

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

Actividad 8:

Selección e identificación de masas de agua
donde es preciso plantear estudios y
actuaciones de recarga artificial de acuíferos

INFORME DE DEMARCACIÓN

Informe 1.- Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil



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

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 CIENCIA E INNOVACIÓN,
PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS
DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN
DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

INFORME FINAL DE LA ACTIVIDAD 8:

SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MASAS DE AGUA DONDE
ES PRECISO PLANTEAR ESTUDIOS Y ACTUACIONES
DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

INFORME DE DEMARCACIÓN:

INFORME 1.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL
MIÑO-SIL

EQUIPO DE TRABAJO

Los trabajos de la Actividad 8 "Selección e identificación de masas de agua donde es preciso plantear estudios y actuaciones de recarga artificial de acuíferos" del presente **Informe de Demarcación: Informe 1.- Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil**, se han desarrollado por técnicos del Instituto Geológico y Minero de España.

Instituto Geológico y Minero de España:

Responsable de la Actividad:

Raquel Morales García

Coordinación de los Trabajos

Loreto Fernández Ruiz

Juan Antonio López Geta

Equipo de Redacción del Informe:

Raquel Morales García

Comité de Expertos de la Demarcación:

ÍNDICE GENERAL DE LA ACTIVIDAD

❖ MEMORIA RESUMEN

- 1.- ANTECEDENTES
- 2.- OBJETIVOS
- 3.- ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA ACTIVIDAD
- 4.- ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LA ACTIVIDAD
- 5.- METODOLOGÍA DE TRABAJO
- 6.- CRITERIOS BÁSICOS DE SELECCIÓN
- 7.- RESULTADOS OBTENIDOS
- 8.- ELEMENTOS BÁSICOS EN LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

❖ INFORME DE DEMARCACIÓN

- INFORME 1.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MIÑO-SIL
- INFORME 2.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO
- INFORME 3.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO
- INFORME 4.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO
- INFORME 5.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA
- INFORME 6.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR
- INFORME 7.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA
- INFORME 8.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR
- INFORME 9.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

ÍNDICE INFORME DE DEMARCACIÓN

INFORME 1.- DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MIÑO-SIL

0.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.- SELECCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS QUE PLANTEAR ESTUDIOS DE RECARGA ARTIFICIAL.....	3
1.1.- Criterios básicos de selección (Síntesis)	3
1.2.- Selección de masas.....	4
1.2.1.- A) Selección preliminar: Aplicación de Criterios	5
1.2.2.- B) Análisis crítico de la situación: Juicio de expertos.....	13
1.2.3.- C) Diagnóstico y Selección final.....	13
2.- IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTUACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL.....	14
2.1.- Metodología de trabajo.....	14
2.2.- Análisis de la viabilidad técnica de la recarga: Catálogo de actuaciones	15
2.2.1.- A) Descripción de los Sistemas de Explotación de Recursos (SER)	16
2.2.2.- B) Masas seleccionadas y Sistemas de Explotación de Recursos (SER) implicados	17
2.2.3.- C) Catálogo de actuaciones de recarga.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Tipología de las MASb en riesgo en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	6
Figura 2.- Selección de MASb por la aplicación del Criterio Zonas Vulnerables a los Nitratos en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil	7
Figura 3.- Evolución del Índice SPI de la precipitación anual en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil (1940/41 – 1982/83)	8
Figura 4.- Selección de MASb por la aplicación del Criterio Sequías en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	10
Figura 5.- Selección de MASb por la aplicación del Criterio Humedales en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	11
Figura 6.- Selección preliminar de MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de los Sistemas de Explotación de Recursos (SER) de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil en función del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI).....	9
Tabla 2.- Síntesis de resultados de la relación zona húmeda-acuífero en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	11
Tabla 3.- Selección preliminar de MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	12
Tabla 4.- Adscripción de las UUHH a los Sistemas de Explotación de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.....	16

0.- INTRODUCCIÓN

El presente estudio desarrolla la Actividad 8: Selección e identificación de masas de agua donde es preciso plantear estudios y actuaciones de recarga artificial de acuíferos (RAA), de la “Encomienda de Gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas”, Acuerdo suscrito en septiembre de 2007 por la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) del Ministerio de Ciencia e Innovación.

El ámbito de aplicación del trabajo se extiende por la totalidad de las masas de agua subterránea (MASb) delimitadas en las 9 Demarcaciones Hidrográficas con cuencas intercomunitarias: 492 MASb distribuidas en las Demarcaciones Hidrográficas de Miño-Sil, Cantábrico, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar y Ebro.

El estudio se plantea como una primera etapa en la selección de masas de agua subterránea donde, desde el punto de vista de la planificación hidrológica, es preciso y eficaz plantear actuaciones de recarga para paliar determinados problemas relacionados con el uso y gestión de las aguas subterránea. Por tanto, esta primera selección constituye una fase previa a los proyectos concretos de recarga que, en un futuro, puedan desarrollarse a partir de los esquemas que aquí se consideren como factibles.

Y con este planteamiento, los objetivos a alcanzar son los siguientes:

- Establecer criterios para seleccionar las masas de agua subterránea en las que realizar estudios y actuaciones de recarga artificial con el fin de:
 - o aumentar la garantía de suministro en el abastecimiento urbano subterráneo
 - o paliar problemas ligados a la explotación intensiva de aguas subterráneas destinadas al regadío
 - o solucionar problemas en situaciones de sequía
 - o y favorecer el mantenimiento de ecosistemas y zonas húmedas de especial interés hídrico.

- Identificar las masas de agua en las que realizar estudios y actuaciones de recarga artificial y realizar un análisis preliminar de la viabilidad técnica de la recarga.

- Desarrollar el contenido de un estudio tipo de viabilidad técnica, económica, legal y administrativa para un proyecto de recarga artificial de acuíferos, que sirva como guía metodológica para abordar, en un futuro, proyectos concretos.

De este modo, el proyecto se compone de una Memoria Resumen y de 9 Informes correspondientes a las Demarcaciones Hidrográficas con cuencas intercomunitarias (Miño-Sil, Cantábrico, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar y Ebro).

La Memoria Resumen presenta de forma detallada la metodología de trabajo así como los criterios empleados para la selección de MASb que precisarían actuaciones de recarga artificial de acuíferos para paliar determinados problemas relacionados con el uso y gestión de las aguas subterráneas. Incluye los resultados más significativos de la selección de MASb en cada demarcación y expone al final el contenido básico en el que debe incidir cualquier proyecto de recarga artificial de acuíferos, como punto de partida y reflexión para abordar actuaciones concretas de recarga.

