INTEGRACIÓN DE DATOS Y ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS EN LOS TRABAJOS DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

MEMORIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

2. INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS RELACIONES 'RÍO-ACUÍFERO', 'MANANTIAL-ACUÍFERO' Y 'HUMEDAL-ACUÍFERO' EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 4

2.1. INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA Y DE PERMEABILIDAD DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 6

2.2. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN 'RÍO-ACUÍFERO' 11

2.3. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN 'MANANTIAL-ACUÍFERO' 16

2.3.1. PUNTOS DE CONTROL DE LA RED OFICIAL DE HIDROMETRÍA UTILIZADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS PUNTUALES HACIA CAUCES FLUVIALES 17

2.3.2. PUNTOS DEL INVENTARIO DE LA GUARDERÍA FLUVIAL UTILIZADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS PUNTUALES HACIA CAUCES FLUVIALES 20

2.3.3. PUNTOS DEL INVENTARIO DE MANANTIALES DEL IGME UTILIZADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS PUNTUALES HACIA CAUCES FLUVIALES 22

2.4. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN 'HUMEDAL-ACUÍFERO' EN LOS HUMEDALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO ESTUDIADOS EN LA ENCOMIENDA DE GESTIÓN 26

2.4.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES ESTUDIADOS 26

2.4.2. PIEZÓMETROS DE CONTROL DEL NIVEL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ENTORNO DE LOS HUMEDALES ESTUDIADOS 28

2.4.3. PUNTOS DE CONTROL UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS DE MANANTIALES E HIDRÓMETROS HACIA LOS HUMEDALES 29

2.4.4. PUNTOS DE CONTROL UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS DRENAJES HACIA CAUCES O AL MAR DESDE LOS HUMEDALES 31

3. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE LA INTRUSIÓN EN LOS TRABAJOS DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA 34

3.1 DEFINICIÓN DE LOS VALORES UMBRAL PARA EL RECEPTOR AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS DESIGNADAS EN RIESGO EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR 35

3.1.1 ANTECEDENTES 35

3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FORMACIONES LITOESTRATIGRÁFICAS QUE PUEDEN ORIGINAR ALTAS CONCENTRACIONES NATURALES DE SULFATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 42

3.1.3 TRATAMIENTO DE LAS BASES DE DATOS Y FUENTES DOCUMENTALES PARA EL ESTUDIO DE LOS VALORES UMBRAL SEGÚN EL CRITERIO AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA 47

3.1.4 ESTABLECIMIENTO DEL PERIODO DE REFERENCIA Y DEL NIVEL DE REFERENCIA EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS SEGÚN EL CRITERIO AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA 49

3.1.5 DEFINICIÓN DE LOS VALORES UMBRAL EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS DESIGNADAS EN RIESGO 55

3.1.6 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS VALORES UMBRAL DE CLORUROS, SULFATOS Y CONDUCTIVIDAD EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS DESIGNADAS EN RIESGO Y LOS DATOS DE LA RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR 59
3.1.7 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS VALORES UMBRAL DE CLORUROS, SULFATOS Y CONDUCTIVIDAD EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR Y EN EL RESTO DE DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS 63

3.2 ESTUDIO PILOTO EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS PARA DETERMINAR LA CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LOS PARÁMETROS DE LA INTRUSIÓN Y LAS SALIDAS SUBTERRÁNEAS AL MAR Y SU RELACIÓN CON LOS VALORES UMBRAL FIJADOS PARA EL RECEPTOR AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA 67

3.2.1 ANTECEDENTES 67
3.2.2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 69
3.2.3 DESARROLLO METODOLÓGICO 71
3.2.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PILOTO 99

4. PLANTEAMIENTO DE PLAZOS, OBJETIVOS Y EXENCIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO QUÍMICO POR NITRATOS Y SU RELACIÓN CON LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL 102

4.1 ANTECEDENTES: DIAGNÓSTICO DE LA EVALUACIÓN DEL ESTADO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA CONFORME A LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS 103

4.2 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS, PLAZOS Y EXENCIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO POR NITRATOS 106

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL CON TIPOLOGÍA DE RÍO GANADOR O VARIABLE QUE SE ENCUENTRAN CONECTADAS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO QUÍMICO POR NITRATOS 110

5. BASES DE DATOS, COBERTURAS Y ARCHIVOS DIGITALES 115

6. BIBLIOGRAFÍA 116

ANEJOS

Índice de tablas

Tabla 1. Masas de agua subterránea: superficie total y superficie permeable obtenida por agregación de las formaciones de permeabilidad media, alta y muy alta del Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad (IGME-DGA, 2006). 8
Tabla 2. Superficies permeables y espesores de las formaciones geológicas permeables definidas en las masas de agua subterránea. 11
Tabla 3. Modelos conceptuales que regulan la relación río-acuífero mediante la vinculación entre la tipología y la relación pérdidas-ganancias en un tramo de cauce natural relacionado con un acuífero. 14
Tabla 4. Estaciones de la Red Oficial de Hidrometría que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar las descargas puntuales de fuentes y manantiales hacia cauces fluviales. 20
Tabla 5. Estaciones de la Red Oficial de Hidrometría que no se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por estar situadas sobre cauces fluviales. 20
Tabla 6. Manantiales del Inventario de la Guardería Fluvial que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en el ámbito de las masas de agua subterránea. 22
Tabla 7. Manantiales del Inventario de la Guardería Fluvial que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en zonas impermeables o acuíferos de interés local. 22
Tabla 8. Manantiales del Inventario de manantiales del IGME que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en el ámbito de las masas de agua subterránea. 25
Tabla 9. Manantiales del Inventario de manantiales del IGME que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en zonas impermeables o acuíferos de interés local. 26
Tabla 10. Humedales de especial interés hídrico en los que se ha efectuado un estudio detallado de caracterización hidrogeológica en los trabajos de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión 28
Tabla 11. Piezómetros que controlan el nivel de las aguas subterráneas en el entorno de los humedales estudiados. 29
Tabla 12. Puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar las descargas directas de aguas subterráneas hacia los humedales estudiados. 30
Tabla 13. Puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar las descargas indirectas de aguas subterráneas hacia los humedales estudiados. 31
Tabla 14. Puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar los drenajes hacia cauces o al mar desde los humedales estudiados. 31

Tabla 15. Modelos conceptuales que regulan la relación entre los humedales y las formaciones geológicas permeables definidas en las masas de agua subterránea. 32
Tabla 16. Resultados del estudio inicial y propuestas de estudio para la caracterización de detalle de las concentraciones de sulfatos en las aguas subterráneas de las masas de agua subterránea seleccionadas. .46
Tabla 17. Número de mediciones acumuladas por años naturales para los cloruros en las masas de agua subterránea costeras. 49
Tabla 18. Periodos de referencia propuestos para sulfatos en las masas de agua subterránea costeras. 51
Tabla 19. Periodos de referencia considerados, datos validados y estaciones validadas para cloruros en las masas de agua subterránea costeras. 55
Tabla 20. Parámetros estadísticos obtenidos para la determinación del nivel de referencia de cloruros en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo por intrusión. 55
Tabla 21. Valores umbral para cloruros en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo químico (por intrusión y difuso) en la Confederación Hidrográfica del Júcar. 57
Tabla 22. Valores umbral para sulfatos en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo químico (por intrusión y difuso) en la Confederación Hidrográfica del Júcar. 58
Tabla 23. Resumen de los valores umbral establecidos en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar conforme al cuestionario solicitado por la Comisión Europea. 59
Tabla 24. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para los parámetros de control de la intrusión. 63
Tabla 25. Correspondencia de las estaciones de control de cloruros en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 73
Tabla 26. Correspondencia de las estaciones de control de cloruros en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 74
Tabla 27. Cuadro resumen de las características más significativas de las siete hipótesis de trabajo estudiadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 83
Tabla 28. Cuadro resumen de las características más significativas de las siete hipótesis de trabajo estudiadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 83
Tabla 29. Criterios considerados para la selección de la serie sintética de cloruros más representativa del comportamiento global de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 87
Tabla 30. Criterios considerados para la selección de la serie sintética de cloruros más representativa del comportamiento global de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 88
Tabla 31. Masas de agua subterránea en las que se supera la norma de calidad de nitratos para el valor promedio de las muestras en el periodo 2006 – 2007. 105
Tabla 32. Masas de agua subterránea con valor promedio inferior a la norma de calidad de nitratos y con puntos de control con valores promedios superiores a la norma de calidad para el periodo 2006 – 2007. 105

Tabla 33. Masas de agua subterránea que se encuentran en mal estado químico por nitratos y plazo previsto para conseguir los objetivos medioambientales fijados. 109
Tabla 34. Masas de agua superficial que presentan tramos fluviales ganadores o variables con respecto al acuífero y que atraviesan masas de agua subterránea en mal estado químico por nitratos. 112
Tabla 35. Masas de agua superficial situadas aguas abajo de cauces ganadores o variables que atraviesan masas de agua subterránea en mal estado químico por nitratos. 113

Índice de figuras

Figura 1. Características de las formaciones hidrogeológicas permeables según la leyenda del Mapa litoestratigráfico y permeabilidad de España" (IGME-DGA, 2006).....6
Figura 2. Mapa de caracterización de la relación pérdidas-ganancias (río ganador/perdedor/variable) en los tramos de la red hidrográfica significativa situados en el ámbito de las masas de agua subterránea.....13
Figura 3. Mapa de los modelos conceptuales que regulan la relación río-acuífero en los tramos de la red hidrográfica significativa situados en el ámbito de las masas de agua subterránea.....15
Figura 4. Mapa resumen del estudio de identificación, caracterización y cuantificación de la relación humedal-acuífero.....33
Figura 5. Procedimiento general propuesto en el Documento Guía 18 para la determinación de los valores umbral en cada masa de agua subterránea según los valores criterio y el nivel de referencia. Fuente: Comisión Europea (2009).....38
Figura 6. Determinación de valores umbral y valor criterio de aguas de consumo humano. Fuente: DGA (2009).....40
Figura 7. Criterios para la determinación de los niveles de referencia y valores umbral y para la evaluación del estado químico. Fuente: DGA (2009).....41
Figura 8. Formaciones hidrogeológicas (FH) susceptibles de contener yesos según la leyenda del Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España a escala 1:200.000 (IGME-DGA, 2006).....44
Figura 9. Mapa litoestratigráfico para la caracterización de sulfatos en las aguas subterráneas de la MASUB 080.142 Plana de Valencia Sur.....45
Figura 10. Procedimiento aplicado para la selección de las estaciones consideradas en la determinación de los niveles de referencia en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.....48
Figura 11. Gráfico inicial para la determinación de los niveles de referencia de cloruros en la masa de agua subterránea 080.107 Plana de Vinaroz.....51
Figura 12. Mapa de validación de las estaciones de control de cloruros en la masa de agua subterránea 080.107 Plana de Vinaroz.....53
Figura 13. Gráfico validado para la determinación de los niveles de referencia de cloruros en la masa de agua subterránea 080.107 Plana de Vinaroz.....54
Figura 14. Valores umbral definidos para las concentraciones de cloruros en las masas de agua subterránea costeras en riesgo por intrusión y valores promedio obtenidos en las estaciones de control del estado químico (periodo 2006-2007).....60
Figura 15. Valores umbral definidos para las concentraciones de sulfatos en las masas de agua subterránea costeras en riesgo por intrusión y valores promedio obtenidos en las estaciones de control del estado químico (periodo 2006-2007).....61

Figura 16. Valores umbral definidos para la conductividad a 20º C (criterio de uso) en las masas de agua subterránea costeras en riesgo por intrusión y valores promedio obtenidos en las estaciones de control del estado químico (periodo 2006-2007). 62
Figura 17. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para cloruros. 64
Figura 18. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para sulfatos. 65
Figura 19. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para la conductividad a 20º C (según criterio de uso en la Confederación Hidrográfica del Júcar). 66
Figura 20. Localización geográfica de las estaciones de control con datos de cloruros en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto: Estaciones seleccionadas de la base de datos del MARM, estaciones de la ROI y estaciones de la red WISE. 72
Figura 21. Representación gráfica de las series de concentración de cloruros en las estaciones de control JUIG000397 de la base de datos del MARM y 08.21.031 de la ROI. 73
Figura 22. Localización geográfica de las estaciones de control con datos de cloruros en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte: Estaciones seleccionadas de la base de datos del MARM, estaciones de la ROI y estaciones de la red WISE. 74
Figura 23. Representación de los polígonos de Thiessen obtenidos para las 41 estaciones de control seleccionadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 76
Figura 24. Representación de los polígonos de Thiessen obtenidos para las 45 estaciones de control seleccionadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 77
Figura 25. Coeficientes de correlación lineal existentes entre los valores de concentraciones de cloruros registrados en los puntos de control, y las salidas al mar obtenidas mediante el modelo de simulación hidrológica PATRICAL. 78
Figura 26. Ejemplo del diagrama secuencial aplicado para la construcción de las hipótesis de series sintéticas de cloruros a partir de la elección de un criterio genérico en el primer bloque de decisión. 80
Figura 27. Diagrama secuencial aplicado para la construcción de las hipótesis de series sintéticas de concentraciones de cloruros en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto 82
Figura 28. Series clasificadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto para la hipótesis "Hipot_3_corr_masre" 84
Figura 29. Gráfico característico de cloruros para la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. Ajuste. 85
Figura 30. Rectas de regresión lineal de las series sintéticas estudiadas para cloruros y comparativa con los volúmenes drenados al mar en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 86
Figura 31. Rectas de regresión lineal de las series sintéticas estudiadas para cloruros y comparativa con los volúmenes drenados al mar en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 88
Figura 32. Porcentajes de cumplimiento frente a porcentajes de salidas la mar para la MASUB 080.128 Plana de Sagunto 91

Figura 33. Porcentajes de incumplimientos del valor umbral frente a diferentes escenarios de salidas subterráneas al mar en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 92
Figura 34. Delimitación geográfica mediante agrupación de polígonos de Thiessen de las cuatro zonas (Norte, Desembocadura del Palancia, Central y Sur) definidas en el ámbito geográfico de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto para el análisis por zonas del efecto de la intrusión. 93
Figura 35. Representación gráfica de los ajustes lineales y exponenciales efectuados sobre las curvas características representativas determinadas para las cuatro zonas de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 94
Figura 36. Gráfica comparativa de las rectas de ajuste a las curvas características obtenidas para los cuatro sectores definidos y para el conjunto de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto....95
Figura 37. Porcentajes de incumplimiento con respecto a la serie histórica de salidas al mar en régimen alterado en los cuatro sectores de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. 96
Figura 38. Delimitación geográfica mediante agrupación de polígonos de Thiessen de las seis zonas definidas en el ámbito geográfico de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte para el análisis del efecto de la intrusión marina....97
Figura 39. Gráfica comparativa de las rectas de ajuste a las curvas características obtenidas en las zonas estudiadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 98
Figura 40. Porcentajes de incumplimiento con respecto a la serie histórica de salidas al mar en régimen alterado en las zonas establecidas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. 99
Figura 41. Estado químico de las masas de agua subterránea conforme a la norma de calidad de nitratos. 104
Figura 42. Gráfico de la evolución de nitratos en una masa de agua subterránea en mal estado. 106
Figura 43. Masas de agua subterránea que se encuentran en mal estado químico y plazo previsto para conseguir los objetivos medioambientales....108
Figura 44. Masas de agua superficial con posible aporte de nitratos procedente de aguas subterráneas... 114

1. INTRODUCCIÓN

La Confederación Hidrográfica del Júcar, en el marco de las funciones que tiene encomendadas, está desarrollando diversos trabajos de planificación hidrológica para dar cumplimiento a las disposiciones que, en esta materia, establece la Directiva 2000/60/CE (conocida como Directiva Marco del Agua)[1], y que han sido incorporadas al marco normativo español mediante la modificación del texto refundido de la Ley de Aguas[2], y en el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

En este marco los planes hidrológicos constituyen una herramienta de gestión fundamental para alcanzar los objetivos medioambientales en el año 2015, y serán el principal mecanismo de información y notificación sobre la implantación de la Directiva Marco del Agua a la Comisión Europea, a los agentes implicados y al público en general.

El 23 de septiembre de 2008 entró en vigor la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de planificación hidrológica[3]. Esta Instrucción actualiza y adapta las instrucciones y recomendaciones aprobadas el 24 de septiembre de 1992 por Orden del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, y tiene por objeto establecer los criterios técnicos para la homogeneización y sistematización de los trabajos de elaboración de los planes hidrológicos de las cuencas intercomunitarias.

Conforme a lo previsto en el capítulo primero del Reglamento de la Planificación Hidrológica, la nueva Instrucción ha establecido los contenidos técnicos referentes a la descripción general de la demarcación hidrográfica, los usos y las presiones antrópicas significativas, las zonas protegidas, el estado de las aguas, los objetivos medioambientales, la recuperación de costes, los programas de medidas y otros contenidos de diverso alcance.

En relación con el estado de las aguas subterráneas, la Instrucción de planificación hidrológica indica los contenidos referentes a los programas de control y seguimiento, la clasificación y la evaluación del estado de las aguas subterráneas, la determinación de las tendencias significativas y sostenidas al aumento de contaminación, y la forma en que deben presentarse estos resultados en los nuevos planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias.

