-	-	11,23

Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso disponible

Recursos renovables

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Infiltración	-	-	-
Pérdidas en cauces	-	-	-
Transferencias laterales	-	-	-
Retornos de riego	-	-	-
Recursos Renovables (RREN)	78,77		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Restricciones medioambientales

Parámetro	Valor (hm ³ /año)	Periodo	Fuente
Caudal ecológico	-	-	-
Salidas al mar	-	-	-
Humedales	-	-	-
Manantiales	-	-	-
Total Restricciones Medioambientales (RMED)	18,97		Fuente: D.H. Miño-Sil (2009)

Recurso Disponible (RDIS = RREN - RMED) (hm³/año) 59,80

Índice de explotación y disponibilidad

Extracciones (B) (hm ³ /año)	Recurso disponible (RDIS) (hm ³ /año)	Índice de explotación (Ie = B/RDIS)	Recurso no comprometido (hm ³ /año)
11,23	59,80	0,19	48,57



Clasificación según el Índice de Explotación (Ie): **Disponibilidad**

CARACTERÍSTICAS PIEZOMÉTRICAS

MASb 011.006 - XINZO DE LIMIA

Ficha 2

Análisis de la tendencia de la serie histórica

No es posible el análisis piezométrico por falta de datos históricos

Análisis de la tendencia de la serie actual

Serie media común

Periodo común	Nº valores	Cota NP (m.s.n.m.)		
		Media	Media Mínima	Media Máxima
enero 2005-marzo 2009 (51 meses/4,25 años)	101	613,73	612,65	614,80

Nº de piezómetros considerados: 2 (Red Básica Demarcación)

* ver reverso ficha 1

Análisis de tendencias

Coef. corr. Pearson

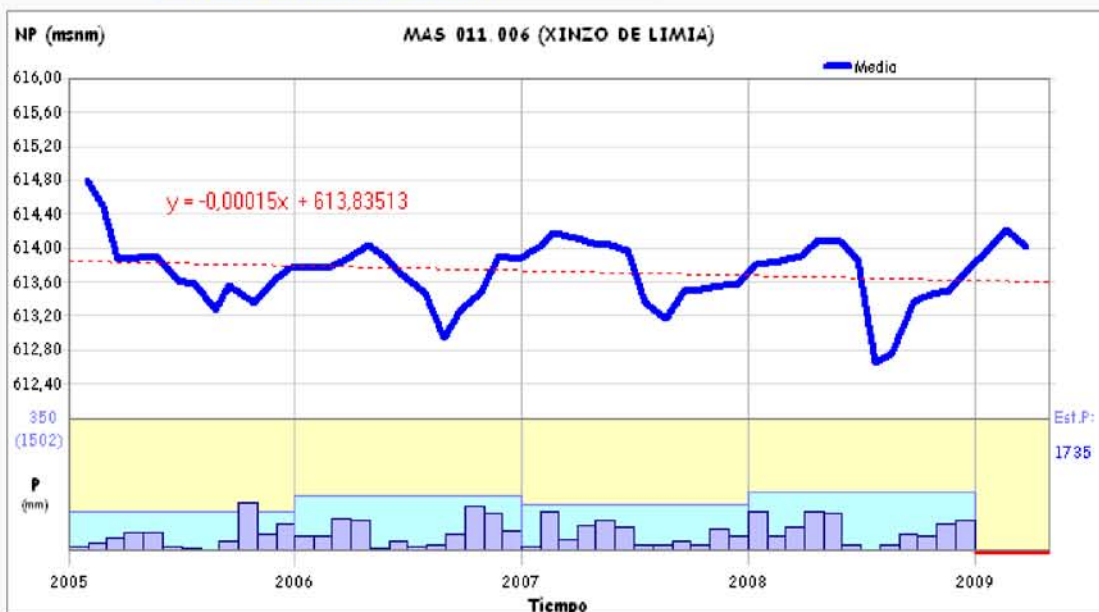
-0,17 (corr. muy baja)

Tendencia

estable

Velocidad (m/año)