Los Informes de Demarcación desarrollan los objetivos básicos del proyecto: la selección de MASb y la identificación de actuaciones, y por ello cada informe se estructura en dos partes. La primera recoge el procedimiento de la selección de las masas a recargar mediante la aplicación de los criterios de selección definidos (selección preliminar) y el resultado del juicio experto (selección final). La segunda se ocupa de la identificación y caracterización de las actuaciones de recarga y contiene el análisis preliminar de la viabilidad de la recarga en cada masa seleccionada, recogido en fichas que, en conjunto, componen el catálogo de actuaciones de recarga artificial.

1.- SELECCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS QUE PLANTEAR ESTUDIOS DE RECARGA ARTIFICIAL

1.1.- CRITERIOS BÁSICOS DE SELECCIÓN (SÍNTESIS)

Básicamente, una operación de recarga artificial de acuíferos (RAA) será viable, desde el punto de vista técnico, cuando confluyan tres factores: que exista una demanda que atender, entendida ésta como la finalidad principal de la operación de recarga; que existan caudales excedentes de agua en determinadas épocas del año (disponibilidad hídrica); y que el acuífero, al mismo tiempo, disponga de una capacidad de almacenamiento de dichos caudales.

En este estudio, la recarga artificial de acuíferos se ha planteado para satisfacer 4 tipos de demandas o finalidades principales:

- aumentar la garantía de suministro en el abastecimiento urbano subterráneo
- paliar problemas ligados a la explotación intensiva de aguas subterráneas destinadas al regadío
- solucionar problemas en situaciones de sequía
- y favorecer el mantenimiento de ecosistemas y zonas húmedas de especial interés hídrico.

Los criterios empleados para identificar aquellas MASb donde efectuar recarga artificial se han definido de acuerdo con estas 4 finalidades de recarga contempladas y en síntesis, la selección previa se realiza mediante la aplicación consecutiva de los siguientes criterios:

1. **Criterio Antecedentes**, incluye las recomendaciones de recarga artificial contempladas en el ámbito de la planificación hidrológica, seleccionando las masas con dichas recomendaciones de recarga o citadas en riesgo de sobreexplotación.
2. **Criterio Masas en Riesgo Cuantitativo**, respalda la recarga artificial para aumentar la garantía de suministro en el abastecimiento urbano de origen subterráneo y selecciona aquellas MASb designadas en riesgo cuantitativo que contienen captaciones de aguas subterráneas para abastecimiento urbano.
3. **Criterio Zonas Vulnerables a los Nitratos**, representa la recarga con la finalidad de mejorar los problemas ligados a la contaminación, de tipo extensiva, originada por los nitratos de origen agrario, que en numerosas circunstancias coinciden con una explotación intensiva de aguas subterráneas destinadas al regadío, empleando como indicador indirecto la existencia en la masa de zonas designadas oficialmente como vulnerables.

4. **Criterio Sequías**, considera la caracterización meteorológica e hidrológica regional de las sequías contenidas en los “Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía” (PES), de manera que selecciona las masas contenidas en los sistemas de explotación de recursos más vulnerables a las sequías identificadas mediante los índices estandarizados de precipitación y de aportación.
5. **Criterio Humedales**, reúne las posibles actuaciones en relación con la recarga artificial para favorecer el mantenimiento de ecosistemas y zonas húmedas de especial interés hídrico, teniendo en cuenta el número de humedales conectados con la masa y su modelo conceptual de funcionamiento de acuerdo con los resultados obtenidos en la Actividad 4, “Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico” de la Encomienda de Gestión.

La justificación y descripción detallada de estos criterios se recoge en el apartado 6 de la Memoria Resumen de la actividad.

1.2.- SELECCIÓN DE MASAS

A continuación se presenta el resultado del proceso de selección de masas a recargar realizado en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil que, de acuerdo con la metodología descrita en el apartado 5.1 de la Memoria Resumen del estudio, incluye tres secciones comunes:

- A) Selección preliminar: aplicación de criterios.
- B) Análisis crítico de la situación: juicio de expertos.
- C) Diagnóstico y selección final

1.2.1.- A) Selección preliminar: Aplicación de Criterios

o *Criterio Antecedentes*

El vigente Plan Hidrológico de la Cuenca Norte I (1998) no reconoce ningún acuífero sobreexplotado o en riesgo de estarlo en ninguna de las 3 Unidades Hidrogeológicas (UUHH) de su ámbito de planificación, ni contempla o prevé actuación alguna de recarga artificial de acuíferos.

Tampoco el documento "Identificación de acciones y programación de actividades de recarga artificial de acuíferos en las cuencas intercomunitarias (DGOHCA-IGME, 2000)" propone la recarga artificial en ninguna Unidad Hidrogeológica.

Por tanto, de la aplicación de este criterio no resulta seleccionada ninguna Masa de Agua Subterránea (MASb) en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

o *Criterio Masas en Riesgo Cuantitativo*

De las 6 MASb delimitadas en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil, 2 están designadas en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales en el 2015. Por el tipo de problema que origina el riesgo, las masas se clasifican en:

- Masas en Riesgo químico (difuso, puntual, intrusión)
- Masas en Riesgo cuantitativo (extracciones)
- Masas en Riesgo químico y cuantitativo (combinaciones de las anteriores)

En la figura 1 se representa la clasificación de las masas en riesgo, resultando que las 2 MASb en riesgo lo son por Riesgo Químico Difuso, ninguna por extracciones.