---

[1] Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Modificada por Decisión 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2001.

[2] Modificación del TRLA, en virtud del artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.

[3] La Orden se publicó en el Boletín Oficial del Estado núm. 229, de 22 de septiembre de 2008, con corrección de errores publicada en el Boletín Oficial del Estado núm. 37, de 12 de febrero de 2009.

La Confederación Hidrográfica del Júcar, en el ámbito de las funciones que tiene encomendadas, viene desarrollando diversos trabajos de planificación hidrológica para dar cumplimiento a las citadas disposiciones, entre las que se encuentra la elaboración del nuevo Plan hidrológico de cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

Los estudios que está realizando la Oficina de Planificación Hidrológica en relación con las aguas subterráneas, directamente o mediante convenios, incluyen las actividades de clasificación del estado de las aguas subterráneas, así como la aplicación de criterios y procedimientos de evaluación del estado conforme a la Instrucción de planificación hidrológica. Los resultados que se obtienen de estas actividades se están incorporando al proceso de elaboración del nuevo Plan Hidrológico de cuenca.

Entre los trabajos desarrollados mediante convenios destaca el acuerdo para la Encomienda de gestión[4] que la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, ha suscrito con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para la realización de diversos trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. La Oficina de Planificación Hidrológica ha considerado importante integrar los resultados procedentes de estos estudios hidrogeológicos para la caracterización de las relaciones existentes entre los acuíferos y los ríos, manantiales y humedales, así como los nuevos datos obtenidos sobre su cuantificación. El objetivo principal ha sido analizar esta información y preparar los resultados en archivos y bases de datos compatibles con los sistemas de información hidrológica y con los modelos de evaluación de recursos hídricos que se están utilizando en la preparación del nuevo Plan Hidrológico de cuenca.

Por otra parte, la Confederación Hidrográfica del Júcar ha definido los valores umbral para los distintos parámetros y receptores de uso en las masas de agua subterránea designadas en riesgo, para dar cumplimiento a las obligaciones establecidas por la normativa europea y española en relación con la calidad y el estado químico de las aguas subterráneas. El desarrollo metodológico de estos trabajos se ha basado en el procedimiento y los criterios propuestos por la Dirección General del Agua, mediante el tratamiento de la información recopilada en una base de datos general de la calidad de las aguas subterráneas, con el objetivo de definir los valores umbral de los parámetros indicadores correspondientes en cada masa de agua subterránea designada en riesgo.

[4] *"Acuerdo para la Encomienda de gestión, suscrito el 26 de septiembre de 2007 entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Educación y Ciencia para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas"*. Publicado en el BOE núm. 267 de 7 de noviembre de 2007, en virtud de la Resolución de 30 de octubre de 2007 de la Subsecretaría de Presidencia.

En el marco de estos trabajos, la Oficina de Planificación Hidrológica ha sido la encargada de definir los valores umbral para el receptor ambiental de la intrusión marina en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo por intrusión en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Junto con los trabajos efectuados para fijar los valores umbral de la intrusión, la Oficina de Planificación Hidrológica ha llevado a cabo un estudio piloto sobre la intrusión en dos masas de agua subterránea costeras. El objetivo de este estudio piloto ha sido desarrollar una metodología que, a partir de las series representativas de la correlación existente entre los parámetros indicadores de la intrusión y las salidas subterráneas al mar calculadas con el modelo PATRICAL (Pérez, 2005), permita estimar las descargas mínimas o restricciones ambientales que serían necesarias para cumplir los valores umbral que se han fijado para el receptor ambiental de la intrusión salina en esas masas.

Otro parámetro básico de la calidad que se debe controlar conforme a la Instrucción de planificación hidrológica es la concentración y la evolución de las tendencias de nitratos en las masas de agua subterránea. En esta línea de trabajos, la Oficina de Planificación Hidrológica ha efectuado un estudio basado en el análisis de la información disponible de las redes y la simulación de distintos escenarios de evolución de las concentraciones de nitratos, con el objetivo de establecer los plazos en que se prevé alcanzar el buen estado químico por nitratos en las masas de agua subterránea en que actualmente se supera la norma de calidad o, en su caso, las propuestas de exención previstas en la normativa. En esta caracterización también se han integrado los resultados obtenidos en los recientes estudios hidrogeológicos, con el objetivo de identificar las masas de agua superficial que pueden resultar afectadas en su estado ecológico por recibir descargas subterráneas procedentes de masas de agua subterránea que se encuentran en mal estado químico por nitratos.

En la presente Memoria se detallan la metodología y los resultados que ha obtenido la Oficina de Planificación Hidrológica en los trabajos de integración de datos e informes de caracterización hidrogeológica y de evaluación del estado de las masas de agua subterránea. Esta información también ha quedado registrada y clasificada en archivos, bases de datos y coberturas digitales compatibles con el sistema de información hidrológica Geshidro de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

2. INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS RELACIONES 'RÍO-ACUÍFERO', 'MANANTIAL-ACUÍFERO' Y 'HUMEDAL-ACUÍFERO' EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

La Oficina de Planificación Hidrológica está llevando a cabo diversos trabajos con el objetivo de sistematizar e integrar los resultados obtenidos en diversos estudios de caracterización y cuantificación de las interrelaciones existentes entre las masas de agua superficial (MAS) y las masas de agua superficiales (MASUB) en el proceso de elaboración del nuevo Plan Hidrológico de cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, de forma que esta información esté disponible en archivos digitales compatibles con el sistema de información hidrológica Geshidro y se facilite su incorporación a los trabajos de actualización de los modelos de simulación del ciclo hidrológico de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

La mayor parte de esta nueva información hidrogeológica procede de los resultados que ha obtenido el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en coordinación con la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), en el marco del Acuerdo para la Encomienda de gestión suscrito el 26 de septiembre de 2007 entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas, y que fue publicado en virtud de la Resolución de 30 de octubre de 2007, de la Subsecretaría de la Presidencia.

La Actividad 4 de la Encomienda de gestión ha tenido como objetivo principal la caracterización y cuantificación de la interrelación que se produce entre las aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Para la realización de estos estudios se ha recopilado y analizado abundante información procedente de diversos estudios y proyectos técnicos, fuentes documentales y trabajos de investigación en zonas específicas, así como datos foronómicos de las redes oficiales de medida e inventarios de puntos de control de aguas subterráneas del IGME y de la Confederación Hidrográfica del Júcar. En el documento "*Trabajos de apoyo para la evaluación del estado químico y la coordinación de los estudios sobre las aguas subterráneas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar*" (CHJ, 2009-a) se describen de forma detallada los contenidos de esta actividad y los trabajos de coordinación, seguimiento e intercambio de información que se han efectuado en la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Como resultado de los trabajos de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se ha generado la siguiente documentación:

- Informes-resumen por MASUB o sistemas de explotación, que contienen la descripción, la cuantificación y los mapas de caracterización de la interrelación existente entre cauces fluviales, formaciones geológicas permeables, manantiales y zonas húmedas en cada MASUB.
- Fichas-resumen de caracterización de las 25 zonas húmedas de especial interés hídrico.
- Memoria-resumen de la Actividad 4 en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Bases de datos y coberturas digitales.

Se describen a continuación los trabajos que ha llevado a cabo la Oficina de Planificación Hidrográfica con el objetivo de analizar esta información y preparar los resultados en formatos compatibles con el sistema de información hidrológica Geshidro.

2.1. INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA Y DE PERMEABILIDAD DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Este estudio se ha centrado en la cuantificación de la superficie permeable y en la identificación de los espesores de las diferentes formaciones geológicas permeables (FGP) que se encuentran presentes en cada una de las 90 MASUB definidas en la Confederación Hidrográfica del Júcar.

La caracterización litoestratigráfica y de permeabilidad realizada en cada MASUB se ha realizado tomando como referencia las formaciones hidrogeológicas (FH) que se definen en el "Mapa litoestratigráfico y permeabilidad de España" (IGME-DGA, 2006). En la leyenda de este mapa se indica la correspondencia entre el código de cada FH, su denominación, la composición litológica y la cronoestratigrafía de la formación. Por ejemplo, según se muestra en la Figura 1, la formación hidrogeológica FH 706 corresponde con materiales de "Aluvial reciente y fondos de vega" del Pleistoceno-Holoceno (Cuaternario).

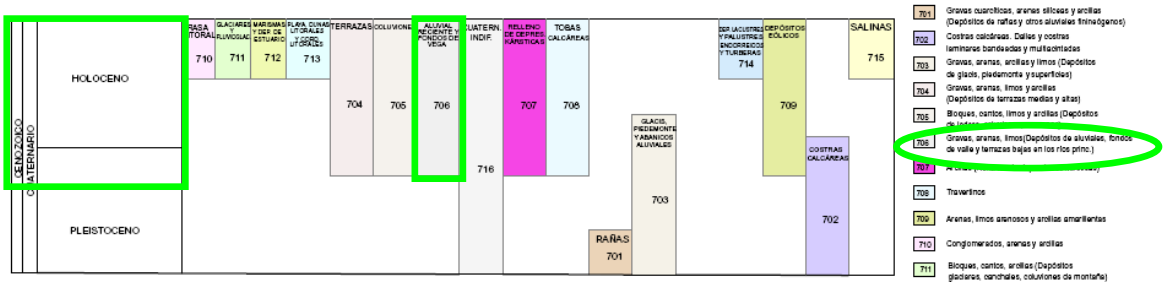


Figura 1. Características de las formaciones hidrogeológicas permeables según la leyenda del Mapa litoestratigráfico y permeabilidad de España" (IGME-DGA, 2006).

La superficie permeable de cada MASUB se ha calculado mediante la suma de las superficies de afloramiento de las formaciones hidrogeológicas (FH) que presentan permeabilidad media, alta o muy alta, cuyo análisis se ha llevado a cabo en el entorno de los sistemas de información geográfica. El resultado de este análisis se muestra en la Tabla 1 en la que, además de la superficie permeable obtenida, se ha indicado la superficie total y el porcentaje de afloramientos permeables con respecto al total de la superficie de la MASUB.

Masas de agua subterránea (MASUB)		Superficies		
Código	Nombre	Superficie total (km²)	Superficie permeable (km²)	Superficie permeable (%)
081.101	Hoya de Alfambra	762,39	402,64	52,81
081.102	Javalambre Occidental	594,29	426,34	71,74
081.103	Javalambre Oriental	801,89	207,74	25,91
081.104	Mosqueruela	858,11	631,24	73,56
081.105	Puertos de Beceite	464,16	289,02	62,27
080.106	Plana de Cenia	281,01	265,54	94,50

Masas de agua subterránea (MASUB)		Superficies		
Código	Nombre	Superficie total (km²)	Superficie permeable (km²)	Superficie permeable (%)
080.107	Plana de Vinaroz	105,66	100,92	95,52
080.108	Maestrazgo Occidental	1.127,74	739,20	65,55
080.109	Maestrazgo Oriental	1.015,40	657,12	64,72
080.110	Plana de Oropesa - Torreblanca	89,73	75,78	84,45
080.111	Lucena - Alcora	1.118,61	766,30	68,51
080.112	Hoya de Teruel	666,52	290,46	43,58
080.113	Arquillo	152,23	94,04	61,77
080.114	Gea de Albarracín	161,94	141,45	87,35
080.115	Montes Universales	1.251,09	1.053,45	84,20
080.116	Triásico de Boniches	188,54	60,76	32,23
080.117	Jurásico de Uña	612,34	580,67	94,83
080.118	Cretácico de Cuenca Norte	1.234,88	1.219,88	98,79
080.119	Terciario de Alarcón	1.239,62	573,13	46,23
080.120	Cretácico de Cuenca Sur	690,64	641,82	92,93
080.121	Jurásico de Cardenete	248,22	227,21	91,54
080.122	Vallanca	456,36	383,31	83,99
080.123	Alpuente	899,30	658,62	73,24
080.124	Sierra del Toro	297,15	204,98	68,98
080.125	Jérica	336,63	163,77	48,65
080.126	Onda - Espadán	523,48	291,55	55,69
080.127	Plana de Castellón	495,03	397,37	80,27
080.128	Plana de Sagunto	128,81	91,63	71,14
080.129	Mancha Oriental (*)	7.286,44	5.244,23	71,97
080.130	Medio Palancia	668,48	402,99	60,28
080.131	Liria - Casinos	861,14	690,22	80,15
080.132	Las Serranías	925,76	739,91	79,92
080.133	Requena - Utiel	987,91	822,03	83,21
080.134	Mira	501,56	360,71	71,92
080.135	Hoces del Cabriel	699,91	526,38	75,21
080.136	Lezuza - El Jardín (*)	893,11	522,85	58,54
080.137	Arco de Alcaraz	400,39	273,02	68,19
080.138	Alpera (Carcelén)	451,48	319,76	70,83
080.139	Cabrillas - Malacara	286,34	278,24	97,17
080.140	Buñol - Cheste	542,77	166,16	30,61
080.141	Plana de Valencia Norte	386,85	186,22	48,14
080.142	Plana de Valencia Sur	566,29	380,16	67,13
080.143	La Contienda	64,84	54,40	83,90
080.144	Sierra del Ave	414,87	329,90	79,52
080.145	Caroch Norte	741,04	661,48	89,26
080.146	Almansa	243,11	179,17	73,70
080.147	Caroch Sur	1.008,07	915,95	90,86
080.148	Hoya de Játiva	81,24	65,15	80,19
080.149	Sierra de las Agujas	251,42	230,94	91,85
080.150	Bárig	70,43	66,39	94,27
080.151	Plana de Jaraco	59,57	34,15	57,32
080.152	Plana de Gandía	56,68	56,39	99,48
080.153	Marchuquera - Falconera	108,57	101,21	93,23
080.154	Sierra de Ador	46,46	22,61	48,66
080.155	Valle de Albaida	454,57	152,91	33,64
080.156	Sierra Grossa	205,79	193,33	93,95
080.157	Sierra de la Oliva	247,67	230,45	93,05
080.158	Cuchillo - Moratilla	17,62	12,03	68,26
080.159	Rocín	19,86	18,97	95,51

Masas de agua subterránea (MASUB)		Superficies		
Código	Nombre	Superficie total (km²)	Superficie permeable (km²)	Superficie permeable (%)
080.160	Villena - Benejama	330,20	321,56	97,38
080.161	Volcadores - Albaida	150,56	122,02	81,05
080.162	Almirante Mustalla	205,54	178,47	86,83
080.163	Oliva - Pego	54,64	34,07	62,36
080.164	Ondara - Denia	82,59	78,07	94,52
080.165	Montgó	24,95	22,38	89,72
080.166	Peñón - Bernia	100,40	81,32	81,00
080.167	Alfaro - Segaria	175,25	129,80	74,06
080.168	Mediodía	51,68	48,78	94,39
080.169	Muro de Alcoy	23,25	20,09	86,44
080.170	Salt San Cristóbal	155,15	93,96	60,56
080.171	Sierra Mariola	95,67	88,55	92,56
080.172	Sierra Lácera	22,30	5,83	26,13
080.173	Sierra del Castellar	90,36	57,91	64,09
080.174	Peñarrubia	35,44	32,47	91,63
080.175	Hoya de Castalla	121,23	92,00	75,89
080.176	Barrancones - Carrasqueta	263,79	148,93	56,46
080.177	Sierra Aitana	215,82	179,15	83,01
080.178	Serrella - Aixorta - Algar	151,02	98,48	65,21
080.179	Depresión de Benisa	270,45	249,43	92,23
080.180	Jávea	10,18	10,07	98,97
080.181	Sierra de Salinas	141,63	87,40	61,71
080.182	Argüeña - Maigmó	126,82	85,27	67,24
080.183	Orcheta	197,11	183,89	93,29
080.184	San Juan - Benidorm	179,01	86,70	48,43
080.185	Agost - Monnegre	73,30	71,83	98,01
080.186	Sierra del Cid	129,33	122,26	94,54
080.187	Sierra del Reclot	72,46	42,79	59,06
080.188	Sierra de Argallet	48,56	40,59	83,59
080.189	Sierra de Crevillente	68,60	65,52	95,51
080.190	Bajo Vinalopó	802,66	593,19	73,90
TOTAL		**40.821,93**	**29.347,05**	**71,89**

(*) Conforme a la reciente modificación de la divisoria CH Júcar – CH Guadiana, las superficies permeables resultantes de estas MASUB son: 080.129 Mancha Oriental, 5.130 km² y 080.136 Lezuza- El Jardín, 520,7 km²

Tabla 1. Masas de agua subterránea: superficie total y superficie permeable obtenida por agregación de las formaciones de permeabilidad media, alta y muy alta del Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad (IGME-DGA, 2006).

La litoestratigrafía y el diverso tamaño de las MASUB condicionan que exista un amplio rango de superficies permeables por MASUB, que varían entre los 5,8 km² de 080.172 Sierra Lácera y los 5.244,2 km² de 080.129 Mancha Oriental.