-0,0530



CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.006 - XINZO DE LIMIA

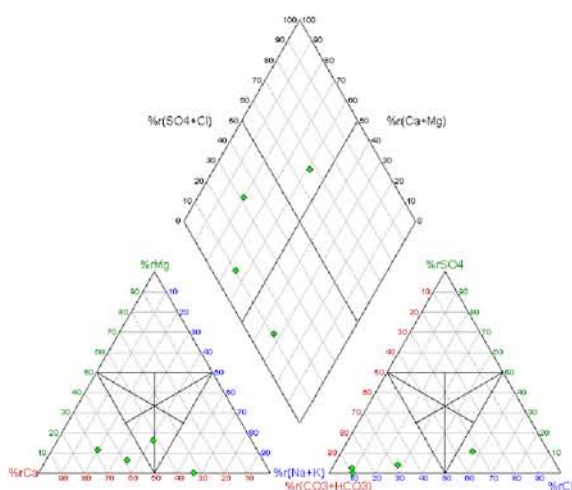
Ficha 3

Análisis de la serie actual

Síntesis de parámetros analizados

Puntos considerados	2 (Red Básica Demarcación)	Periodo común	mayo 2007-marzo 2008 (11 meses/0,92 años)				
Parámetro	Nº valores	Media	Media mínima	Media máxima	Último valor	Tendencia y velocidad (unidad/año)	Valor Límite
Conductividad (µS/cm a 20°C)	4	212,66	200,00	225,00	225,00	⬆️ 32,1303 (µS/cm a 20°C/año)	2500,00
Magnesio (mg/l Mg)	4	2,66	2,05	3,25	3,25	⬆️ 1,5423 (mg/l Mg/año)	50,00
Nitratos (mg/l NO3)	4	16,18	14,00	18,30	18,30	⬆️ 5,5264 (mg/l NO3/año)	50,00
Sodio (mg/l Na)	4	15,83	10,70	21,10	10,70	⬇️ -13,3662 (mg/l Na/año)	200,00
Sulfatos (mg/l SO4)	4	3,26	2,30	4,25	2,30	⬇️ -2,5062 (mg/l SO4/año)	250,00

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica



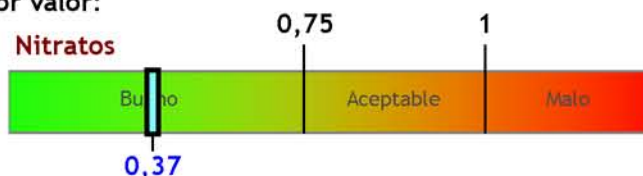
Facies predominante:
50,00 % Bicarbonatada cálcica (2 muestra/s)

Valores del Índice de Calidad (Ic)

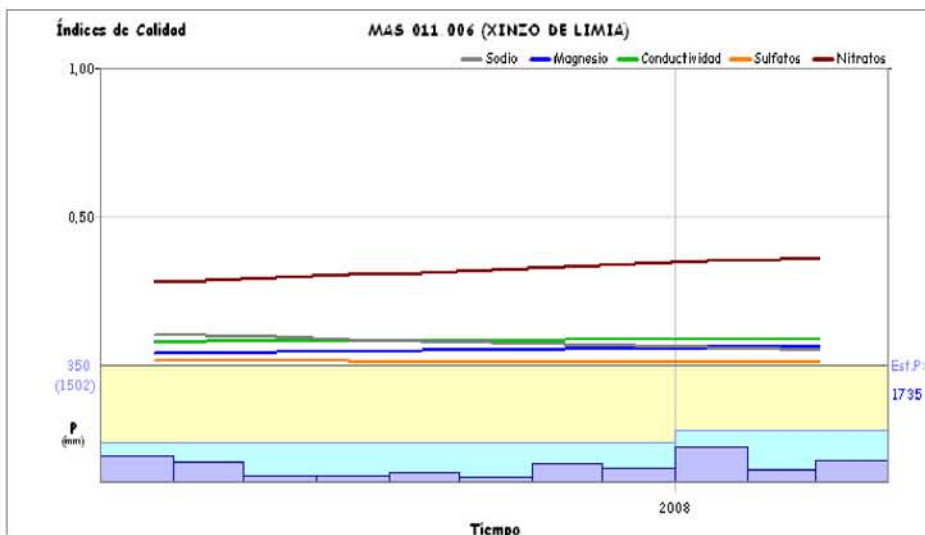
Fórmula: $Ic = \frac{[P]}{[V_L]}$ (Concentración del parámetro) / (Valor límite impuesto por Legislación)

Parámetro	Índice de Calidad (Ic)	Situación actual
Conductividad	0,09	Buena
Magnesio	0,07	Buena
Nitratos	0,37	Buena
Sodio	0,05	Buena
Sulfatos	0,01	Buena

Peor valor:



Evolución del índice de calidad



Observaciones

Clasificación según el Índice de Calidad (Ic): **Buena**

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

MASb 011.006 - XINZO DE LIMIA

Ficha 3

Análisis de la serie histórica**Síntesis de parámetros analizados**

Puntos considerados

Periodo común

Diagrama de Piper y Facies hidroquímica

Facies predominante:

Evolución histórica del índice de calidad