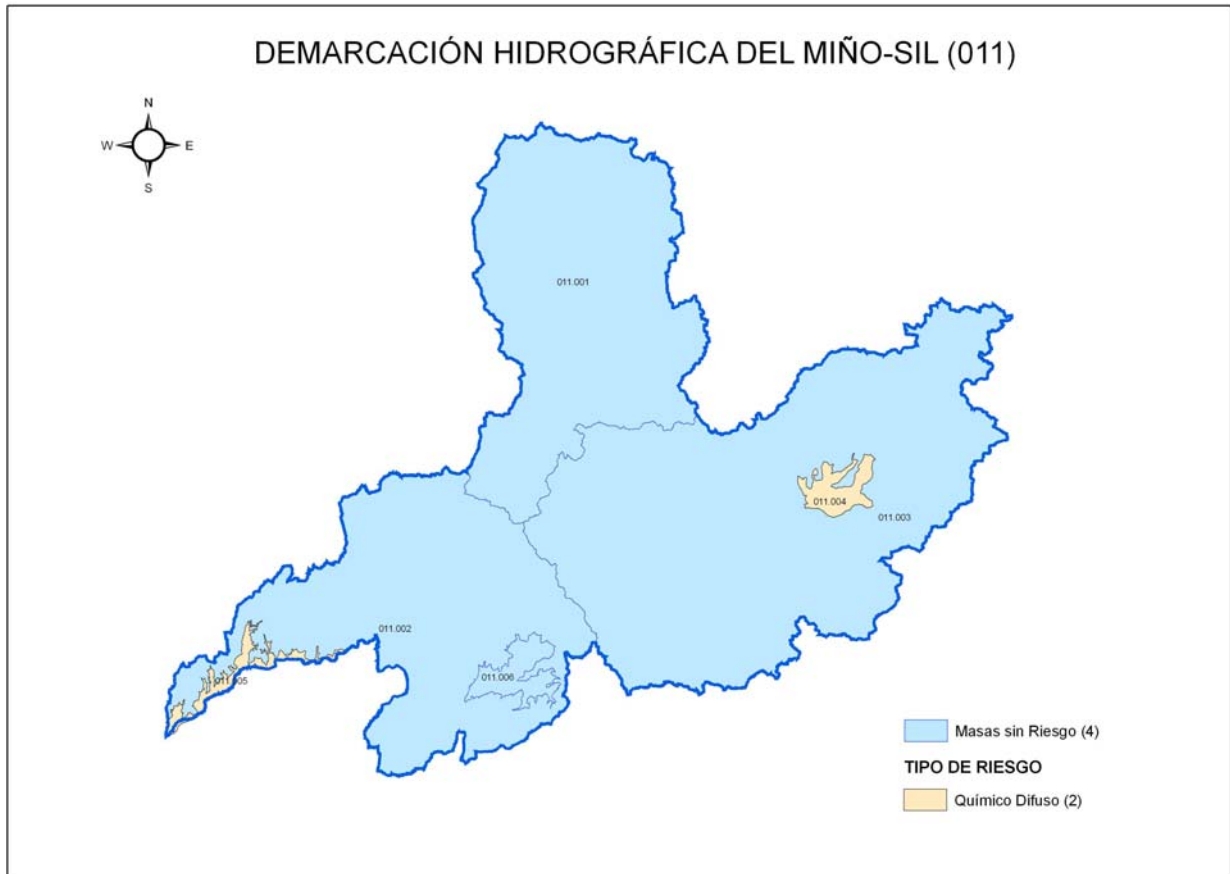


Figura 1.- Tipología de las MASb en riesgo en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

Por tanto, de la aplicación de este criterio no resulta seleccionada ninguna MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

o ***Criterio Zonas Vulnerables a los Nitratos (ZVN)***

Por este criterio se seleccionarían aquellas masas en riesgo cuantitativo que contengan en su interior zonas vulnerables a la contaminación por nitratos; eventualmente podrían considerarse otras masas si las zonas vulnerables ocuparan una gran extensión dentro de las mismas.

En la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil, además de no haber designadas MASb en Riesgo Cuantitativo, tampoco se han delimitado zonas vulnerables a la contaminación por nitratos; tan sólo cabe reseñar al respecto una zona de riego agrícola notable en la Cubeta del Bierzo (figura 2).

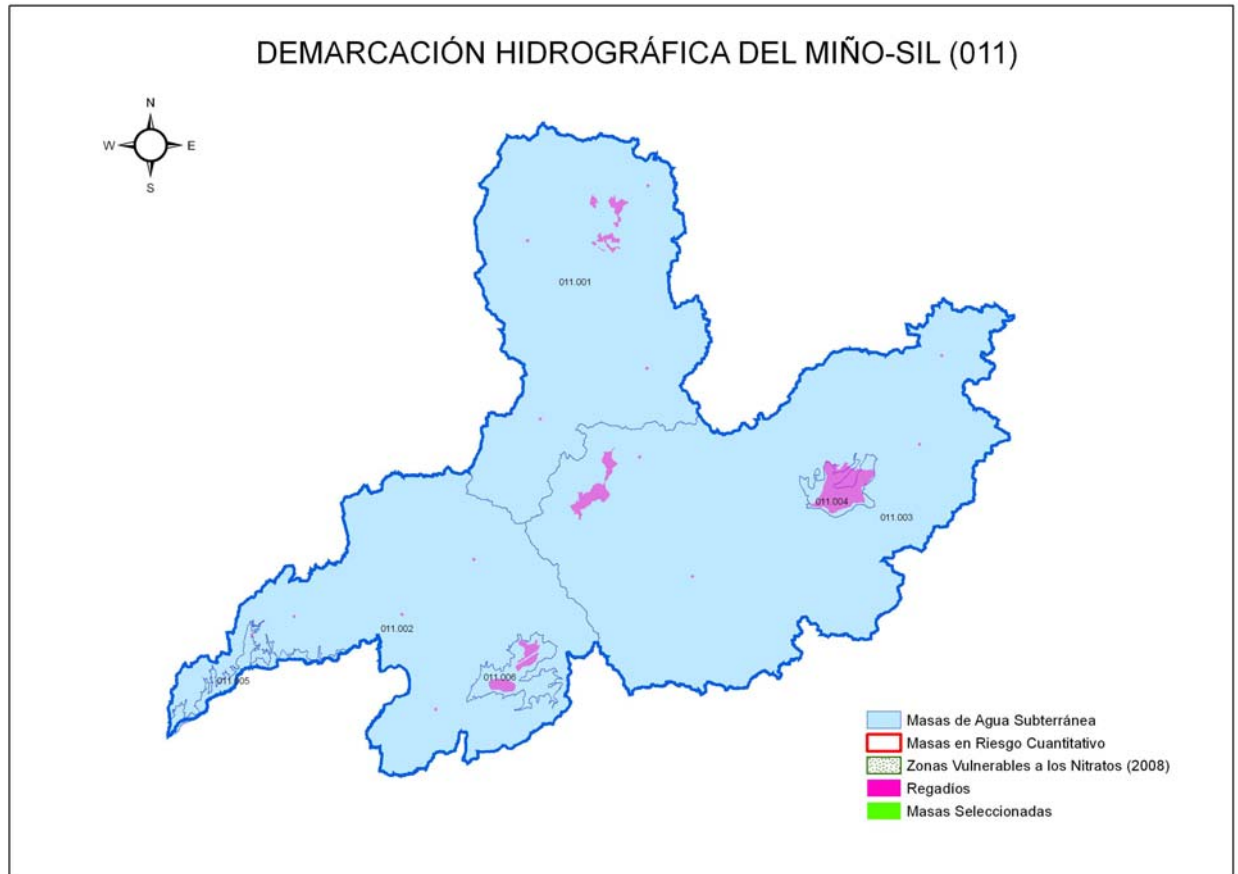


Figura 2.- Selección de MASb por la aplicación del Criterio Zonas Vulnerables a los Nitratos en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