Conforme a la metodología establecida en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión, una FGP representa una formación geológica permeable en la que se produce la relación río-acuífero o humedal-acuífero en el ámbito de una MASUB. La identificación de las FGP se ha efectuado tomando como referencia las formaciones hidrogeológicas (FH) que se definen en el "Mapa litoestratigráfico y permeabilidad de España" (IGME-DGA, 2006). En primer lugar se han seleccionado, a partir de las FH de permeabilidad media, alta o muy alta presentes en la MASUB, aquellas en que se produce una relación directa entre las aguas subterráneas y los cauces fluviales o las zonas húmedas en una MASUB.

Posteriormente estas FH se han agrupado en una o varias FGP cuando se ha verificado que presentan unas características hidrogeológicas similares en esa MASUB.

El espesor de las FGP definidas en la MASUB se ha estimado a partir de las referencias bibliográficas y de la cartografía geológica e hidrogeológica contenida en los Informes-resumen de la Actividad 4 de la Encomienda de Gestión.

Las FGP definidas en las MASUB a partir de las agrupaciones realizadas de las FH, así como los espesores que se han obtenido aplicando estos criterios se presentan en la Tabla 2. Se observa que en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar se han identificado entre una y cinco FGP por MASUB. Los espesores de las FGP definidas en las MASUB presentan un amplio rango de valores, que comprende desde las decenas de metros en las formaciones cuaternarias hasta espesores que superan los 1.000 metros en algunas formaciones mesozoicas.

Código MASUB	Nombre MASUB	Litoestratigrafía FGP (Claves FH)	Espesor FGP (metros)
080.101	Hoya de Alfambra	703+706	Hasta decenas de metros
080.102	Javalambre Occidental	157+160+187	Superior a 700 metros
		393	Aproximadamente 100 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.103	Javalambre Oriental	157	Entre 500-700 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.104	Mosqueruela	175	Unos 100 metros
		187+192+197+201	Aproximadamente 550 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.105	Puertos de Beceite	164+174+192+197	Puede ser superior a 1.000 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.106	Plana de Cenia	704+706	Hasta decenas de metros
080.107	Plana de Vinaroz	706	Hasta decenas de metros
080.108	Maestrazgo Occidental	184	Unos 500 metros
		187+192+197	Unos 700 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.109	Maestrazgo Oriental	192	Unos 100 metros
		393	Puede ser superior a 200 metros
		703+706	Hasta decenas de metros
080.110	Plana de Oropesa - Torreblanca	706	Puede ser superior a 100 metros
080.111	Lucena - Alcora	137	Espesor medio de 150 metros
		174+187+192+197	Superior a 550 metros
		703+706	Hasta decenas de metros
080.112	Hoya de Teruel	172+175+197	Unos 400 metros
		405	Superior a 300 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.113	Arquillo	157+160	Unos 300 metros
		703	Hasta decenas de metros
080.114	Gea de Albarracín	157+160	Unos 300 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.115	Montes Universales	157+160+163+181	Unos 300-400 metros
		172+175+197+201	Unos 400 metros
		386+387	Superior a 200 metros
080.116	Triásico de Boniches	137	Unos 100-150 metros
		157	Unos 300-400 metros
080.117	Jurásico de Uña	157+160	Unos 300 metros
		172	Puede ser superior a 100 metros
		175	Unos 100 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.118	Cretácico de Cuenca Norte	160+172+187+197+198+ 201	Puede ser superior a 350 metros
		175+ 203	Puede ser superior a 400 metros
		706	Hasta decenas de metros

Código MASUB	Nombre MASUB	Litoestratigrafía FGP (Claves FH)	Espesor FGP (metros)
080.119	Terciario de Alarcón	203	Puede ser superior a 100 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.120	Cretácico de Cuenca Sur	175+393	Puede ser superior a 300 metros
		197+198+201	Aproximadamente 100-150 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.121	Jurásico de Cardenete	157+160+164+197	Aproximadamente 350-450 metros
		175+196	Unos 100 metros
		706+ 708	Hasta decenas de metros
080.122	Vallanca	157+160+181	Unos 300 metros
		172+187+197+201	Aproximadamente 50-150 metros
		175+196	Puede ser superior a 200 metros
		410	Unos 150
		706	Hasta decenas de metros
080.123	Alpuente	157+160+163+181	Puede ser superior a 300 metros
		187	Puede ser superior a 200 metros
		196	Puede ser superior a 300 metros
080.124	Sierra del Toro	157	Unos 100 metros
		163	Puede ser superior a 400 metros
080.125	Jérica	163	Puede ser superior a 400 metros
		705+706+708	Hasta decenas de metros
080.126	Onda - Espadán	137	Unos 100 metros
		157	Unos 50 metros
		405	Puede ser superior a 50 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.127	Plana de Castellón	703+ 706	Entre 50-200 metros
080.128	Plana de Sagunto	706	Entre 50-200 metros
080.129	Mancha Oriental	160	Hasta 400 metros
		197+198+201	Hasta 250 metros
		399+410	Hasta 200 metros
		405+411	Hasta 200 metros
		703+704+706	Hasta decenas de metros
080.130	Medio Palancia	137	Hasta 230 metros
		157	Unos 150 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.131	Liria - Casinos	410	Hasta 150 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.132	Las Serranías	137	Hasta 200 metros
		157+160+163+172+187+ 197+201	Hasta 1.000 metros
		196	Inferior a 100 metros
		706+708	Hasta decenas de metros
080.133	Requena - Utiel	706	Entre 10 y 30 metros
080.134	Mira	175+196	Unos 50 metros
		197+201	Unos 350 metros
		703	Hasta decenas de metros
080.135	Hoces del Cabriel	196+197+201+204	Superior a 50-150 metros
		380+411	Puede ser superior a 200 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.136	Lezuza - El Jardín	157	Hasta 200-300 metros
		411	Hasta decenas de metros
		701+706	Hasta decenas de metros
080.137	Arco de Alcaraz	157+160	Entre 200 y 300 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.138	Alpera (Carcelén)	197+ 201	Hasta 250 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.139	Cabrillas - Malacara	160+184	Hasta unos 500 metros
		187+197+201	Puede ser superior a 500 metros
		380+ 411	Entre 50 y 250 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.140	Buñol - Cheste	163	Hasta 1.000 metros
		703+706	Hasta decenas de metros
080.141	Plana de Valencia Norte	702+703+706+716	Hasta 200 metros
080.142	Plana de Valencia Sur	706+713+716	Entre 10-200 metros
080.143	La Contienda	201	Aproximadamente 150-200 metros
080.144	Sierra del Ave	157+160+163	Puede ser superior a 400 metros
		172+187+197+201	Puede ser superior a 300 metros
		196	Puede ser superior a 100 metros
		405	Puede ser superior a 100 metros
		703	Hasta decenas de metros
080.145	Caroch Norte	192	Aproximadamente 250-300 metros
		197+201	Puede ser superior a 300 metros
		706	Hasta decenas de metros
080.146	Almansa	706	Hasta decenas de metros

Código MASUB	Nombre MASUB	Litoestratigrafía FGP (Claves FH)	Espesor FGP (metros)
080.147	Caroch Sur	197+201	Hasta unos 500 metros
		703+706	Hasta 100 metros
080.148	Hoya de Játiva	704+706	Unos 100 metros
080.149	Sierra de las Agujas	706	Hasta decenas de metros
080.150	Bárig	703+713	Hasta 100 metros
080.151	Plana de Jaraco	713	Entre 50-100 metros
080.152	Plana de Gandía	703+713	Hasta 100 metros
080.153	Marchuquera - Falconera	-	-
080.154	Sierra de Ador	192	Hasta 200 metros
		703	Hasta decenas de metros
080.155	Valle de Albaida	703+704+706	Hasta decenas de metros
080.156	Sierra Grossa	201	Puede ser superior a 850 metros
		704	Hasta decenas de metros
080.157	Sierra de la Oliva	-	-
080.158	Cuchillo - Moratilla	-	-
080.159	Rocín	-	-
080.160	Villena - Benejama	703	Hasta decenas de metros
080.161	Volcadores - Albaida	201	Superior a 500 metros
080.162	Almirante Mustalla	192	Hasta 200 metros
		197	Puede ser superior a 600 metros
		405	Puede ser superior a 200 metros
		703	Hasta decenas de metros
080.163	Oliva - Pego	703+713	Hasta 100 metros
080.164	Ondara - Denia	706+713	Entre 50-100 metros
080.165	Montgó	-	-
080.166	Peñón - Bernia	197	Puede ser superior a 600 metros
		706	Hasta 50-100 metros
080.167	Alfaro - Segaria	411	Hasta 1.000 metros
		703	Hasta 50-100 metros
080.168	Mediodía	201	Puede ser superior a 600 metros
		405+411	Hasta 1.000 metros
080.169	Muro de Alcoy	-	-
080.170	Salt San Cristóbal	175	Hasta 200 metros
		197+201	Hasta 750 metros
		405	Hasta 200 metros
080.171	Sierra Mariola	703	Hasta decenas de metros
080.172	Sierra Lácera	-	-
080.173	Sierra del Castellar	-	-
080.174	Peñarrubia	-	-
080.175	Hoya de Castalla	703+704	Hasta decenas de metros
080.176	Barrancones - Carrasqueta	704	Hasta decenas de metros
080.177	Sierra Aitana	410	Hasta 250 metros
080.178	Serrella - Aixorta - Algar	201	Puede ser superior a 500 metros
080.179	Depresión de Benisa	706	Hasta 100 metros
080.180	Jávea	197	Puede ser superior a 600 metros
		713	Hasta 100 metros
080.181	Sierra de Salinas	-	-
080.182	Argüeña - Maigmó	-	-
080.183	Orcheta	175	Aproximadamente 100-200 metros
080.184	San Juan - Benidorm	-	-
080.185	Agost - Monnegre	192+201	Puede ser superior a 750 metros
		411	Hasta 250 metros
080.186	Sierra del Cid	-	-
080.187	Sierra del Reclot	-	-
080.188	Sierra de Argallet	-	-
080.189	Sierra de Crevillente	-	-
080.190	Bajo Vinalopó	703+704+706	Hasta 100 metros

Tabla 2. Superficies permeables y espesores de las formaciones geológicas permeables definidas en las masas de agua subterránea.

2.2. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN 'RÍO-ACUÍFERO'

Este estudio ha consistido en integrar los datos de caracterización y cuantificación de la relación 'río-acuífero' obtenidos en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión mediante archivos compatibles con el sistema de información hidrológica Geshidro y los modelos de la Oficina de Planificación Hidrológica. Con

este objetivo se ha generado una base de datos que recoge la información completa de los 357 tramos de cauces fluviales en los que se ha identificado la existencia de interrelación hídrica con las formaciones geológicas permeables en el ámbito de las MASUB de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Los campos de información que se han incorporado a la base de datos de intercambio se describen en el Anejo 1.

Esta base de datos permite identificar, para cada tramo de la red hidrográfica significativa, las masas de agua superficial (MAS) y subterránea (MASUB) en que se ha identificado la relación río-acuífero y sus características. También se indica el modelo conceptual que se ha asignado a la relación río-acuífero en cada tramo estudiado, y que se ha definido por combinación de la tipología MAS-FGP (cauce con conexión difusa, puntual o mixta) y la relación pérdidas-ganancias (cauce ganador, perdedor o variable con respecto al acuífero).

La información contenida en esta base de datos se ha integrado en una cobertura digital compatible con el sistema de información hidrológica Geshidro para facilitar el tratamiento espacial de la información y la representación cartográfica de los resultados obtenidos en este estudio.

En la Figura 2 se muestra el mapa de la relación pérdidas-ganancias que se ha caracterizado en los tramos de la red hidrográfica significativa situados en el ámbito de las MASUB, diferenciando los tramos de cauce en que el río es ganador, perdedor o variable con respecto al acuífero.

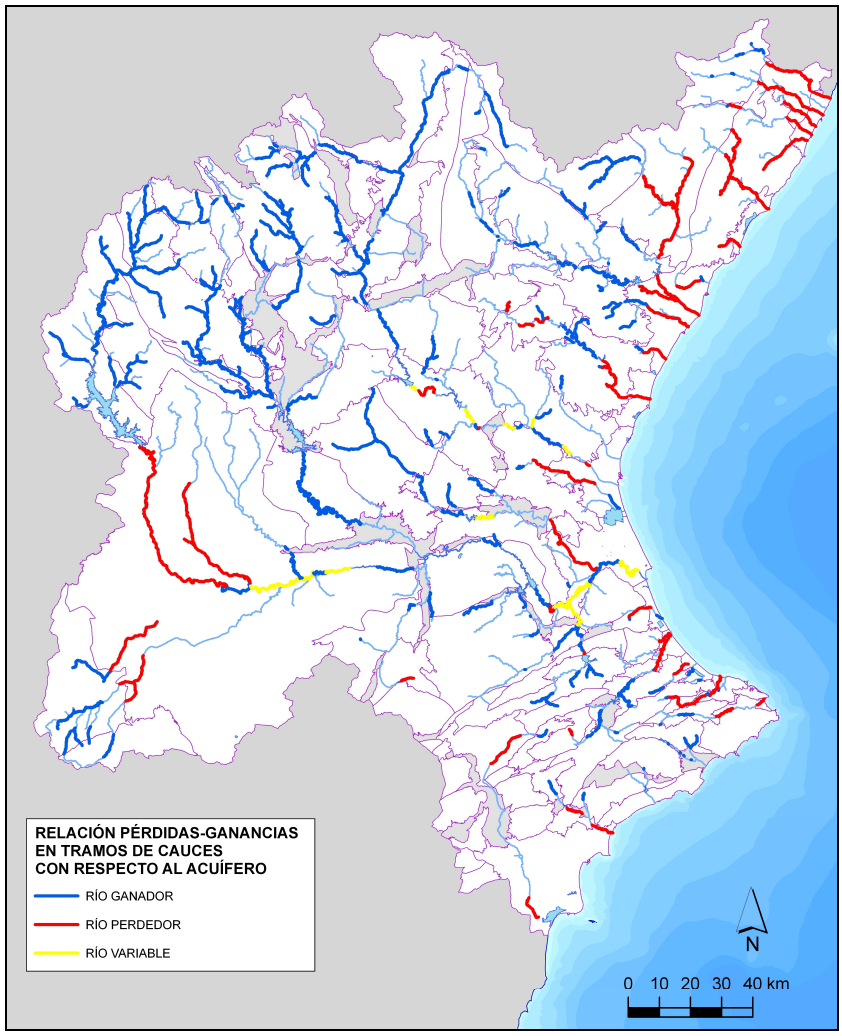


Figura 2. Mapa de caracterización de la relación pérdidas-ganancias (río ganador/perdedor/variable) en los tramos de la red hidrográfica significativa situados en el ámbito de las masas de agua subterránea.

La información contenida en esta cobertura digital también permite identificar el modelo conceptual de la relación río-acuífero que se ha asignado a cada tramo de cauce estudiado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión. Como se muestra en la Tabla 3, el modelo conceptual de la relación río-acuífero se establece mediante la combinación entre la tipología de la conexión (difusa, puntual o mixta) y la relación pérdidas-ganancias (tramo ganador/perdedor/variable).