Por tanto, de la aplicación de este criterio no resulta seleccionada ninguna MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

o **Criterio Sequías**

En la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil, la caracterización hidrológica de las sequías no se realiza a partir del Índice de Aportación Estandarizado (SAI) como en otras cuencas, por lo que sólo se tendrá en cuenta en la aplicación de este criterio la caracterización meteorológica. Así, de acuerdo con la caracterización meteorológica de las sequías, realizada a través del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) (figura 3), analizada en el “Plan Especial de Actuación en Situación de Alerta y Eventual Sequía” (PES) de la Confederación Hidrográfica del Norte; se obtiene, en función del número de años con valores de SPI por debajo de valores de normalidad, la siguiente clasificación de los sistemas de explotación de recursos (SER).

VALOR SPI E INTENSIDAD DE SEQUIA											
CABE			MIÑO ALTO			SIL SUPERIOR			SIL INFERIOR		
1940/41	0,28	NORMALIDAD	1940/41	-0,12	NORMALIDAD	1940/41	-1,84	SEVERA	1940/41	3,35	NORMALIDAD
1941/42	-0,59	NORMALIDAD	1941/42	-1,44	MODERADA	1941/42	-0,94	NORMALIDAD	1941/42	-0,79	NORMALIDAD
1942/43	-0,36	NORMALIDAD	1942/43	-0,54	NORMALIDAD	1942/43	-0,54	NORMALIDAD	1942/43	-1,17	MODERADA
1943/44	-0,39	NORMALIDAD	1943/44	-0,97	NORMALIDAD	1943/44	-0,60	NORMALIDAD	1943/44	-0,70	NORMALIDAD
1944/45	-0,96	NORMALIDAD	1944/45	-0,56	NORMALIDAD	1944/45	-0,94	NORMALIDAD	1944/45	-1,04	MODERADA
1945/46	-0,26	NORMALIDAD	1945/46	0,32	NORMALIDAD	1945/46	-0,13	NORMALIDAD	1945/46	-0,12	NORMALIDAD
1946/47	0,07	NORMALIDAD	1946/47	1,31	NORMALIDAD	1946/47	0,47	NORMALIDAD	1946/47	0,20	NORMALIDAD
1947/48	-0,24	NORMALIDAD	1947/48	-0,58	NORMALIDAD	1947/48	0,19	NORMALIDAD	1947/48	-0,09	NORMALIDAD
1948/49	-1,10	MODERADA	1948/49	-0,99	NORMALIDAD	1948/49	-1,27	MODERADA	1948/49	-1,16	MODERADA
1949/50	-0,18	NORMALIDAD	1949/50	-0,27	NORMALIDAD	1949/50	-0,56	NORMALIDAD	1949/50	-0,44	NORMALIDAD
1950/51	0,58	NORMALIDAD	1950/51	2,04	NORMALIDAD	1950/51	0,92	NORMALIDAD	1950/51	0,53	NORMALIDAD
1951/52	-0,64	NORMALIDAD	1951/52	-0,28	NORMALIDAD	1951/52	-0,29	NORMALIDAD	1951/52	-0,40	NORMALIDAD
1952/53	-1,29	MODERADA	1952/53	-0,26	NORMALIDAD	1952/53	-0,72	NORMALIDAD	1952/53	-0,68	NORMALIDAD
1953/54	-1,77	SEVERA	1953/54	-0,93	NORMALIDAD	1953/54	-1,51	SEVERA	1953/54	-1,52	SEVERA
1954/55	-1,04	MODERADA	1954/55	-0,22	NORMALIDAD	1954/55	-0,15	NORMALIDAD	1954/55	-0,37	NORMALIDAD
1955/56	0,02	NORMALIDAD	1955/56	-0,28	NORMALIDAD	1955/56	0,34	NORMALIDAD	1955/56	0,26	NORMALIDAD
1956/57	-1,17	MODERADA	1956/57	-1,56	SEVERA	1956/57	-1,27	MODERADA	1956/57	-1,26	MODERADA
1957/58	-0,73	NORMALIDAD	1957/58	-0,12	NORMALIDAD	1957/58	-0,38	NORMALIDAD	1957/58	-0,39	NORMALIDAD
1958/59	0,33	NORMALIDAD	1958/59	-0,85	NORMALIDAD	1958/59	0,05	NORMALIDAD	1958/59	0,17	NORMALIDAD
1959/60	1,88	NORMALIDAD	1959/60	1,94	NORMALIDAD	1959/60	2,26	NORMALIDAD	1959/60	1,73	NORMALIDAD
1960/61	0,13	NORMALIDAD	1960/61	1,49	NORMALIDAD	1960/61	1,54	NORMALIDAD	1960/61	1,17	NORMALIDAD
1961/62	0,26	NORMALIDAD	1961/62	0,11	NORMALIDAD	1961/62	0,90	NORMALIDAD	1961/62	0,67	NORMALIDAD
1962/63	-0,22	NORMALIDAD	1962/63	0,46	NORMALIDAD	1962/63	0,11	NORMALIDAD	1962/63	-0,06	NORMALIDAD
1963/64	0,43	NORMALIDAD	1963/64	0,07	NORMALIDAD	1963/64	0,14	NORMALIDAD	1963/64	0,22	NORMALIDAD
1964/65	-0,99	NORMALIDAD	1964/65	-1,24	MODERADA	1964/65	-1,33	MODERADA	1964/65	-1,15	MODERADA
1965/66	2,47	NORMALIDAD	1965/66	1,34	NORMALIDAD	1965/66	1,86	NORMALIDAD	1965/66	1,75	NORMALIDAD
1966/67	-0,21	NORMALIDAD	1966/67	-0,37	NORMALIDAD	1966/67	-0,28	NORMALIDAD	1966/67	-0,43	NORMALIDAD
1967/68	-0,07	NORMALIDAD	1967/68	0,06	NORMALIDAD	1967/68	-0,18	NORMALIDAD	1967/68	-0,09	NORMALIDAD
1968/69	1,63	NORMALIDAD	1968/69	0,91	NORMALIDAD	1968/69	1,34	NORMALIDAD	1968/69	1,32	NORMALIDAD
1969/70	0,35	NORMALIDAD	1969/70	0,09	NORMALIDAD	1969/70	-0,39	NORMALIDAD	1969/70	-0,42	NORMALIDAD
1970/71	0,05	NORMALIDAD	1970/71	-0,17	NORMALIDAD	1970/71	0,66	NORMALIDAD	1970/71	0,30	NORMALIDAD
1971/72	-0,56	NORMALIDAD	1971/72	-0,28	NORMALIDAD	1971/72	-0,54	NORMALIDAD	1971/72	-0,58	NORMALIDAD
1972/73	-0,27	NORMALIDAD	1972/73	-0,79	NORMALIDAD	1972/73	-0,19	NORMALIDAD	1972/73	-0,16	NORMALIDAD
1973/74	0,14	NORMALIDAD	1973/74	-0,10	NORMALIDAD	1973/74	-0,02	NORMALIDAD	1973/74	-0,07	NORMALIDAD
1974/75	-0,47	NORMALIDAD	1974/75	-0,79	NORMALIDAD	1974/75	-0,61	NORMALIDAD	1974/75	-0,74	NORMALIDAD
1975/76	-1,09	MODERADA	1975/76	-1,42	MODERADA	1975/76	-1,06	MODERADA	1975/76	-1,18	MODERADA
1976/77	2,38	NORMALIDAD	1976/77	2,39	NORMALIDAD	1976/77	1,40	NORMALIDAD	1976/77	1,10	NORMALIDAD
1977/78	0,85	NORMALIDAD	1977/78	0,86	NORMALIDAD	1977/78	0,76	NORMALIDAD	1977/78	0,72	NORMALIDAD
1978/79	2,43	NORMALIDAD	1978/79	1,91	NORMALIDAD	1978/79	2,61	NORMALIDAD	1978/79	2,04	NORMALIDAD
1979/80	0,64	NORMALIDAD	1979/80	0,13	NORMALIDAD	1979/80	0,43	NORMALIDAD	1979/80	0,17	NORMALIDAD
1980/81	-0,59	NORMALIDAD	1980/81	-0,80	NORMALIDAD	1980/81	-0,77	NORMALIDAD	1980/81	-0,74	NORMALIDAD
1981/82	-0,47	NORMALIDAD	1981/82	-0,74	NORMALIDAD	1981/82	-0,10	NORMALIDAD	1981/82	-0,32	NORMALIDAD
1982/83	1,04	NORMALIDAD	1982/83	1,20	NORMALIDAD	1982/83	0,60	NORMALIDAD	1982/83	0,37	NORMALIDAD

Figura 3.- Evolución del Índice SPI de la precipitación anual en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil (1940/41 – 1982/83)

MIÑO BAJO			LIMIA		
1940/41	0,21	NORMALIDAD	1940/41	0,52	NORMALIDAD
1941/42	-0,98	NORMALIDAD	1941/42	-0,72	NORMALIDAD
1942/43	-0,60	NORMALIDAD	1942/43	0,19	NORMALIDAD
1943/44	-0,95	NORMALIDAD	1943/44	-0,34	NORMALIDAD
1944/45	-1,01	MODERADA	1944/45	0,24	NORMALIDAD
1945/46	0,07	NORMALIDAD	1945/46	1,14	NORMALIDAD
1946/47	0,67	NORMALIDAD	1946/47	2,33	NORMALIDAD
1947/48	-0,30	NORMALIDAD	1947/48	0,12	NORMALIDAD
1948/49	-1,24	MODERADA	1948/49	-0,22	NORMALIDAD
1949/50	-0,42	NORMALIDAD	1949/50	0,48	NORMALIDAD
1950/51	1,01	NORMALIDAD	1950/51	3,20	NORMALIDAD
1951/52	-0,43	NORMALIDAD	1951/52	-0,66	NORMALIDAD
1952/53	-0,70	NORMALIDAD	1952/53	-0,59	NORMALIDAD
1953/54	-1,54	SEVERA	1953/54	-1,05	MODERADA
1954/55	-0,40	NORMALIDAD	1954/55	-0,46	NORMALIDAD
1955/56	0,06	NORMALIDAD	1955/56	-0,63	NORMALIDAD
1956/57	-1,37	MODERADA	1956/57	-1,90	SEVERA
1957/58	-0,24	NORMALIDAD	1957/58	-0,55	NORMALIDAD
1958/59	-0,11	NORMALIDAD	1958/59	-1,23	MODERADA
1959/60	2,24	NORMALIDAD	1959/60	1,00	NORMALIDAD
1960/61	1,29	NORMALIDAD	1960/61	0,76	NORMALIDAD
1961/62	0,50	NORMALIDAD	1961/62	-0,40	NORMALIDAD
1962/63	0,10	NORMALIDAD	1962/63	0,19	NORMALIDAD
1963/64	0,32	NORMALIDAD	1963/64	-0,15	NORMALIDAD
1964/65	-1,29	MODERADA	1964/65	-1,06	MODERADA
1965/66	2,04	NORMALIDAD	1965/66	1,00	NORMALIDAD
1966/67	-0,39	NORMALIDAD	1966/67	-0,32	NORMALIDAD
1967/68	-0,04	NORMALIDAD	1967/68	-0,20	NORMALIDAD
1968/69	1,42	NORMALIDAD	1968/69	0,63	NORMALIDAD
1969/70	-0,18	NORMALIDAD	1969/70	-0,36	NORMALIDAD
1970/71	0,13	NORMALIDAD	1970/71	-0,02	NORMALIDAD
1971/72	-0,44	NORMALIDAD	1971/72	-0,40	NORMALIDAD
1972/73	-0,27	NORMALIDAD	1972/73	-1,30	MODERADA
1973/74	0,01	NORMALIDAD	1973/74	-0,19	NORMALIDAD
1974/75	-0,79	NORMALIDAD	1974/75	-0,87	NORMALIDAD
1975/76	-1,42	MODERADA	1975/76	-1,10	MODERADA
1976/77	2,03	NORMALIDAD	1976/77	1,72	NORMALIDAD
1977/78	0,95	NORMALIDAD	1977/78	0,62	NORMALIDAD
1978/79	2,38	NORMALIDAD	1978/79	1,17	NORMALIDAD
1979/80	0,26	NORMALIDAD	1979/80	-0,20	NORMALIDAD
1980/81	-0,89	NORMALIDAD	1980/81	-0,74	NORMALIDAD
1981/82	-0,40	NORMALIDAD	1981/82	-0,60	NORMALIDAD
1982/83	0,74	NORMALIDAD	1982/83	1,19	NORMALIDAD