VINCULACIÓN ENTRE LA TIPOLOGÍA Y LA RELACIÓN PÉRDIDAS-GANANCIAS EN UN TRAMO DE CAUCE NATURAL RELACIONADO CON UN ACUÍFERO

VINCULACIÓN ENTRE LA TIPOLOGÍA y LA RELACIÓN PÉRDIDAS-GANCIAS EN UN TRAMO DE CAUCE NATURAL RELACIONADO CON UN ACUÍFERO. TABLA MSPFACUIF_MODCON		
TABLA AUXILIAR	**MSPFACUIF_TIPO**	*Describe la tipología de la relación río(MAS)-acuífero(FGP)*
TIPO_ID	NOM_TIPO	DESCRIPCIÓN COMPLEMENTARIA
200	Conexión difusa directa	Cuando el tramo del cauce es total o parcialmente penetrante, es decir, existe una vinculación hidráulica directa entre la superficie piezométrica del acuífero y la lámina de agua en el cauce
211	Conexión difusa indirecta con efecto ducha	Cuando el tramo del cauce, aunque atraviesa la formación geológica acuífera, esta "descolgado" respecto a la superficie piezométrica (efecto ducha)
212	Conexión difusa indirecta tipo sumidero	Cuando el tramo del cauce atraviesa una formación geológica permeableide comportamiento kárstico y se produce una recarga de la FGP a favor de formas exokársticas (efecto sumidero), por situarse la superficie piezométrica a menor cota que el lecho del cauce
213	Conexión difusa indirecta con flujo profundo	Cuando la relación río-acuífero implica una FGP cuyo flujo subterráneo responde a esquemas de *flujo tridimensional o bidimensional profundo* efectuándose la descarga hacia los cauces naturales a favor de formaciones geológicas de comportamiento acuitardo (régimen piezométrico de semiconfinamiento) o acuífero (por ejemplo, aluviales o terrazas fluviales) situadas a techo y que son las que están en conexión directa con el cauce natural
214	Conexión difusa indirecta indiferenciada	Cuando el tramo es perdedor (influente) pero no se conocer si existe conexión directa o indirecta (efecto ducha o sumidero) (no existen datos piezométricos)
221	Descarga puntual por un único manantial	Cuando el cauce es receptor de la descarga subterránea a favor de un único manantial (descarga puntual), independientemente de que éste drene directamente sobre un cauce natural significativo (aparecen en la cobertura *Mspfred_XXX_igme*) o sobre un tributario de alguno de estos cauces
222	Descarga puntual por un grupo de manantiales	Cuando el cauce es receptor de la descarga subterránea a favor de un grupo de manantiales, independientemente de que éste drene directamente sobre un cauce natural significativo (aparecen en la cobertura *Mspfred_XXX_igme*) o sobre un tributario de alguno de estos cauces
231	Conexión mixta difusa directa y manantiales	Cuando el tramo del cauce establece, al mismo tiempo, una conexión difusa directa con la FGP o algunas de las FGPs implicadas y, además, recibe la descarga de la FGP o de algunas de las FGPs mediante un manantial o grupo de manantiales
232	Conexión mixta difusa indirecta y manantiales	Cuando el tramo del cauce establece, al mismo tiempo, una Conexión difusa indirecta con la FGP o algunas de las FGPs implicadas y, además, recibe la descarga de la FGP o algunas de las FGPS mediante un manantial o grupo de manantiales

TABLA AUXILIAR	**MSPFACUIF_TIPO**		*Describe la tipología de la relación río(MAS)-acuífero(FGP)*
PERGAN_ID	300	310	320
NOM_PERGAN	Tramos en cauces naturales efluentes o ganadores	Tramos en cauces influentes o perdedores	Cauces variables (estacionales o hiperanuales) en régimen natural
DESCRIPCIÓN COMPLEMENTARIA	Aquellos que registran la descarga de un cierto volumen de agua desde la FGP o FGPs relacionadas	Aquellos que recargan a la FGP o FGPs relacionadas	Aquellos que presentan una variabilidad estacional o hiperanual en la transmisión de caudales respecto a la FGP o FGPS implicadas, funcionando en ciertos períodos como ganador y en otros como perdedor
	401	**402**	**403**
		411	**412**
		421	**422**
	431		
		441	**442**
	451		
	461		
	471		
	481		

Tabla 3. Modelos conceptuales que regulan la relación río-acuífero mediante la vinculación entre la tipología y la relación pérdidas-ganancias en un tramo de cauce natural relacionado con un acuífero.

Aplicando la leyenda y las simbologías que se han definido en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para representar estos códigos (según el campo 'Modcon_id' de la base de datos asociada a la cobertura digital) se ha obtenido el mapa de la Figura 3, en el que se muestran los modelos conceptuales de la relación río-acuífero para las MASUB del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

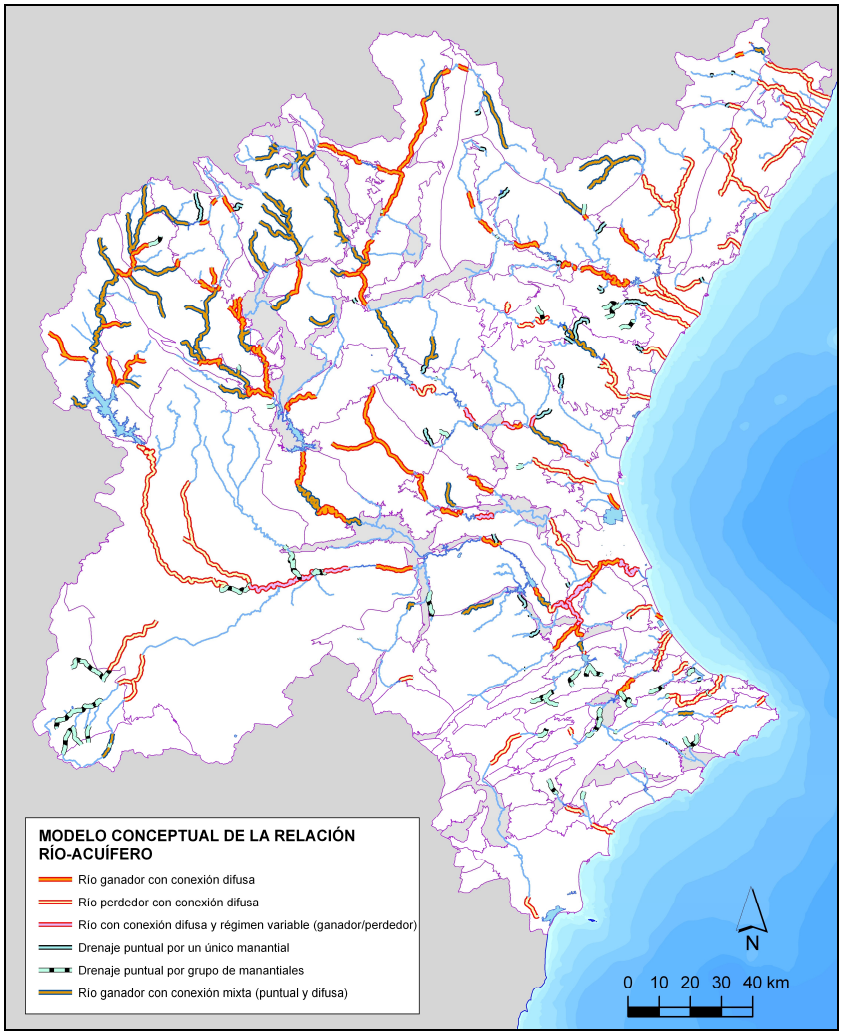


Figura 3. Mapa de los modelos conceptuales que regulan la relación río-acuífero en los tramos de la red hidrográfica significativa situados en el ámbito de las masas de agua subterránea.

En el Anejo 2 se describen de forma detallada los criterios que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para la designación del modelo conceptual y del régimen hidrológico que caracteriza la relación río – acuífero en los tramos de cauce estudiados.

2.3. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN 'MANANTIAL-ACUÍFERO'

En el marco de los trabajos de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se efectuó una recopilación exhaustiva de la información disponible sobre los hidrómetros y manantiales inventariados hasta 2008, tanto actuales como históricos, procedentes fundamentalmente de las bases de datos e inventarios del IGME y de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Con esta información se generó una base de datos general, formada por más de 6.000 puntos, que sirvió posteriormente como referencia para seleccionar los hidrómetros y manantiales que se han utilizado en la Actividad 4 para cuantificar en el ámbito de cada MASUB las descargas subterráneas de tipo puntual hacia los cauces fluviales y humedales.

Teniendo en cuenta estos antecedentes y los resultados proporcionados por el IGME, la Oficina de Planificación Hidrológica ha llevado a cabo los siguientes trabajos:

- Recopilación e integración de la información sobre los manantiales e hidrómetros que se han seleccionado en la Actividad 4 para cuantificar las descargas puntuales hacia los cauces fluviales y a los humedales de especial interés hídrico en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar, comprobación de las coordenadas asignadas en los inventarios y análisis de correspondencias de los códigos identificativos en los inventarios del IGME y de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

- Tratamiento de la información utilizada en la cuantificación de las descargas por MASUB: Asignación del punto de descarga a la MASUB con la que se encuentra asociado geográfica e hidrogeológicamente, identificación de las fuentes de procedencia de la información foronómica, periodos considerados en la cuantificación del volumen total de salidas estimado (hm^3/año), y observaciones de interés con respecto a la medición y cuantificación de las descargas en el punto.

- Generación de archivos digitales para la integración de los resultados en formatos compatibles con los sistemas y modelos de la Oficina de Planificación Hidrológica.

Del análisis de la información de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se concluye que se ha utilizado un total de 594 hidrómetros y manantiales para caracterizar y cuantificar las descargas puntuales en las MASUB del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. En esta relación, 590 puntos corresponden con el drenaje de aguas subterráneas hacia cauces fluviales de la red hidrográfica significativa y 4 puntos son indicativos de las descargas hacia humedales de especial relevancia hídrica.

Los hidrómetros y manantiales que se han seleccionado en los trabajos de la Actividad 4 para la cuantificación de las descargas proceden de tres fuentes documentales distintas: la Red Oficial de Hidrometría de la Confederación Hidrográfica del Júcar, el inventario de manantiales de la Guardería

Fluvial de la Confederación Hidrográfica del Júcar, y el inventario de manantiales del IGME. La información más completa y actualizada procede de la Red Oficial de Hidrometría, ya que se trata de una red que se controla con una cadencia mensual y que progresivamente ha ido incrementado tanto su cobertura como el número de puntos controlados (actualmente dispone de 100 hidrómetros operativos); mientras que las mediciones procedentes de los inventarios de manantiales de la Guardería Fluvial y del IGME se han considerado como una primera estimación que deberá ser actualizada en posteriores estudios, ya que únicamente se dispone de uno o dos datos foronómicos por punto que suelen corresponder con mediciones efectuadas durante la realización los inventarios.

Con respecto a los hidrómetros operativos, cabe indicar que en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se ha tomado como referencia una relación formada por 69 puntos, conforme a la información que se encontraba disponible en el año 2008 y que la Confederación Hidrográfica aportó al IGME al inicio de los trabajos. De esta relación se han utilizado 63 puntos para cuantificar las descargas de manantiales y el drenaje de algunos humedales costeros.

Mediante la integración de los datos de caracterización y cuantificación de la relación “manantial-acuífero” se ha podido obtener una primera estimación de las descargas por hidrómetros y manantiales en el ámbito de cada MASUB, así como la identificación de los principales puntos de agua inventariados en los que se producen descargas hacia tramos de ríos y hacia humedales de especial interés hídrico.

Se resumen a continuación los trabajos efectuados por la Oficina de Planificación Hidrológica para integrar esta información en archivos compatibles con el sistema de información hidrológica Geshidro.

2.3.1. PUNTOS DE CONTROL DE LA RED OFICIAL DE HIDROMETRÍA UTILIZADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS PUNTUALES HACIA CAUCES FLUVIALES

En los trabajos de la Actividad 4 se han considerado para la cuantificación de las descargas hacia cauces fluviales los datos de 50 hidrómetros operativos de la Red Oficial de Hidrometría de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

En la Tabla 4 se presentan estos hidrómetros agrupados por MASUB, así como su correspondencia con los códigos de manantial de la antigua Red de Hidrometría del IGME, la masa de agua superficial (MAS) receptora de la descarga y la estimación de los volúmenes drenados en cada punto.

MASUB geográfica asociada		Código manantial CHJ	Código manantial IGME	MAS receptora de la descarga		Volumen salida estimado (hm³/año)	Periodo de estimación	Observaciones
Código	Nombre			Código	Nombre			
080.103	JAVALAMBRE ORIENTAL	M08.05.001	282420001	10.03	Río Mijares: Loma de la Ceja - Río Mora	16,94	01/04/1988 - 23/02/2008	
		M08.05.002	-	10.03	Río Mijares: Loma de la Ceja - Río Mora	14,80	01/04/1988 - 22/09/2001	
		M08.05.003	282420003	10.03.02.02	Río Albentosa: Desde Manzanera hasta confluencia	25,82	01/04/1988 - 23/02/2008	Los aforos pueden estar afectados por el efecto remanso del río Albentosa en el punto de medición. Se pierde caudal al aforar.
		M08.05.004	282420002	10.03	Río Mijares: Loma de la Ceja - Río Mora	10,13	01/04/1988 - 23/02/2008	
		M08.13.004	282480003	10.06	Río Mijares: E. Arenós - Az. Huertacha	0,44	01/10/2007 - 01/03/2008	El caudal de aforo presenta afección por encontrarse aguas abajo del embalse de Arenós.
080.104	MOSQUERUELA	M08.06.001	282220001	15.04.01.01	Río Alfambra: Cabecera - Rbla. Hoz	0,54	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.111	LUCENA - ALCORA	M08.06.002	282320003	10.03.03.01	Río Mora	0,49	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.06.003	282250003	10.01	Río Mijares: Cabecera - Bco. Charco	0,35	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.13.002	-	10.07.02.04	Río Villahermosa: Villahermosa - Río Mijares	-	-	El punto de aforos en el canal es coincidente con el de M08.13.003 (Ignacios), que era el manantial de abastecimiento de Argelita.
		M08.13.003	292470002	10.07.02.04	Río Villahermosa: Villahermosa - Río Mijares	0,22	01/10/1992 - 01/10/2007	Con datos hasta octubre de 2007. El punto de aforos en el canal es coincidente con el de M08.13.002 (Fuente del Barranco del Sabinar), que es el manantial de abastecimiento actual de Argelita.
080.112	HOYA DE TERUEL	M08.02.001	26243 E/A	15.06.01.01	Río Ebrón	22,53	01/04/1988 - 24/02/2008	La sección de aforos con molinete coincide con la estación ROEA 08.104 Río Ebrón en Los Santos (activa).
080.115	MONTES UNIVERSALES	M08.02.002	252280001	15.01	Río Guadalaviar (Turia): Cabecera - Rbla. Monterde	10,65	01/02/1989 - 01/03/2008	
		M08.02.003	262430001	15.06.01.01	Río Ebrón	11,69	01/04/1998 - 01/04/2008	Los aforos pueden estar afectados por detracciones para abastecimiento urbano.
		M08.02.004	252240004	15.01	Río Guadalaviar (Turia): Cabecera - Rbla. Monterde	4,65	01/02/1989 - 01/04/2008	Conocido popularmente como río Salido o Noguera.
		M08.02.006	-	18.01	Río Júcar: Cabecera - Huélamo	0,00	01/11/2007 - 01/04/2008	El caudal de aforo es nulo porque la fuente está captada para abastecimiento, con bombeo permanente.
080.122	VALLANCA	M08.04.001	262470008	15.06.02.01	Río Vallanca	0,26	01/10/2007 - 01/04/2008	El caudal aforado puede estar influenciado por una toma situada aguas arriba.
080.123	ALPUENTE	M08.15.002	-	15.09	Río Turia: El Villarejo - E. Benagéber	0,39	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.15.003	272550001	15.09	Río Turia: El Villarejo - E. Benagéber	0,21	01/10/2007 - 01/04/2008	En el mapa topográfico figura como "Barranco del Agua". Se destina para abastecimiento. No se afora en el manantial, sino en la tubería que evacua las aguas sobrantes del depósito del abastecimiento.
080.125	JÉRICA	M08.14.001	292550016	13.05	Río Palancia: E. Regajo - Rbla. Seca	13,32	31/01/1973 - 23/02/2008	
		M08.14.002	292550031	13.05	Río Palancia: E. Regajo - Rbla. Seca	1,03	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.14.003	292550033	13.05.01.01	Rbla. Seca (Palancia)	3,95	01/01/1972 - 01/04/2008	Se emplea para abastecimiento y agricultura.
		M08.14.004	282530006	13.03	Río Palancia: Az. Sargal - E. Regajo	3,78	01/10/2007 - 01/04/2008	El caudal aforado no incluye el destinado a abastecimiento urbano.