PLAN HIDROLÓGICO NORTE I			
VALOR SPI E INTENSIDAD DE SEQUÍA			
1940/41	0,61	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1941/42	-1,02	SEQUÍA	MODERADA
1942/43	-0,70	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1943/44	-0,90	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1944/45	-0,98	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1945/46	0,07	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1946/47	0,70	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1947/48	-0,25	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1948/49	-1,24	SEQUÍA	MODERADA
1949/50	-0,41	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1950/51	1,11	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1951/52	-0,43	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1952/53	-0,70	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1953/54	-1,54	SEQUÍA	SEVERA
1954/55	-0,39	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1955/56	0,06	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1956/57	-1,43	SEQUÍA	MODERADA
1957/58	-0,30	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1958/59	-0,15	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1959/60	2,18	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1960/61	1,34	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1961/62	0,52	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1962/63	0,11	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1963/64	0,27	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1964/65	-1,31	SEQUÍA	MODERADA
1965/66	1,93	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1966/67	-0,40	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1967/68	-0,06	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1968/69	1,39	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1969/70	-0,23	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1970/71	0,18	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1971/72	-0,48	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1972/73	-0,33	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1973/74	-0,02	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1974/75	-0,80	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1975/76	-1,40	SEQUÍA	MODERADA
1976/77	1,94	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1977/78	0,92	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1978/79	2,37	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1979/80	0,25	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1980/81	-0,68	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1981/82	-0,42	NORMALIDAD	NORMALIDAD
1982/83	0,75	NORMALIDAD	NORMALIDAD

Figura 3 (Continuación).- Evolución del Índice SPI de la precipitación anual en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil (1940/41 – 1982/83)

Tabla 1.- Clasificación de los Sistemas de Explotación de Recursos (SER) de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil en función del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)

SER	nº años SPI < normalidad
Periodo	1940/41 – 1982/83
Duración	39 años
04 Cabe	6
01 Miño Alto	4
02 Sil Superior	6
03 Sil Inferior	7
05 Miño Bajo	6
06 Limia	6
CUENCA MIÑO-SIL	6

Atendiendo al número de años con valores de SPI por debajo de la normalidad, el SER más vulnerable a las sequías en la Cuenca del Miño-Sil es 03 Sil Inferior ocupado íntegramente por el sector sur de la MASb 011.003 Cuenca del Sil, que resultaría por este criterio seleccionada (figura 4).



Figura 4.- Selección de MASb por la aplicación del Criterio Sequías en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

o **Criterio Humedales**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Actividad 4 de la EG (tabla 2), del total de 39 humedales identificados en la Demarcación del Miño-Sil, se han analizado 35 y tan sólo 2 de ellos, situados en la MASb 011.003 Cuenca del Sil, se encuentran relacionados con las aguas subterráneas (figura 5).

Tabla 2.- Síntesis de resultados de la relación zona húmeda-acuífero en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA	Nº TOTAL HUMEDALES ESTUDIADOS	HUMEDALES CON RELACIÓN HUMEDAL-ACUÍFERO
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO	13	0
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO	0	0
011.003	CUENCA DEL SIL	19	2
011.004	CUBETA DEL BIERZO	0	0
011.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO	2	0
011.006	XINZO DE LIMIA	1	0
	TOTAL	35	2

Atendiendo al modelo conceptual de la relación zona húmeda-acuífero, los humedales se clasifican en 8 tipologías, siendo los tipos A, C, D, F y J considerados en este trabajo los más susceptibles de mejorar con la recarga (debido al predominio del flujo vertical). Los 2 humedales relacionados con las aguas subterráneas se clasifican como tipo A (hipogénico ganador). No obstante, dado el escaso número de humedales, no resulta seleccionada por este criterio ninguna MASb en la Demarcación del Miño-Sil.

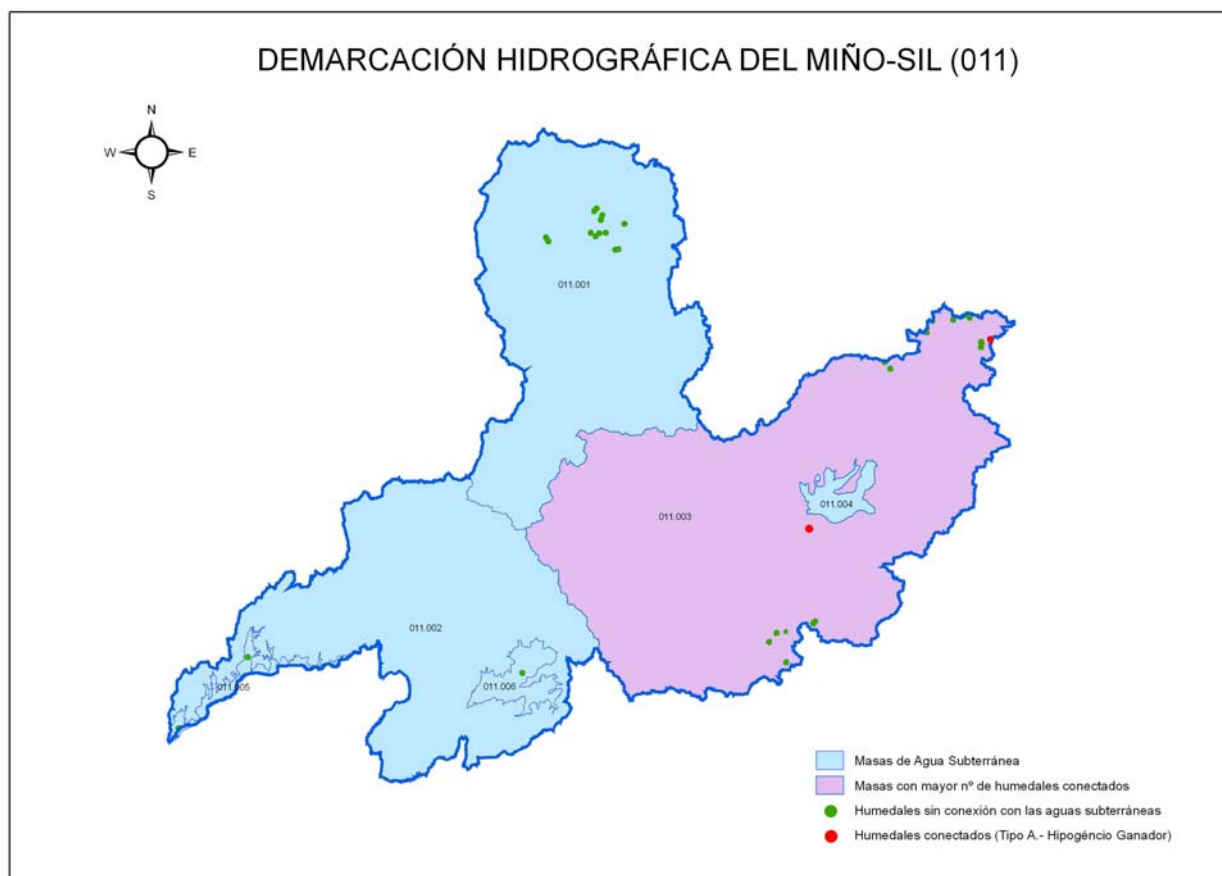


Figura 5.- Selección de MASb por la aplicación del Criterio Humedales en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

o **Valoración conjunta de los criterios: Selección preliminar**

El resultado de la aplicación sucesiva de los criterios de selección en la demarcación del Miño-Sil se resume en la siguiente tabla, siendo seleccionada parcialmente la MASb 011.003 Cuenca del Sil, en concreto el SER Sil Inferior (figura 6).

Tabla 3.- Selección preliminar de MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

COD	NOMBRE DE LA MASA	Antecedentes			Masas Riesgo-C	ZVN	Sequías	Humedal	Prioridad
		Sobrex	RAA	UUHH					
011.001	CUENCA ALTA DEL MIÑO								
011.002	CUENCA BAJA DEL MIÑO								
011.003	CUENCA DEL SIL					x			5
011.004	CUBETA DEL BIERZO								
011.005	ALUVIAL DEL BAJO MIÑO								
011.006	XINZO DE LIMIA								
	SUBTOTAL					1			
	TOTAL					1			

Notas: En la columna Masas Riesgo-Cuantitativo, X_e se refiere a las masas en riesgo exclusivamente cuantitativo y X a las masas en riesgo mixto (cuantitativo y químico). En la columna Prioridad, la máxima prioridad se corresponde con el valor 1.

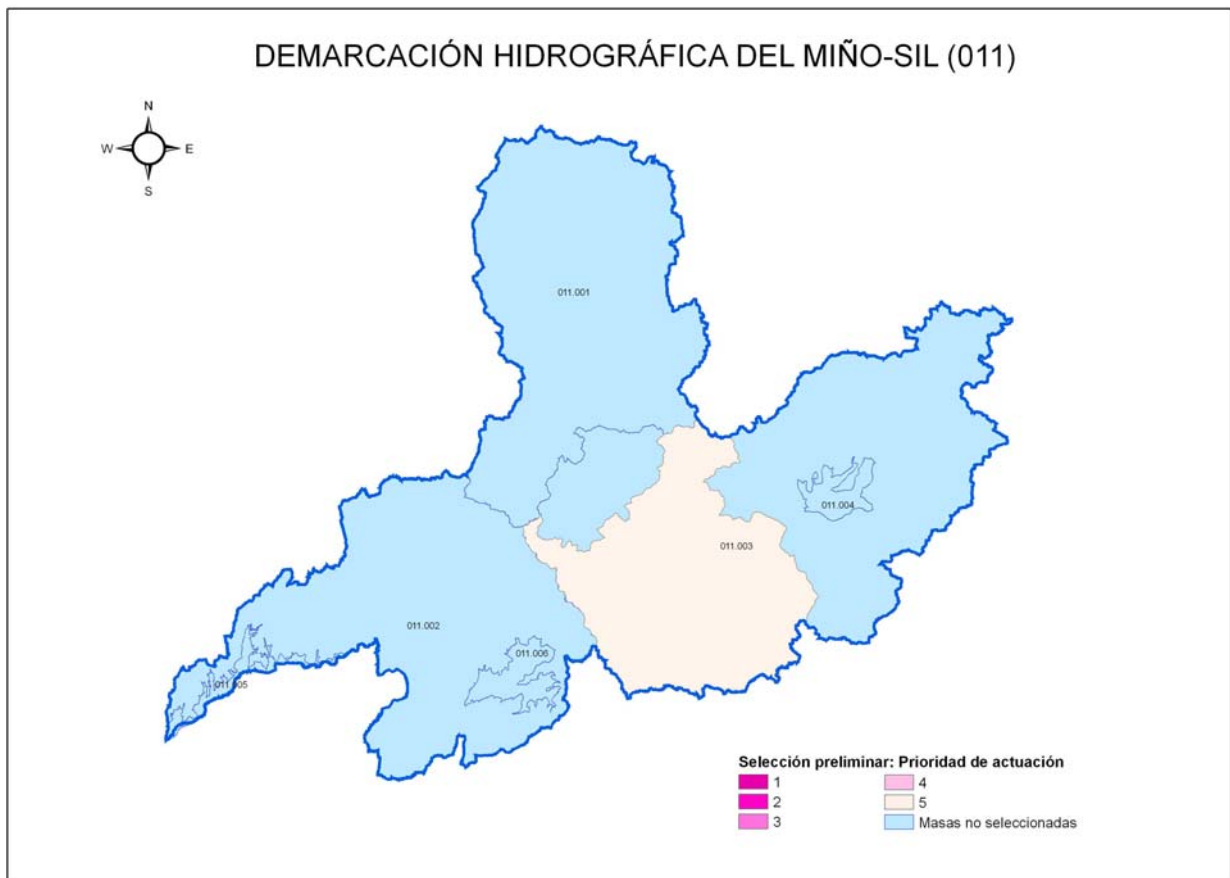


Figura 6.- Selección preliminar de MASb en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

1.2.2- B) Análisis crítico de la situación: Juicio de expertos

Por parte del IGME, el resultado del análisis de las MASb de la Demarcación y juicio experto de la selección preliminar de 1 MASb parcial, indica que no se considera necesaria ninguna actuación de recarga artificial de acuíferos en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

1.2.3.- C) Diagnóstico y Selección final

En definitiva, no se plantea ninguna actuación de recarga artificial de acuíferos en la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

2.- IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTUACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL

2.1.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

Una vez seleccionadas las masas a recargar, para identificar y caracterizar las actuaciones en cada MASb, se realiza un examen preliminar de la viabilidad técnica de la recarga contemplando los datos de disponibilidad hídrica, las características del acuífero receptor y una breve descripción del proyecto de recarga en su caso.