MASUB geográfica asociada		Código manantial CHJ	Código manantial IGME	MAS receptora de la descarga		Volumen salida estimado (hm³/año)	Periodo de estimación	Observaciones
Código	Nombre			Código	Nombre			
080.126	ONDA - ESPADÁN	M08.13.001	292530026	11.01	Río Veo	2,78	01/01/1972 - 01/04/2008	Las aforos pueden verse afectados por los riegos colindantes.
080.127	PLANA DE CASTELLÓN	M08.12.001	302470001	09.02	Río Seco: Castellón - Mar	19,18	01/04/1988 - 21/02/2008	Los aforos se efectúan en un canal de riegos, por lo que las mediciones pueden estar influenciadas por retornos de riego.
080.129	MANCHA ORIENTAL	M08.29.003	-	18.12.01.03	Río Valdemembra: Quintanar del Rey - Río Júcar	0,42	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.130	MEDIO PALANCIA	M08.20.001	292620006	13.06	Río Palancia: Rbla. Seca - E. Algar	2,93	01/01/1972 - 01/04/2008	El caudal medido se encuentra influenciado por los bombeos de la zona.
080.131	LIRIA - CASINOS	M08.22.001	282740001	15.14.02.02	Rbla. Escarihuela: Bco. Crispina - Río Turia	8,90	01/04/1988 - 17/02/2008	No aforable actualmente.
080.132	LAS SERRANÍAS	M08.18.001	272730002	15.13.01.02	E. Buseo	0,25	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.18.002	272730001	15.13.01.02	E. Buseo	0,73	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.138	ALPERA (CARCELÉN)	M08.29.001	263070003	18.20.02.01	Río Reconque	2,17	25/02/1986 - 25/09/2006	
080.144	SIERRA DEL AVE	M08.26.001	283040001	18.31.01.01	Río Verde: Cabecera - Alzira	11,72	01/04/1988 - 20/11/2007	La mayor parte de su caudal se bombea. Las medidas corresponden a sobrantes.
		M08.27.001	282910003	18.24	Río Júcar: E. El Naranjero - E. Tous	0,45	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.145	CAROCH NORTE	M08.28.005	273020002	18.20.02.01	Río Reconque	1,06	01/01/1970 - 01/04/2008	
080.147	CAROCH SUR	M08.28.001	283060001	18.25.01.02	E. Escalona	6,97	01/04/1988 - 29/02/2008	
		M08.28.002	283070001	18.28.01.02.01.02	Rbla. Riajuelo: Río Mínguez - Río Sellent	9,28	01/04/1988 - 29/02/2008	
		M08.28.003	283060003	18.28.01.02	Río Sellent: Bolbaite - Río Júcar	3,60	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.28.004	-	18.25.01.01	Río Escalona: Cabecera - E. Escalona	1,52	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.150	BÁRIG	M08.32.001	293070001	19.01	Río Jaraco: Cabecera - Ferrocarril	3,65	01/04/1988 - 15/02/2008	Dispone de varias secciones de medida.
080.156	SIERRA GROSSA	M08.32.002	293110002	18.29.01.03	Río Albaida: E. Bellús - Río Barcheta	9,10	01/10/2007 - 01/04/2008	Parte de su caudal se entuba y se lleva a Játiva. Conocido también como manantial de Bellús.
080.161	VOLCADORES - ALBAIDA	M08.36.001	283240033	18.29.01.01.01.01	Río Clariano	6,10	01/10/2007 - 01/04/2008	
		M08.36.002	283230001	18.29.01.01.01.01	Río Clariano	2,41	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.164	ONDARA - DENIA	M08.39.001	303220010	25.02	Río Girona: E. Isbert - Mar	6,71	09/08/1974 - 15/02/2008	Medida realizada en la acequia que encauza el manantial, inmediatamente aguas arriba de su vertido al barranco de Cava o de Bolata.
080.166	PEÑÓN - BERNIA	M08.47.001	303210001	27.01	Río Gorgos: Cabecera - Bco. del Cresol	0,01	01/11/2007 - 01/03/2008	
		M08.47.002	303220029	27.01	Río Gorgos: Cabecera - Bco. del Cresol	0,11	01/02/1974 - 01/04/2008	
080.171	SIERRA MARIOLA	M08.40.001	28327 V/A	31.01	Río Vinalopó: Cabecera - Campo Oro	1,87	01/04/1988 - 29/02/2008	Código IGME de cauce superficial, pero se corresponde con una acequia que encauza el nacimiento del río Vinalopó.
		M08.40.002	283240016	18.29.01.01.01.01	Río Clariano	0,53	01/10/2007 - 01/04/2008	
080.177	SIERRA AITANA	M08.45.003	303310016	28.02.01.03	Río Guadalest: Callosa d'En Sarrià - Río Algar	1,58	01/05/1976 - 01/05/1976	Ambos nacimientos se encuentran cerrados y no ha sido posible acceder a los mismos.

MASUB geográfica asociada		Código manantial CHJ	Código manantial IGME	MAS receptora de la descarga		Volumen salida estimado (hm³/año)	Periodo de estimación	Observaciones
Código	Nombre			Código	Nombre			
080.178	SERRELLA - AIXORTA - ALGAR	M08.46.001	303310001	28.02.01.02	Río Guadalest: E. Guadalest - Callosa d'En Sarrià	1,27	01/06/1976 - 01/04/2008	
		M08.46.002	-	28.01	Río Algar: Cabecera - Río Bollullá	55,00	01/11/2007 - 01/04/2008	La descarga incluye caudales correspondientes a escorrentía superficial y bombeos
		M08.46.003	293280008	27.01	Río Gorgos: Cabecera - Bco. del Cresol	0,00	01/10/2007 - 01/01/2008	Sin caudal en los aforos. Quedó soterrada por las inundaciones producidas en octubre 2007 y no sale agua.

Tabla 4. Estaciones de la Red Oficial de Hidrometría que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar las descargas puntuales de fuentes y manantiales hacia cauces fluviales.

En la Tabla 5 se describen otros 4 hidrómetros operativos que no se han utilizado en la Actividad 4 para cuantificar las descargas de tipo puntual por estar situados en cauces superficiales.

MASUB geográfica asociada		Código manantial Geshidro	Código manantial IGME	MAS receptora de la descarga		Volumen salida estimado (hm³/año)	Periodo de estimación	Observaciones
Código	Nombre			Código	Nombre			
080.129	MANCHA ORIENTAL	M08.29.002	23314 L/A	33.01	Río Lezuza	2,99	10/01/1979 - 25/10/2006	Corresponde con un punto de medición situado en un cauce superficial. No empleado en la cuantificación.
		M08.30.001	24315 J/G	18.14.01.03	Río Arquillo: Az. Carrasca Sombrero - Río Mirón	19,54	26/06/1981 - 27/02/2008	Corresponde con un punto de medición situado en un cauce superficial. No empleado en la cuantificación.
		M08.30.002	24321 JQB	18.14.01.03.01.02	Río Mirón: Rba. Fuentecarrasca - Río Arquillo	3,84	28/11/1979 - 28/09/2006	Corresponde con un punto de medición situado en un cauce superficial. No empleado en la cuantificación.
080.132	LAS SERRANÍAS	M08.15.001	27262 T/A	15.12.01.01	Río Tuejar: Cabecera - Bco. Prado	10,93	01/04/1994 - 17/02/2008	Corresponde con dos puntos de medición, situados en un cauce superficial y en una acequia. No empleado en la cuantificación

Tabla 5. Estaciones de la Red Oficial de Hidrometría que no se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por estar situadas sobre cauces fluviales.

2.3.2. PUNTOS DEL INVENTARIO DE LA GUARDERÍA FLUVIAL UTILIZADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS PUNTUALES HACIA CAUCES FLUVIALES

Para la cuantificación de las descargas puntuales a cauces fluviales se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión los datos de 193 manantiales procedentes del Inventario de la Guardería Fluvial de la Confederación Hidrográfica del Júcar, de los que 186 se localizan en el ámbito de las MASUB y 7 se ubican en zonas impermeables o acuíferos de interés local. En la mayoría de los casos se dispone de una o dos mediciones de caudal por punto, que se realizaron en los trabajos de campo del inventario (periodo 2004-2005), por lo que los caudales estimados se han considerado como una primera aproximación que puede ser útil como referencia para posteriores estudios de detalle.

En la Tabla 6 se resume la distribución de los 186 puntos de la Guardería Fluvial que se localizan en el ámbito de las MASUB, que se presentan agrupados según las masas de agua superficial (MAS) que reciben las descargas, junto con la estimación de los caudales drenados.

MASUB geográfica asociada		Masa agua superficial receptora		Número de manantiales	Caudal estimado (hm³/año)	Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre				
080.104	MOSQUERUELA	10.12.01.02.01.01	Río Monleón: Cabecera - Bco Forcall	67	0,32	74	0,95
		10.07.02.02	Río Villahermosa: Bco. Canaleta - Bco. Cimorreta	7	0,63		
080.105	PUERTOS DE BECEITE	03.01	Río Servol: Cabecera - Bco. Barsella	2	1,26	4	2,99
		01.03	Río Cenia: E. Ulldecona - La Sénia	2	1,73		
080.123	ALPUENTE	15.09	Río Turia: El Villarejo - E. Benagéber	1	0,63	1	0,63
080.126	ONDA - ESPADÁN	11.01	Río Veo	1	0,95	1	0,95
080.127	PLANA DE CASTELLÓN	11.01	Río Veo	1	1,10	1	1,10
080.129	MANCHA ORIENTAL	18.12	Río Júcar: Los Guardas - Río Valdemembra	4	3,75	22	6,32
		18.12.01.03	Río Valdemembra: Quintanar del Rey - Río Júcar	1	0,79		
		18.16	Río Júcar: Ayo. Ledaña - Alcalá del Júcar	4	0,08		
		18.15.01.02	Ayo Ledaña	13	1,70		
080.130	MEDIO PALANCIA	12.01	Río Belcaire	1	3,15	2	6,31
		13.08	Río Palancia: E. Algar - Az. Ac. Mayor Sagunto	1	3,15		
080.132	LAS SERRANÍAS	15.12.01.02	Río Tuejar: Bco. Prado - E. Loriguilla	14	0,78	15	2,36
		15.13.01.01	Río Sot: Cabecera - E. Buseo	1	1,58		
080.135	HOCES DEL CABRIEL	18.21.01.09	Río Cabriel: Rbla. S. Pedro - Villatoya	1	0,95	5	3,63
		18.21.01.10	Río Cabriel: Villatoya - E. Embarcaderos	4	2,68		
080.137	ARCO DE ALCARAZ	18.14.01.03.01.01	Río Mirón: Cabecera - Rba. Fuentecarrasca	3	0,04	3	0,04
080.138	ALPERA (CARCELÉN)	18.20.02.01	Río Reconque	3	5,20	3	5,20
080.140	BUÑOL - CHESTE	16.01	Rbla. Poyo: Cabecera - Bco. Cavalls	3	0,44	3	0,44
080.145	CAROCH NORTE	18.27	Río Júcar: Az. Ac. Escalona - Az. Antella	1	0,63	1	0,63
080.147	CAROCH SUR	18.29.01.03.01.01	Río Cáñoles: Cabecera - Canals	1	1,04	1	1,04
080.155	VALLE DE ALBAIDA	18.29.01.01	Río Albaida: Cabecera - E. Bellús	13	1,39	26	3,98
		18.29.01.01.01.01	Río Clariano	6	0,44		
		18.29.01.02.01.01	Río Micena	7	2,14		
080.161	VOLCADORES - ALBAIDA	18.29.01.01	Río Albaida: Cabecera - E. Bellús	1	1,51	1	1,51
080.162	ALMIRANTE MUSTALLA	21.05.01.01	Bco. Encantada	3	0,03	4	0,41
		22.01	Rbla. Gallinera: Cabecera - Oliva	1	0,38		
080.170	SALT SANT CRISTOBAL	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	1	0,19	1	0,19
080.175	HOYA DE CASTALLA	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	4	0,44	4	0,44
080.176	BARRANCONES - CARRASQUETA	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	1	0,35	7	0,91
		30.03.01.01	Río Jijona	6	0,57		
080.177	SIERRA AITANA	28.02.01.03	Río Guadalest: Callosa d'En Sarrià - Río Algar	1	0,50	1	0,50
080.178	SERRELLA - AIXORTA - ALGAR	27.01	Río Gorgos: Cabecera - Bco. del Cresol	2	0,02	2	0,02

MASUB geográfica asociada		Masa agua superficial receptora		Número de manantiales	Caudal estimado (hm³/año)	Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre				
080.183	ORCHETA	30.03.01.01	Río Jijona	4	0,38	4	0,38

Tabla 6. Manantiales del Inventario de la Guardería Fluvial que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en el ámbito de las masas de agua subterránea.

En la Tabla 7 se muestra la distribución de otros 7 puntos del Inventario de la Guardería Fluvial que se localizan geográficamente en zonas impermeables o acuíferos de interés local y que drenan hacia cauces fluviales situados en el ámbito de MASUB colindantes.

Impermeable o acuífero de interés local		MASUB descarga asociada		Masa agua superficial receptora		Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre		
080.910	Impermeable o acuífero de interés local 10	080.102	JAVALAMBRE OCCIDENTAL	15.08	Río Turia: Río Arcos - El Villarejo	2	22,08
080.912	Impermeable o acuífero de interés local 12	080.139	CABRILLAS - MALACARA	18.32.01.05.01.01	Río Mijares (Magro)	1	16,49
080.914	Impermeable o acuífero de interés local 14	080.135	HOCES DEL CABRIEL	18.21.01.10	Río Cabriel: Villatoya - E. Embarcaderos	1	0,63
080.921	Impermeable o acuífero de interés local 21	080.176	BARRANCONES - CARRASQUETA	30.03.01.01	Río Jijona	2	0,19
080.922	Impermeable o acuífero de interés local 22	080.177	SIERRA AITANA	28.02.01.03	Río Guadalest: Callosa d'En Sarrià - Río Algar	1	0,32

Tabla 7. Manantiales del Inventario de la Guardería Fluvial que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en zonas impermeables o acuíferos de interés local.

2.3.3. PUNTOS DEL INVENTARIO DE MANANTIALES DEL IGME UTILIZADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS PUNTUALES HACIA CAUCES FLUVIALES

En la cuantificación de las descargas puntuales de la Actividad 4 se han tenido en cuenta los datos de aforos de 347 manantiales que se incorporaron a la base documental del IGME entre los años 1970 y 2000. Estos puntos presentan uno o dos datos históricos de caudal, que se corresponden en la mayoría de los casos con las fechas en que se incorporaron al inventario, por lo que la cuantificación de estas descargas se ha considerado únicamente como una primera estimación que deberá ser actualizada en posteriores estudios de detalle.

En la Tabla 8 se resume la distribución de los 334 manantiales de la base documental del IGME que se localizan en el ámbito de las MASUB, así como la correspondencia que presentan con las masas de agua superficial (MAS) que reciben las descargas y la estimación de los caudales drenados.

MASUB geográfica asociada		Masa agua superficial (MAS) receptora		Número de manantiales	Caudal estimado (hm³/año)	Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre				
080.101	HOYA DE ALFAMBRA	15.04.01.01	Río Alfambra: Cabecera - Rbla. Hoz	6	7,73	6	7,73
080.103	JAVALAMBRE ORIENTAL	15.04.01.01	Río Alfambra: Cabecera - Rbla. Hoz	1	2,21	1	2,21
080.104	MOSQUERUELA	15.04.01.01	Río Alfambra: Cabecera - Rbla. Hoz	2	0,16	2	0,16
080.105	PUERTOS DE BECEITE	05.02	Río Cervera: Bco. Espadella - Mar	1	1,24	1	1,24
080.108	MAESTRAZGO OCCIDENTAL	10.07.02.03	Río Villahermosa: Bco. Cimorreta - Villahermosa	1	1,51	1	1,51
080.112	HOYA DE TERUEL	15.07	Río Turia: Rbla. Barrancón - Río Arcos	1	1,58	1	1,58
080.115	MONTES UNIVERSALES	15.01	Río Guadalaviar (Turia): Cabecera - Rbla. Monterde	6	16,62	9	30,51
		18.21.01.01	Río Cabriel: Cabecera - Solana Antón	2	7,41		
		18.21.01.04.01.01.01	Río Campillos	1	6,48		
080.117	JURÁSICO DE UÑA	18.03	E. La Toba	1	1,73	4	35,40
		18.04	Río Júcar: E. La Toba - Az. Villalba	3	33,67		
080.118	CRETÁCICO DE CUENCA NORTE	18.05	Río Júcar: Az. Villalba - Río Huécar	1	0,80	22	33,34
		18.05.01.01	Río Valdecabras	2	2,21		
		18.05.03.01	Río Huécar: Cabecera - Az. Pajosa	2	8,06		
		18.05.03.02	Río Huécar: Az. Pajosa - Cuenca	1	4,73		
		18.06.01.01	Río Moscas: La. Fuentes 2 - Río Júcar	1	0,98		
		18.06.01.02	Río Moscas. Cabecera - La. Fuentes 2	1	3,15		
		18.21.01.04	Río Cabriel: Río Mayor del Molinillo - E. Bujioso	2	2,57		
		18.21.01.06.01.01	Río Guadazaón: Cabecera - Ayo. Prado Olmeda	9	8,86		
		18.21.01.06.01.02	Río Guadazaón: Ayo. Prado Olmeda - E. Contreras	3	1,99		
080.119	TERCIARIO DE ALARCÓN	18.06	Río Júcar: Río Huécar - E. Alarcón	2	1,58	7	6,23
		18.06.02.01	Río Chillarón	2	2,05		
		18.07.02.01	Ayo. Riato	3	2,61		
080.120	CRETÁCICO DE CUENCA SUR	18.06	Río Júcar: Río Huécar - E. Alarcón	2	7,92	20	13,90
		18.07.04.03	Río Gritos: Valera de Abajo - E. Alarcón	4	1,31		
		18.21.01.06.01.02.01.01	Ayo. de la Vega	4	1,57		
		18.21.01.07	E. Contreras	10	3,09		
080.121	JURÁSICO DE CARDENETE	18.21.01.06.01.02	Río Guadazaón: Ayo. Prado Olmeda - E. Contreras	1	11,59	1	11,59
080.122	VALLANCA	18.21.01.03	Río Cabriel: Rba. Masegarejo - Río Mayor del Molinillo	1	1,58	3	24,28
		18.21.01.07.02.01	Río Ojos de Moya: Cabecera - Bco. Sierra del Agua	2	22,71		
080.123	ALPUENTE	15.09	Río Turia: El Villarejo - E. Benagéber	1	0,63	2	26,38
		15.12.01.01	Río Tuejar: Cabecera - Bco. Prado	1	25,75		
080.125	JÉRICA	13.05	Río Palancia: E. Regajo - Rbla. Seca	2	2,84	2	2,84

MASUB geográfica asociada		Masa agua superficial (MAS) receptora		Número de manantiales	Caudal estimado (hm³/año)	Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre				
080.126	ONDA - ESPADÁN	10.07.01.01	Río Pequeño	2	2,95	8	10,09
		11.01	Río Veo	5	6,04		
		13.05	Río Palancia: E. Regajo - Rbla. Seca	1	1,09		
080.129	MANCHA ORIENTAL	18.12	Río Júcar: Los Guardas - Río Valdemembra	13	8,93	86	72,23
		18.12.01.02	Río Valdemembra: Motilla del Palancar - Quintanar del Rey	1	1,10		
		18.12.01.03	Río Valdemembra: Quintanar del Rey - Río Júcar	1	12,61		
		18.13	Río Júcar: Río Valdemembra - Bco. Espino	7	32,32		
		18.15.01.02	Ayo Ledaña	12	0,79		
		18.16	Río Júcar: Ayo. Ledaña - Alcalá del Júcar	3	7,88		
		18.16.02.01	Rbla. Carcelén	46	4,18		
		18.20	Río Júcar: E. Molinar - E. Embarcaderos	1	1,26		
		18.21.01.10.02.01	Rbla. de Ves	2	3,15		
080.130	MEDIO PALANCIA	13.05	Río Palancia: E. Regajo - Rbla. Seca	2	1,42	3	2,05
		14.01	Barranco Carraixet	1	0,63		
080.132	LAS SERRANÍAS	15.12.01.01	Río Tuejar: Cabecera - Bco. Prado	1	3,15	6	5,52
		15.12.01.02	Río Tuejar: Bco. Prado - E. Loriguilla	4	1,10		
		15.14	Río Turia: Río Sot - Bco. Teulada	1	1,26		
080.135	HOCES DEL CABRIEL	18.21.01.10	Río Cabriel: Villatoya - E. Embarcaderos	2	0,06	2	0,06
080.136	LEZUZA - EL JARDÍN	18.14.01.01	Río Arquillo: Cabecera - Laguna Arquillo	4	2,05	14	7,85
		18.14.01.02	Río Arquillo: Laguna Arquillo - Az. Carrasca Sombrero	1	1,58		
		33.01	Río Lezuza	9	4,23		
080.137	ARCO DE ALCARAZ	18.14.01.01	Río Arquillo: Cabecera - Laguna Arquillo	9	0,71	68	3,71
		18.14.01.02	Río Arquillo: Laguna Arquillo - Az. Carrasca Sombrero	21	1,00		
		18.14.01.03.01.01	Río Mirón: Cabecera - Rba. Fuentecarrasca	38	2,00		
080.138	ALPERA (CARCELÉN)	18.20.02.01	Río Reconque	4	6,94	4	6,94
080.140	BUÑOL - CHESTE	16.01	Rbla. Poyo: Cabecera - Bco. Cavalls	2	3,15	2	3,15
080.145	CAROCH NORTE	18.20.02.01	Río Reconque	3	3,15	3	3,15
080.147	CAROCH SUR	18.25.01.01	Río Escalona: Cabecera - E. Escalona	1	2,52	1	2,52
080.155	VALLE DE ALBAIDA	18.29.01.01	Río Albaida: Cabecera - E. Bellús	2	0,05	8	1,74
		18.29.01.01.01.01	Río Clariano	6	1,70		
080.161	VOLCADORES - ALBAIDA	18.29.01.01	Río Albaida: Cabecera - E. Bellús	1	1,58	1	1,58
080.162	ALMIRANTE MUSTALLA	21.05.01.01	Bco. Encantada	1	0,32	4	3,55
		21.07	Río Serpis: Reprimala - Bco. Murta	1	3,15		
		22.01	Rbla. Gallinera: Cabecera - Oliva	2	0,08		

MASUB geográfica asociada		Masa agua superficial (MAS) receptora		Número de manantiales	Caudal estimado (hm³/año)	Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre				
080.163	OLIVA - PEGO	23.01	Río Vedat	2	13,57	3	15,55
		24.01	Río Revolta: Cabecera - Marjal Pego-Oliva	1	1,98		
080.164	ONDARA - DENIA	25.02	Río Girona: E. Isbert - Mar	3	6,04	4	12,35
		26.01	Bco. Alberca	1	6,31		
080.166	PEÑÓN - BERNIA	26.01	Bco. Alberca	1	0,63	1	0,63
080.167	ALFARO - SEGARIA	21.03.01.01	Río Vallaseta	1	0,48	8	3,60
		23.01	Río Vedat	1	2,52		
		25.01	Río Girona: Cabecera - E. Isbert	6	0,60		
080.168	MEDIODÍA	25.02	Río Girona: E. Isbert - Mar	4	12,50	4	12,50
080.169	MURO DE ALCOY	21.03	Río Serpis: EDAR Alcoy - E. Beniarrés	2	1,42	2	1,42
080.170	SALT SANT CRISTOBAL	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	2	0,30	2	0,30
080.171	SIERRA MARIOLA	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	1	0,12	2	1,13
		31.01	Río Vinalopó: Cabecera - Campo Oro	1	1,01		
080.175	HOYA DE CASTALLA	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	4	0,55	4	0,55
080.176	BARRANCONES - CARRASQUETA	30.01	Río Monegre: Cabecera - E. Tibi	2	1,24	4	11,55
		21.02	Río Serpis: Pont Set Llunes - EDAR Alcoy	2	10,31		
080.177	SIERRA AITANA	28.02.01.02	Río Guadalest: E. Guadalest - Callosa d'En Sarrià	1	1,77	5	4,54
		28.02.01.03	Río Guadalest: Callosa d'En Sarrià - Río Algar	2	0,60		
		29.02.01.01	Río Sella: Cabecera - E. Amadorio	2	2,18		
080.178	SERRELLA - AIXORTA - ALGAR	27.01	Río Gorgos: Cabecera - Bco. del Cresol	1	0,30	3	3,14
		28.02	Río Algar: Río Bollulla - Río Guadalest	2	2,84		

Tabla 8. Manantiales del Inventario de manantiales del IGME que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en el ámbito de las masas de agua subterránea.

En la Tabla 9 se muestra la correspondencia de otros 13 puntos del inventario de manantiales del IGME que se localizan geográficamente en zonas impermeables o acuíferos de interés local y que drenan hacia cauces fluviales situados en el ámbito de MASUB colindantes.

Impermeable o acuífero de interés local		MASUB descarga asociada		Masa agua superficial receptora		Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre		
080.905	Impermeable o acuífero de interés local 05	080.113	ARQUILLO	15.05	Río Turia: Río Alfambra - Rbla. Matanza	2	5,71
080.910	Impermeable o acuífero de interés local 10	080.102	JAVALAMBRE OCCIDENTAL	15.08	Río Turia: Río Arcos - El Villarejo	2	50,46
080.914	Impermeable o acuífero de interés local 14	080.135	HOCES DEL CABRIEL	18.21.01.10	Río Cabriel: Villatoya - E. Embarcaderos	1	0,79
		080.138	ALPERA (CARCELÉN)	18.20.02.01	Río Reconque	1	0,95

Impermeable o acuífero de interés local		MASUB descarga asociada		Masa agua superficial receptora		Número total de manantiales	Caudal total estimado (hm³/año)
Código	Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre		
080.922	Impermeable o acuífero de interés local 22	080.177	SIERRA AITANA	28.02.01.03	Río Guadalest: Callosa d'En Sarrià - Río Algar	7	22,67

Tabla 9. Manantiales del Inventario de manantiales del IGME que se han considerado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar la relación río-acuífero por descargas puntuales en zonas impermeables o acuíferos de interés local.

2.4. INTEGRACIÓN DE LOS DATOS DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN 'HUMEDAL-ACUÍFERO' EN LOS HUMEDALES DE ESPECIAL INTERÉS HÍDRICO ESTUDIADOS EN LA ENCOMIENDA DE GESTIÓN

En este estudio se han incorporado a los archivos de intercambio los datos de la Actividad 4 correspondientes a los 25 humedales en que se ha efectuado un estudio específico para caracterizar su interrelación hídrica con las formaciones geológicas permeables. Esta información ha permitido identificar las MASUB con las que están vinculadas estos humedales, tanto geográfica como hidrogeológicamente, así como la relación de piezómetros, hidrómetros y manantiales inventariados con los que se ha caracterizado su funcionamiento hidrodinámico. En el estudio de la información de los hidrómetros se han diferenciado los puntos que permiten cuantificar las descargas (directas o indirectas) hacia los humedales, y los que controlan el drenaje desde éstos hacia los cauces fluviales o al mar.

2.4.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES ESTUDIADOS

En la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se ha efectuado un estudio específico de la interrelación humedal-MASUB en una relación de 25 humedales o “zonas húmedas” (consideradas de forma individual o en complejos lagunares) que se han considerado de especial relevancia hídrica por presentar, al menos, uno de los siguientes criterios o clasificaciones:

- Humedal incluido en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar.
- Humedal correspondiente a las masas de agua superficial de las categorías “lagos” o “de transición” con aportación de aguas continentales (aguas dulces), que pueden estar asociadas a Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) o a Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs) de la Red Natura 2000.
- Humedal que está conectado con unidades hidrogeológicas y que presenta una superficie máxima igual o superior a 10 hectáreas, conforme a la relación incluida en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPTMA-MINER, 1994).

En la Tabla 10 se resume el resultado obtenido en el estudio de caracterización del funcionamiento hidrodinámico de estos humedales.

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Tipo de humedal	MASUB geográfica asociada	MASUB descarga lateral asociada (acuífero de borde)	Observaciones
081.0001	L01	Prat de Cabanes	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.110 Plana de Oropesa-Torreblanca	080.109 Maestrazgo Oriental	-
081.0002	L02	Marjal y Estanys d'Almenara	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.127 Plana de Castellón 080.128 Sagunto	080.130 Medio Palancia	-
081.0003	L03	Marjal dels Moros	Humedal hipogénico indiferenciado	080.128 Plana de Sagunto	-	-
081.0004	L04	Marjal de Rafalell y Vistabella	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.141 Plana de Valencia Norte	-	-
081.0005	L05	Laguna de Talayuelas	Humedal hipogénico indiferenciado	080.134 Mira	-	-
081.0006	L06	L'Albufera de Valencia	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.141 Plana de Valencia Norte 080.142 Plana de Valencia Sur	-	-
081.0007	L07	Laguna de Uña	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.117Jurásico de Uña	-	-
081.0008	L08	Laguna del Arquillo	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.136 Lezuza-El Jardín	-	-
081.0009	L09	Laguna Ojos de Villaverde	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.136 Lezuza-El Jardín	-	-
081.0010	L10	Laguna de Ontalafia	Sin relación con la FGP	080.129 Mancha Oriental	-	-
081.0011	L11a y L11b	Complejo lagunar de Fuentes	Humedal con alimentación subterránea mixta (vertical y externa)	080.118 Cretácico de Cuenca Norte	-	La caracterización del humedal se ha realizado a partir de la información bibliográfica, en la que se describen dos de las cinco lagunas que forman parte del Complejo Lagunar de Fuentes.
081.0012	L12	Complejo lagunar de las Torcas de Cañada Hoyo	Humedal hipogénico ganador	080.118 Cretácico de Cuenca Norte	-	-
081.0013	L13	Complejo lagunar de Arcas/Ballesteros	Humedal hipogénico ganador	080.119 Terciario de Alarcón	-	-
081.0014	L14	Laguna del Marquesado	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.115 Montes Universales	-	
081.0015	L15	Marjal de La Safor	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.151 Plana de Jaraco	080.153 Marchuquera-Falconera	-
081.0016	L16	Marjal de Pego-Oliva	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.163 Oliva-Pego	080.162 Almirante Mustalla 080.167 Alfaro-Segaria	-
081.0017	L17	Els Bassars - Clot de Galvany	Humedal hipogénico indiferenciado	080.190 Bajo Vinalopó	-	-
081.0018	T0302	Salinas de Santa Pola	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.190 Bajo Vinalopó	-	La caracterización del humedal Salinas de Santa Pola se refiere a la poligonal de la masa superficial tipo "aguas de transición" (T0302), que coincide con los límites del Parque Natural y no exclusivamente con la poligonal de la laguna costera utilizada como salina.

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Tipo de humedal	MASUB geográfica asociada	MASUB descarga lateral asociada (acuífero de borde)	Observaciones
081.0019	T0201	Desembocadura del Júcar	Humedal hipogénico ganador	080.142 Plana de Valencia Sur	-	-
081.0020	T0202	Estany de Cullera	Humedal con alimentación subterránea mixta(vertical y externa)	080.151 Plana de Jaraco	-	-
081.0021	-	Laguna y Saleros de Villena	Humedal hipogénico perdedor	080.173 Sierra del Castellar	-	Hasta principios del siglo XX el humedal recibía las descargas de los manantiales que vertían hacia la cubeta tectónica de la Laguna de Villena. En la actualidad sólo presenta lámina de agua después de fuertes lluvias.
081.0022	-	Laguna de Salinas	Humedal hipogénico perdedor	080.181 Sierra de Salinas	-	Según la información disponible cabe suponer que en régimen natural el humedal presentaba un modo de alimentación mixto (superficial y subterráneo).
081.0023	L18*	Balsa de San Lorenzo	Humedal hipogénico indiferenciado	080.142 Plana de Valencia Sur	-	*La Balsa de San Lorenzo se considera actualmente incluida en la agrupación de "Ullals de L'Albufera" (lago L18).
081.0024	-	Marjal de Peñíscola	Humedal con alimentación subterránea mixta (vertical y externa)	080.107 Plana de Vinaroz	080.109 Maestrazgo Oriental	-
081.0025	-	Laguna del Acequión	Humedal hipogénico perdedor	080.129 Mancha Oriental	-	-

Tabla 10. Humedales de especial interés hídrico en los que se ha efectuado un estudio detallado de caracterización hidrogeológica en los trabajos de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión

2.4.2. PIEZÓMETROS DE CONTROL DEL NIVEL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ENTORNO DE LOS HUMEDALES ESTUDIADOS

A partir de los resultados de la Actividad 4 se ha generado un archivo con la relación de los piezómetros que permiten efectuar un seguimiento de la evolución del nivel de las aguas subterráneas en las proximidades de los humedales estudiados.

En la Tabla 11 se presenta la relación de piezómetros que se consideran asociados al control de niveles piezométricos en el entorno de cada humedal, con indicación de la correspondencia entre los códigos de inventario del IGME y de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Piezómetros en el entorno del humedal y correspondencias IGME-CHJ	Observaciones
081.0001	L01	Prat de Cabanes	08.11.004 CHJ 312350017 IGME-08.11.012 CHJ 312410013 IGME-08.11.023 CHJ 312410017 IGME-08.11.024 CHJ 312420019 IGME-08.11.025 CHJ 312410021 IGME-08.11.027 CHJ	En el entorno del humedal también se dispone de información de los piezómetros de la red histórica del IGME.
081.0002	L02	Marjal y Estanys d'Almenara	08.12.017 CHJ 292640012 IGME-08.12.020 CHJ 302650003 IGME-08.21.034 CHJ	En el entorno del humedal también se dispone de información del piezómetro de la red histórica del IGME con código 292680024.
081.0003	L03	Marjal dels Moros	292730028 IGME-08.21.024 CHJ 292740053 IGME-08.21.032 CHJ	
081.0004	L04	Marjal de Rafalell y Vistabella	292770114 IGME -08.25.018 CHJ 292730086 IGME-08.25.009 CHJ 292770001 IGME	

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Piezómetros en el entorno del humedal y correspondencias IGME-CHJ	Observaciones
081.0006	L06	L'Albufera de Valencia	292860002 IGME-08.25.035 CHJ 08.25.094 CHJ 08.25.095 CHJ 08.26.015 CHJ 08.26.103 CHJ 08.26.104 CHJ 08.26.105 CHJ	
081.0010	L10	Laguna de Ontalafia	-	Los piezómetros más cercanos al humedal pertenecen a la red histórica del IGME con códigos 253250044 y 253250046. No se han considerado como puntos representativos para el control de los niveles en la laguna, ya que se encuentran bastante alejados de ésta.
081.0015	L15	Marjal de La Safor	08.38.020 CHJ 293080049 IGME-08.38.068 CHJ 303050001 IGME-08.38.069 CHJ 303110003 IGME-08.38.070 CHJ	Además existen otros piezómetros próximos, con los siguientes códigos: 303160001 IGME-08.37.027 CHJ 303160007 IGME-08.39.020 CHJ 303160008 IGME-08.39.021 CHJ 303160009 IGME-08.38.024 CHJ 303160066 IGME-08.38.028 CHJ 303160115 IGME, 303160116 IGME y 303160117 IGME
081.0016	L16	Marjal de Pego-Oliva	303160009 IGME-08.38.024 CHJ 08.38.013 CHJ 303160066 IGME-08.38.028 CHJ 303160008 IGME-08.39.021 CHJ 303160001 IGME-08.37.027 CHJ 08.38.014 CHJ 303160007 IGME-08.39.020 CHJ 303160113 IGME 303160114 IGME	Además existen otros piezómetros pertenecientes al IGME con los siguientes códigos: 303160115, 303160116, 303160117.
081.0019	T0201	Desembocadura del Júcar	08.26.018 CHJ (Red operativa)	También se dispone de la serie de medidas del piezómetro con código 292980001de la red histórica del IGME.
081.0020	T0202	Estany de Cullera	293030089 IGME	
081.0021	-	Laguna y Saleros de Villena	273330009 IGME-08.35.003 CHJ 08.35.002 CHJ 273340004 IGME	
081.0022	-	Laguna de Salinas	273380053 IGME-08.42.005 CHJ	
081.0023	-	Balsa de San Lorenzo	292980007 IGME-08.26.041 CHJ	Además se dispone de información del piezómetro de la red histórica del IGME con código 292980008.
081.0024	-	Marjal de Peñíscola	312280019 IGME-08.10.026 CHJ 312270019 IGME	
081.0025	-	Laguna del Acequión	243060012 IGME-08.29.062 CHJ	Además se dispone de información del piezómetro de la red histórica del IGME, con código 243060031.