Este examen preliminar se recoge en fichas que constan de dos partes: la primera recoge los datos propios del sistema de explotación de recursos y la segunda se centra en los datos concretos de la masa.

Así, el análisis de la disponibilidad hídrica se realiza, en primer lugar, en el marco de las unidades básicas de gestión y asignación de recursos hídricos de cada Demarcación: los Sistemas de Explotación de Recursos (SER) definidos en los Planes Hidrológicos de cuenca vigentes, con objeto de determinar los recursos hídricos totales del SER potencialmente disponibles para las distintas actuaciones de recarga que puedan plantearse en el conjunto de MASb implicadas en cada SER. En segundo término, se analiza, en función de los datos existentes, la disponibilidad hídrica para la recarga en cada MASb o parte de la MASb incluida exclusivamente en el SER.

Como paso previo al completado de las fichas, se describen los sistemas de explotación que conforman cada demarcación para determinar qué SER estarían implicados en la recarga, de acuerdo con la adscripción de las anteriores unidades hidrogeológicas a los SER y con la distribución espacial que presentan las actuales MASb en la cuenca. A tal efecto se diseña el MAPA 1 (Mapa de la Demarcación), que precede al Catálogo de actuaciones de recarga de la Demarcación y que funciona como mapa llave o guía de las fichas siguientes.

Una vez identificados los SER implicados y las MASb que incluye cada uno, se elabora el mapa auxiliar de cada ficha, el MAPA 2 (Mapa del SER), que recoge la información espacial necesaria para analizar la disponibilidad hídrica (situación de ríos, embalses, canales, estaciones de aforo, depuradoras, desaladoras...) tanto del conjunto del SER como de la parte de la MASb.

Finalmente, la cartografía se completa a escala de la masa, con la incorporación del MAPA 3 (Mapa geológico de la MASb) que se incluye en cada una de las MASb que conforman la ficha del SER.

2.2.- ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE LA RECARGA: CATÁLOGO DE ACTUACIONES

A continuación se presenta el Catálogo de actuaciones de recarga realizado en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico que, de acuerdo con la metodología descrita, y la detallada en el apartado 5.2 de la Memoria Resumen del estudio, incluye tres secciones:

A) Descripción de los SER: recoge una breve descripción de los Sistemas de Explotación de Recursos de cada Demarcación Hidrográfica. Un sistema de explotación está constituido por masas de agua superficial y subterránea, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que, aprovechando los recursos hídricos naturales, y de acuerdo con su calidad, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles del sistema de explotación, cumpliendo los objetivos medioambientales.

B) Masas seleccionadas y SER implicados: detalla qué masas de las seleccionadas se adscriben a cada SER (por su localización o por su definición en el Plan Hidrológico) y, por tanto, qué sistemas de explotación se contemplan en el estudio. Esta información, de forma gráfica, constituye el mapa llave (MAPA 1) del apartado siguiente, el catálogo de actuaciones de recarga.

C) Catálogo de actuaciones de recarga: presenta el conjunto de fichas de los SER implicados junto con los mapas auxiliares asociados.

2.2.1.- A) Descripción de los Sistemas de Explotación de Recursos (SER)

De acuerdo con el Plan Hidrológico de cuenca vigente (Plan Hidrológico Norte I), el ámbito de planificación Miño-Sil se divide en los 6 sistemas de explotación siguientes:

- S1. Sistema Miño Alto. Comprende la cuenca afluyente al río Miño aguas arriba de su confluencia con el río Sil.
- S2. Sistema Sil Superior. Comprende la cuenca afluyente al río Sil aguas arriba de su confluencia con el río Cabrera, y la afluyente a este último.
- S3. Sistema Sil Inferior. Comprende la cuenca afluyente al río Sil aguas abajo de su confluencia con el río Cabrera, excluidas las correspondientes a los ríos Cabrera y Cabe.
- S4. Sistema Cabe. Comprende la cuenca afluyente al río Cabe.
- S5. Sistema Miño Bajo. Comprende la cuenca afluyente al río Miño aguas abajo de su confluencia con el río Sil.
- S6. Sistema Limia. Comprende la parte española de la cuenca afluyente al río Limia.

Las Unidades Hidrogeológicas definidas en el ámbito del Plan Norte I quedaron entonces adscritas a los siguientes sistemas:

Tabla 4.- Adscripción de las UUHH a los Sistemas de Explotación de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS
S2 Sil Superior	01.25 Cubeta del Bierzo
S5 Miño Bajo	01.26 Aluvial Bajo Miño
S6 Limia	01.27 Xinzo de Limia

2.2.2.- B) Masas seleccionadas y Sistemas de Explotación de Recursos (SER) implicados

En esta Demarcación, con el procedimiento de selección aplicado común a todas las cuencas intercomunitarias, no ha resultado seleccionada ninguna MASb que requiera recarga artificial de acuíferos para solucionar problemas específicos.

2.2.3.- C) Catálogo de actuaciones de recarga

Uno de los problemas más urgentes identificados en el Esquema Provisional de Temas Importantes (EPTI) de la Demarcación es el abastecimiento urbano y a la población dispersa (Tema II.1), valorado con una importancia relativa del 100%, que recoge el caso concreto del abastecimiento a Pontevedra y Ourense.

En este sentido cabría plantear en un futuro, incluir actuaciones de recarga artificial de acuíferos tendentes a potenciar estos abastecimientos concretos, así como aquellos otros ligados a la segunda residencia y los polígonos industriales del entorno de las áreas más pobladas y que se abastecen desde las redes municipales. También se incluirían actuaciones en aquellos abastecimientos con problemas de naturaleza estacional debidos a los acusados descensos de caudal medio que se registran en estiaje en muchas masas de agua superficiales, que son la principal fuente de abastecimiento urbano.