Tabla 11. Piezómetros que controlan el nivel de las aguas subterráneas en el entorno de los humedales estudiados.

2.4.3. PUNTOS DE CONTROL UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LAS DESCARGAS DE MANANTIALES E HIDRÓMETROS HACIA LOS HUMEDALES

En los trabajos de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se ha identificado un total de 32 puntos de control de las descargas subterráneas hacia los humedales estudiados. En 4 de estos puntos la descarga se produce directamente en el interior del humedal, mientras que los 28 puntos restantes la descarga llega hasta el humedal a través de cauces fluviales o escorrentía superficial.

Los puntos de cuantificación de las descargas directas se localizan en el Marjal y Estanys d'Almenara y en el Complejo lagunar de Fuentes, conforme se muestra en la Tabla 12. Cabe destacar que el punto de control 08.21.002 es un hidrómetro operativo de la Red Oficial de Hidrometría de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Puntos de control de las descargas directas al humedal		
			Código	Caudal (l/s)	Periodo
081.0002	L02	Marjal y Estanys d'Almenara	08.21.002 CHJ 417 GF-CHJ 421 GF-CHJ	113,0 120,0 30,0	octubre 2007 - abril 2008 octubre 2004 octubre 2004
081.0011	L11a y L11b	Complejo lagunar de Fuentes	242520010 IGME	100,0	octubre 1978 - julio 1980

Tabla 12. Puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar las descargas directas de aguas subterráneas hacia los humedales estudiados.

Los puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 para la cuantificación de las descargas indirectas de aguas subterráneas se localizan en las proximidades de los humedales del Marjal y Estanys d'Almenara, Marjal de Rafalell y Vistabella, L'Albufera de Valencia, Laguna de Uña, Laguna del Arquillo, Laguna Ojos de Villaverde, Laguna del Marquesado, Marjal de Pego-Oliva y Estany de Cullera, según se describe en la Tabla 13.

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Puntos de control de las descargas indirectas al humedal			Observaciones
			Código	Caudal (l/s)	Periodo	
081.0002	L02	Marjal y Estanys d'Almenara	08.21.001 CHJ 419 GF-CHJ 422 GF-CHJ 423 GF-CHJ 292640034 IGME 292640035 IGME	262,0 30,0 120,0 300,0 25,0 274,0	septiembre 1972 - febrero 2008 octubre 2004 octubre 2004 octubre 2004 enero 1972 - marzo 1972 enero 1972 - marzo 1972	
081.0004	L04	Marjal de Rafalell y Vistabella	2152 GF-CHJ 2153 GF-CHJ	2,0 1,0	junio 2005 junio 2005	
081.0006	L06	L'Albufera de Valencia	M08.26.002 CHJ M08.26.003 CHJ M08.26.004	10,0 12,0 0,17	febrero 2006 - febrero 2008 marzo 2006 - abril 2008 febrero 2006 - febrero 2008	
081.0007	L07	Laguna de Uña	242370004 IGME	300,0	enero 1970 - agosto 1980	La descarga del manantial hacia el humedal se realiza de forma indirecta a través del Arroyo del Infierno.
081.0008	L08	Laguna del Arquillo	233260008 IGME 233260009 IGME 233260010 IGME 233260011 IGME	17,5 22,5 15,0 10,0	mayo 1970 mayo 1970 mayo 1970 mayo 1970	Los manantiales citados descargan total o parcialmente hacia el humedal de forma indirecta a través del río Arquillo.
081.0009	L09	Laguna Ojos de Villaverde	233160025 IGME 233160026 IGME 233220025 IGME 233220029 IGME	20,0 13,0 25,0 30,0	abril 1970 abril 1970 junio 1970 marzo 1970	Los manantiales citados descargan total o parcialmente hacia el humedal a través del arroyo que descarga en la laguna.
081.0014	L14	Laguna del Marquesado	252370005 IGME	1,6	enero 1975	El manantial citado descarga total o parcialmente hacia el humedal de forma indirecta a través del arroyo Soto.
081.0016	L16	Marjal de Pego-Oliva	303160001 IGME 303160002 IGME 303160003 IGME 1031 GF-CHJ 1032 GF-CHJ 303210005 IGME	56,0 63,0 374,0 2,0 6l0,0 80,0	octubre 2000 - diciembre 2002 diciembre 2000 - diciembre 2002 octubre 2000 - noviembre 2002 junio 2004 julio 2005 noviembre 1973	

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Puntos de control de las descargas indirectas al humedal			Observaciones
			Código	Caudal (l/s)	Periodo	
081.020	T0202	Estany de Cullera	293030085 IGME	11,6	enero 1972 - noviembre 1972	

Tabla 13. Puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar las descargas indirectas de aguas subterráneas hacia los humedales estudiados.

2.4.4. PUNTOS DE CONTROL UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS DRENAJES HACIA CAUCES O AL MAR DESDE LOS HUMEDALES

En la Actividad 4 de la Encomienda de gestión se han identificado 7 puntos de control de los drenajes o salidas de agua que se producen desde los humedales hacia los cauces fluviales o al mar. Estos puntos se localizan en el entorno de L'Albufera de Valencia (3 estaciones pertenecientes a la Red de control específica del Programa Agua en L'Albufera), en el Marjal de Pego-Oliva (3 hidrómetros de la Red Oficial de Hidrometría) y en el Marjal de Peñíscola (un hidrómetro de la Red Oficial de Hidrometría), conforme se muestra en la Tabla 14.

Código humedal EG04	Código humedal CHJ (MAS)	Nombre del humedal	Puntos de control de drenajes del humedal			Observaciones
			Código	Caudal (l/s)	Periodo	
081.0006	L06	L'Albufera de Valencia	08A02 Pujol CHJ 08A03 Perellonet CHJ 08A04 Perelló CHJ	2.770 2.370 3.150	diciembre 2005 - diciembre 2008 agosto 2006 - diciembre 2008 agosto 2006 - diciembre 2008	Controlan el drenaje desde el humedal 081.0006 L'Albufera de Valencia (lago L06) hacia el mar Mediterráneo. En la página web www.programaaguaalbufera.es se recogen los datos de caudales medios mensuales de entrada al lago de L'Albufera a través de dos acequias.
081.0016	L16	Marjal de Pego-Oliva	M08.38.001 Bullent CHJ M08.38.002 Barranquet CHJ M08.38.003 Racons CHJ	1.608 606 1.472	1973 - 2008 1974 - 2008 1973 - 2008	Los hidrómetros de Bullens y Racons controlan el drenaje desde el humedal 081.0016 Marjal de Pego-Oliva (lago L16) hacia el mar Mediterráneo. El hidrómetro Barranquet controla el drenaje hacia el río Racons o Molinell.
081.0024	-	Marjal de Peñíscola	M08.07.001 CHJ	620	junio 1973 - febrero 2008	Controlan el drenaje desde el humedal 081.0024 Marjal de Peñíscola hacia el mar Mediterráneo.

Tabla 14. Puntos de control que se han utilizado en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para cuantificar los drenajes hacia cauces o al mar desde los humedales estudiados.

La información relacionada con la caracterización y cuantificación de la relación humedal-MASUB en estos 25 humedales se ha recogido en una cobertura digital para facilitar su representación cartográfica y su integración en el sistema de información hidrológica Geshidro. Los campos de información que incorpora la base de datos asociada a esta cobertura digital se describen en el Anejo 3.

La información contenida en esta cobertura digital también permite identificar el modelo conceptual de la relación humedal-MASUB que se ha asignado a los 25 humedales estudiados en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión (campos 'Modhum_ID' y 'Nom_Modhum' de la base de datos asociada).

Como se muestra en la Tabla 15, el modelo conceptual que regula la relación entre el humedal (MAS) y la formación geológica permeable de la MASUB considera 9 modelos principales (letras A – I), teniendo en cuenta el tipo de flujo predominante (vertical, horizontal o mixto) y el origen del humedal (natural o antrópico).

TABLA AUXILIAR	MSPFACUIF_MODCON	*Describe el modelo conceptual que regula la relación humedal(MAS)-acuífero(FGP)*	*LEYENDA MAPA SINÓPTICO HUMEDAL-ACUÍFEROS*	
MODHUM_ID	NOM_MODHUM	DESCRIPCIÓN COMPLEMENTARIA	COD_MODHUM	TIT_HUM
401	Flujo vertical estricto positivo	El humedal recibe una aportación procedente de la descarga del acuífero subyacente	A	Humedal Hipogénico ganador
410	Flujo vertical profundo positivo	El humedal recibe una cierta alimentación desde un acuífero profundo a favor del un flujo vertical que está condiciona por la presencia de una formación de comportamiento acuitardo existente entre el fondo del humedal y el acuífero profundo subyacente		
402	Flujo vertical estricto negativo indiferenciado	El humedal se drena recargando el acuífero subyacente, pero se desconoce la relación hidráulica que se establece entre la lámina de agua en el humedal y la superficie piezométrica	B	Humedal Hipogénico perdedor
403	Flujo vertical estricto negativo con conexión directa	El humedal se drena recargando el acuífero subyacente y existe una conexión hidráulica directa entre la lámina de agua en el humedal y la superficie piezométrica		
404	Flujo vertical estricto negativo con conexión indirecta	El humedal se drena recargando el acuífero subyacente y existe una conexión hidráulica indirecta entre la lámina de agua en el humedal y la superficie piezométrica ("efecto ducha" o recarga a favor de sumideros)		
405	Flujo vertical estricto negativo con conexión fluctuante	El humedal se drena recargando el acuífero subyacente y existen datos que permiten fijar que la relación hidráulica, entre la lámina de agua en el humedal y la superficie piezométrica, oscila (anualmente o de forma hiperanual) entre una relación directa e indirecta		
406	Flujo vertical estricto fluctuante	El humedal oscila (anualmente o de forma hiperanual) entre una situación en la que es alimentado por el acuífero subyacente o se drena recargando al acuífero subyacente	C	Humedal Hipogénico fluctuante
407	Flujo vertical estricto indiferenciado	Existe un flujo vertical entre el humedal y el acuífero subyacente pero se desconoce si es positivo o negativo	D	Humedal Hipogénico indiferenciado
430	Flujo horizontal positivo con descarga directa externa puntual	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga puntual (manantial o grupo de manantiales) situada fuera del ecotopo	E	Humedal con alimentación subterránea externa (flujo horizontal)
431	Flujo horizontal positivo con descarga directa externa difusa	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga difusa (río ganador) situada fuera del ecotopo		
432	Flujo horizontal positivo con descarga directa externa mixta	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga de tipo mixta (puntual –manantial o grupo de manantiales- + difusa -río ganador-) situada fuera del ecotopo		
440	Flujo horizontal positivo con descarga directa interna puntual	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga puntual (manantial o grupo de manantiales) situada dentro del ecotopo		
441	Flujo horizontal positivo con descarga directa interna difusa	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga difusa (río ganador) situada dentro del ecotopo		
442	Flujo horizontal positivo con descarga directa interna mixta	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga de tipo mixta (puntual –manantial o grupo de manantiales- + difusa -río ganador-) situada dentro del ecotopo		
450	Flujo horizontal positivo con descarga directa puntual	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga puntual (manantial o grupo de manantiales) pero se desconoce si esta se produce fuera o dentro de los límites del ecotopo		
451	Flujo horizontal positivo con descarga directa difusa	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga difusa (río ganador) pero se desconoce si esta se produce fuera o dentro de los límites del ecotopo		
452	Flujo horizontal positivo con descarga directa mixta	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero a favor de una descarga de tipo mixta (puntual –manantial o grupo de manantiales- + difusa -río ganador-) pero se desconoce si esta se produce fuera o dentro de los límites del ecotopo		
460	Flujo mixto positivo interno	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero como consecuencia de la confluencia de varios procesos (flujo vertical y flujo horizontal) que se desarrollan dentro del ecotopo	F	Humedal con alimentación subterránea mixta (vertical y externa)
461	Flujo mixto positivo externo	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero como consecuencia de la confluencia de varios procesos (flujo vertical y flujo horizontal), desarrollándose los procesos asociados al flujo horizontal fuera del ecotopo		
462	Flujo mixto positivo indiferenciado	El humedal recibe la alimentación desde el acuífero como consecuencia de la confluencia de varios procesos (flujo vertical y flujo horizontal), pero se desconoce si las descarga directas se producen dentro o fuera del ecotopo		
	Origen Antrópico	Humedales de origen antrópico tales como graveras, etc…	G	Origen Antrópico
490	Sin criterio hidrogeológico	Sin criterio hidrogeológico para clasificar el modelo conceptual que regula la relación humedal-acuífero	H	Sin criterio hidrogeológico
	Sin relación con la FGP	Humedales que no tienen una relación directa con la FGP, Ej: antiguo 420 (Flujo vertical peculiar). En los casos en que se sitúe sobre sustratos salinos, etc habrá que citarlo en el texto	I	Sin relación con la FGP

Tabla 15. Modelos conceptuales que regulan la relación entre los humedales y las formaciones geológicas permeables definidas en las masas de agua subterránea.

Aplicando la leyenda y las simbologías que se han definido en la Actividad 4 de la Encomienda de gestión para representar estos códigos se ha obtenido el mapa de la Figura 4, en el que se muestran los modelos conceptuales de la relación humedal-MASUB, así como la localización de los puntos de control asociados al estudio de estos humedales en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar

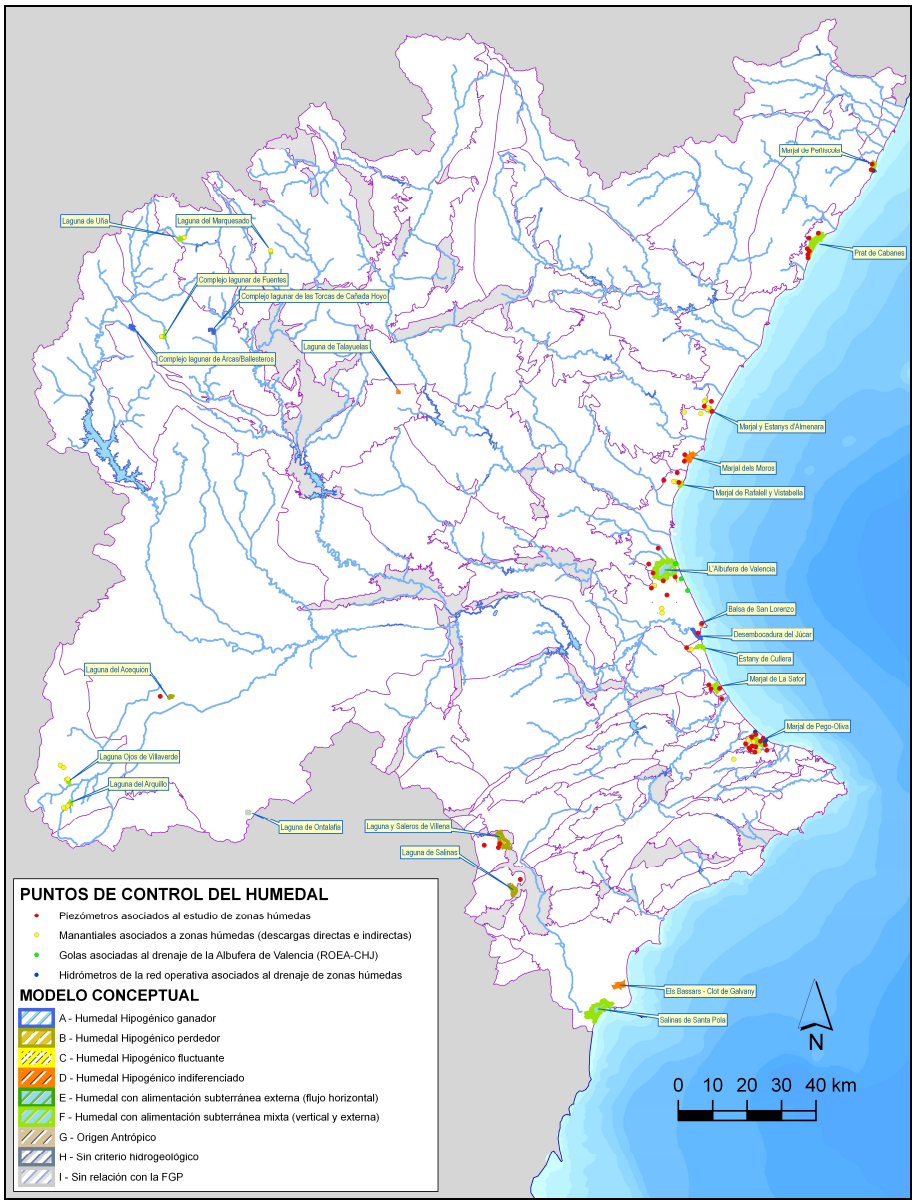


Figura 4. Mapa resumen del estudio de identificación, caracterización y cuantificación de la relación humedal-acuífero.

3. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE LA INTRUSIÓN EN LOS TRABAJOS DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

En cumplimiento de la normativa europea y española, la Confederación Hidrográfica del Júcar ha llevado a cabo los estudios para fijar los valores umbral en las MASUB designadas en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales. La evaluación del riesgo se efectuó inicialmente en el marco de los trabajos del "*Informe para la Comisión Europea sobre los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Demarcación Hidrográfica del Júcar. Abril de 2005. Confederación Hidrográfica del Júcar*" (CHJ, 2005), y posteriormente se revisó y adaptó a los contenidos de la Instrucción de planificación hidrológica según se detalla en el documento *"Trabajos de apoyo para la coordinación y el seguimiento de los estudios iniciales sobre sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas conforme a la Directiva Marco del Agua en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar"* (CHJ, 2009-b).

En el marco de los trabajos que la Confederación Hidrográfica del Júcar ha desarrollado para el estudio de estos valores umbral, ha correspondido a la Oficina de Planificación Hidrológica la determinación de los valores umbral para el receptor ambiental de la intrusión salina en las MASUB costeras designadas en riesgo. El establecimiento de estos valores umbral se ha basado en el tratamiento previo de la información, a partir de las bases de datos de calidad de las aguas subterráneas, y en la caracterización hidrogeológica e hidroquímica de cada MASUB costera, siguiendo el procedimiento y los criterios que ha propuesto la Dirección General del Agua.

Asimismo, la Oficina de Planificación Hidrológica ha llevado a cabo un estudio piloto en dos MASUB costeras, con el objetivo de establecer una metodología que, a partir del análisis de la correlación existente entre los parámetros de la intrusión y las salidas subterráneas al mar calculadas con el modelo PATRICAL (Pérez, 2005), permita estimar las restricciones ambientales o volumen de descargas que sería necesario mantener para cumplir los valores umbral del receptor ambiental de la intrusión salina en esas masas.

Se describen en los siguientes apartados los trabajos que se han llevado a cabo en esta materia.

3.1 DEFINICIÓN DE LOS VALORES UMBRAL PARA EL RECEPTOR AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS DESIGNADAS EN RIESGO EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

La Oficina de Planificación Hidrológica ha llevado a cabo los trabajos de definición de los valores umbral para el receptor ambiental de la intrusión salina en las MASUB costeras designadas en riesgo por intrusión en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. En los siguientes apartados se exponen la metodología de trabajo que se ha aplicado y los resultados obtenidos.

3.1.1 ANTECEDENTES

La Directiva 2006/118/CE[5], también conocida como Directiva de Aguas Subterráneas (DAS), ha establecido la regulación relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro en los Estados miembros, en desarrollo de las disposiciones que en esta materia recoge la Directiva Marco del Agua.

La DAS especifica en su artículo tercero, titulado "Criterios para evaluar el estado químico de las aguas subterráneas", que se deben establecer valores umbral "*de conformidad con el procedimiento descrito en la parte A del Anexo II para los contaminantes, grupos de contaminantes e indicadores de contaminación que, dentro del territorio de un Estado miembro, se hayan identificado como elementos que contribuyen a la caracterización de masas o grupos de masas de agua subterránea en riesgo, teniendo en cuenta como mínimo la lista que figura en la parte B del Anexo II".*

Por tanto, la necesidad de fijar valores umbral se centra en las MASUB que presentan un riesgo de no alcanzar el buen estado químico, y sólo para los contaminantes, grupos de contaminantes e indicadores de contaminación que hayan contribuido a su evaluación en riesgo químico, teniendo en cuenta como mínimo la lista que figura en la parte B del Anexo II de la DAS.

Con respecto a nitratos, plaguicidas individuales y plaguicidas totales, la DAS indica las correspondientes "normas de calidad" y, en consecuencia, no se establecen valores umbral para estas sustancias contaminantes.

También hay que tener en cuenta, que la DAS establece en su considerando 10 que *"las disposiciones relativas al estado químico de las aguas subterráneas no se aplican a las situaciones en que se dan niveles naturales elevados de sustancias o iones, o de sus indicadores, contenidos en una masa de agua subterránea o en masas asociadas de aguas superficiales, debidos a condiciones hidrogeológicas*

específicas no incluidas en la definición de «contaminación». Asimismo tampoco se aplican a los cambios, provisionales y limitados en el espacio, de la dirección del flujo y de la composición química, que no se consideran intrusiones". En este sentido, la parte A del Anexo II de la DAS determina que *"cuando se produzcan elevados niveles de referencia de sustancias o iones, o de sus indicadores, debidos a motivos hidrogeológicos naturales, a la hora de establecer los valores umbral se tendrán en cuenta esos niveles de referencia de la masa de agua subterránea de que se trate"*.

En cuanto se refiere a la metodología para la determinación de los valores umbral, el Anexo II de la DAS indica que *"la determinación de los valores umbral debería apoyarse en un procedimiento de control por lo que respecta a los datos recogidos, basado en una evaluación de la calidad de los datos, en consideraciones analíticas, y en niveles de referencia para aquellas sustancias que pueden estar presentes tanto de manera natural como a consecuencia de la actividad humana"*.

Para la aplicación de contenidos normativos, el Grupo de trabajo C "Aguas subterráneas" de la Estrategia Común de Implantación (conocida como CIS, en inglés) de la Directiva Marco del Agua de la Comisión Europea (CE, 2009) ha redactado la *"Guía sobre el estado de las aguas subterráneas y la evaluación de tendencias"*[6] con el objetivo de facilitar los trabajos de definición de los valores umbral.

Según se indica en esta Guía, la primera fase del estudio para determinar los valores umbral y para la evaluar el estado químico y las tendencias de sustancias contaminantes consiste en fijar los niveles de referencia. Se entiende por "nivel de referencia" (en inglés *background level, BL*) *"la concentración de una sustancia o el valor de un indicador en una masa de agua subterránea correspondiente a condiciones no sometidas a alteraciones antropogénicas, o sometidas a alteraciones mínimas, en relación con condiciones inalteradas"*[7].

La metodología para la determinación de los niveles de referencia se ha dejado al criterio de cada Estado miembro, siempre que se tengan en cuenta los estudios previos y el modelo conceptual de cada MASUB.

No obstante en la Guía se recuerda que, según la metodología que se propuso en el proyecto europeo BRIDGE (Müller et al. 2006), se puede estimar el nivel de referencia para un determinado parámetro

[5] Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

[6] Comisión Europea (2009). Guía sobre el estado de las aguas subterráneas y la evaluación de tendencias (*Guidance on Groundwater Chemical Status and Trend Assessment*). Documento guía núm. 18. Estrategia común de implantación de la Directiva Marco del Agua (2006/60/CE). Informe técnico 2009 - 026. Versión española. Dirección General del Agua. Marzo de 2009.

[7] Según la definición contenida en el artículo 2.5 de la DAS.

utilizando el valor de los percentiles 90 ó 97,7 en función del número de datos disponibles y de la influencia que los impactos antrópicos tengan sobre estos datos[8].

Otra fuente de información complementaria que puede ser útil para establecer los niveles de referencia es la cartografía litoestratigráfica e hidrogeológica disponible en las MASUB estudiadas[9].

El procedimiento general que propone la Guía para fijar los "valor umbral" (en inglés *threshold value, TV*) se basa en el estudio del "nivel de referencia" (*background level, BL*), que se ha descrito anteriormente, y de los "valores criterio" (*criteria value, CV*).

En la Guía se define el "valor criterio" como la concentración de un contaminante que, si se supera, podría causar el incumplimiento del criterio de buen estado para un receptor determinado, y se establece con independencia de las concentraciones naturales de referencia; mientras que el "valor umbral" es una concentración de contaminante que no se debe superar en una MASUB con el objetivo de proteger los receptores (según criterios ambientales o de uso) y garantizar que se cumple el buen estado químico en esa MASUB.

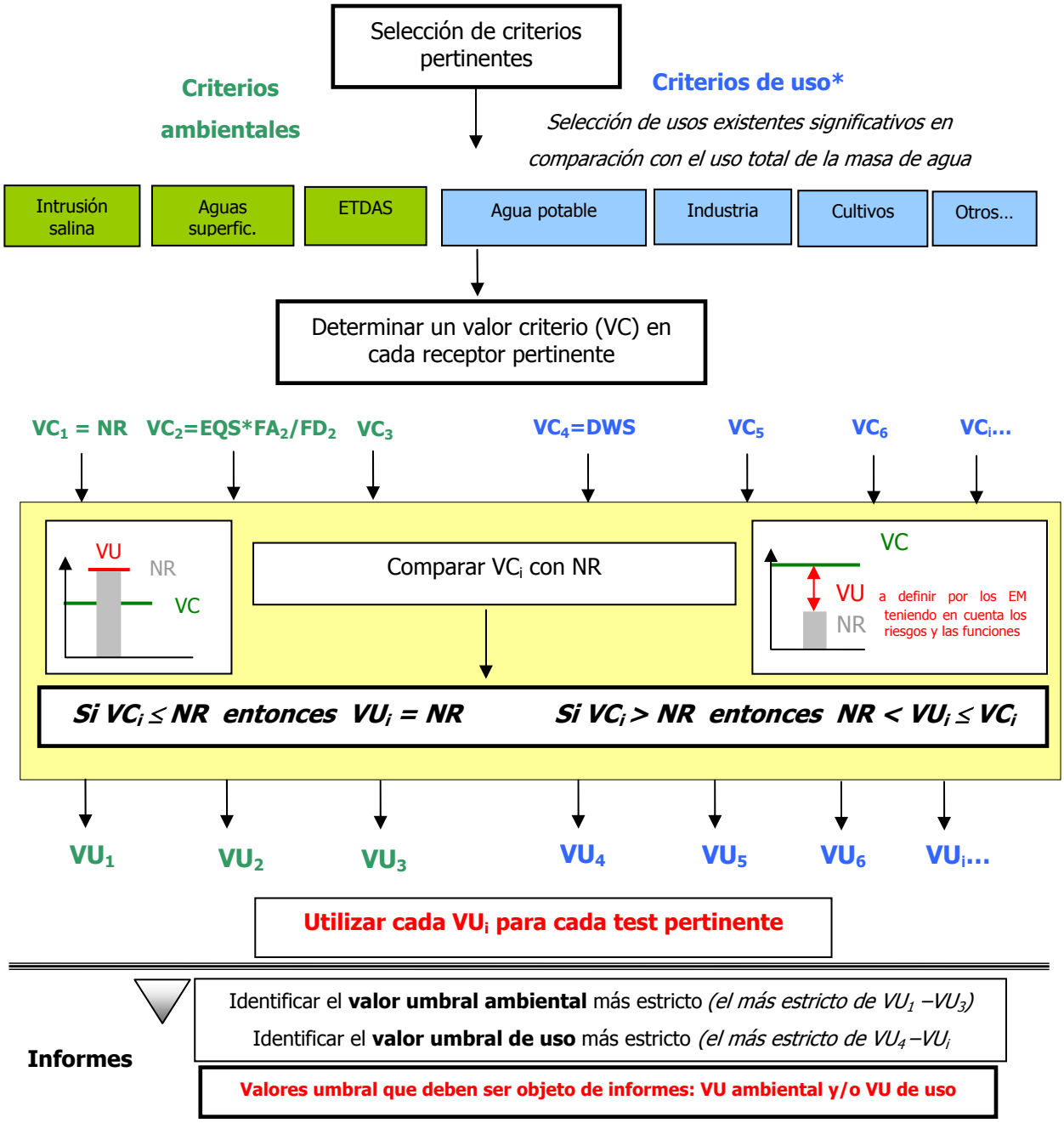
El esquema de decisiones que se aplica en este procedimiento se ha representado de forma gráfica en la Figura 5. Como se puede observar, se propone la realización de varias comprobaciones o "tests pertinentes" en cada MASUB en riesgo, aplicando criterios ambientales (*environmental criteria*) y criterios de uso (*usage criteria*). Por ejemplo, una de las comprobaciones propuestas en la Guía para el criterio ambiental es el estudio de los valores para el receptor "intrusión salina". Para cada parámetro indicador de la intrusión, como puede ser la concentración de cloruros, se establece un valor criterio (indicado como VC en la Figura 5) que se compara con el nivel de referencia (NR) para determinar el valor umbral (VU) correspondiente a este parámetro y receptor. En el caso concreto de la intrusión salina, la Guía propone que valor umbral coincida con el nivel de referencia[10]. Por último se determina, para cada parámetro indicador, el valor umbral final que garantizará la protección de todos los receptores estudiados en esta MASUB, teniendo en cuenta su modelo conceptual y los resultados obtenidos en los distintos "tests".

---

[8] En el proyecto BRIDGE se propone utilizar el percentil 90 cuando hay un número limitado de muestras (menos de 60) o cuando no se han podido excluir los datos influenciados por impactos antrópicos. Cuando se tiene un número elevado de muestras (más de 60) y se sabe que los datos no están influenciados por impactos antrópicos, se propone utilizar el percentil 97,7.

[9] En el ámbito de las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias se ha utilizado como referencia el Mapa litoestratigráfico y permeabilidad de España. Visor del mapa continuo digital con información a escala 1:200.000 (IGME-DGA, 2006).

[10] En el caso particular de los *"parámetros indicativos de salinización o de otras intrusiones"*, la Guía indica que el valor umbral para la salinización u otras intrusiones *"será el nivel de referencia para los parámetros clave, puesto que es el valor medioambiental más adecuado que se puede usar cuando se examina si se ha producido alguna intrusión provocada por las actividades humanas"*. Según dispone la DAS, los parámetros clave que los Estados miembros deben considerar en el estudio de la salinización u otras intrusiones son los cloruros y los sulfatos, o bien la conductividad eléctrica.



EQS = Norma de Calidad Ambiental o cualquier otro valor ecotoxicológico pertinente

FA= Factor de Atenuación, **FD**=Factor de Dilución (Los Estados miembros deben definir FA y FD si es posible. En caso de que los datos no sean suficientes para evaluar FA y FD, entonces FA=FD=1)

* Los criterios de uso son normas pertinentes basadas en el uso, como las normas para el agua potable, para el regadío etc. Si el punto de control en el que debe evaluarse el cumplimiento con respecto al valor umbral, no es el punto de captación, podrán considerarse dilución y atenuación al determinar los valores umbral.

Figura 5. Procedimiento general propuesto en el Documento Guía 18 para la determinación de los valores umbral en cada masa de agua subterránea según los valores criterio y el nivel de referencia. Fuente: Comisión Europea (2009).

Con el objetivo de facilitar los trabajos de definición de los valores umbral, la Dirección General del Agua del MARM remitió a la Confederación Hidrográfica del Júcar la siguiente documentación:

- Documento Guía 18 de la Comisión Europea, titulado *"Guía sobre el estado de las aguas subterráneas y la evaluación de tendencias" de la Estrategia Común de Implantación de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE).* Versión en español de la Dirección General del Agua. Febrero de 2009 (CE, 2009).

- Documento metodológico de la Dirección General del Agua titulado "*Establecimiento de valores umbral en cumplimiento de la Directiva 2006/118. Propuesta de criterios y procedimiento. Febrero de 2009*" (DGA, 2009), que desarrolla los criterios y procedimientos propuestos por la Guía de la Comisión Europea.

- Base de datos de calidad de las aguas subterráneas adaptada a los requerimientos de la Directiva Marco del Agua (ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar). Esta base de datos integra toda la información que ha recopilado la Dirección General del Agua del MARM a partir de distintas bases de datos previas: la red de calidad de aguas subterráneas de la Confederación Hidrográfica del Júcar, la antigua red de calidad de aguas subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España, los datos procedentes del inventario del Servicio Geológico de Obras Públicas, la red de control de la Generalitat Valenciana y, más recientemente, los datos digitalizados que proceden de los trabajos del Acuerdo para la Encomienda de gestión suscrito en 2007 entre la Dirección General del Agua y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en materia de aguas subterráneas.

A comienzos de 2009 se celebró en la sede de la Confederación Hidrográfica del Júcar una reunión entre los representantes de la Dirección General del Agua, la Confederación Hidrográfica del Júcar y el IGME con el objetivo de fijar los criterios para el tratamiento de la información y la coordinación de estos trabajos[11]. En esta reunión se acordó que el estudio y la determinación de los valores umbral para cada MASUB en riesgo se efectuase en la Confederación Hidrográfica del Júcar, tomando como referencia el documento metodológico de la Dirección General del Agua y la consideración de dos tipos de criterios: "criterios de uso" para las aguas de consumo humano y "criterios ambientales" para la intrusión salina.

El documento metodológico de la Dirección General del Agua (DGA, 2009) presenta una propuesta para la determinación de los valores umbral en cada MASUB en riesgo a partir del valor criterio (VC) del parámetro o indicador de aguas para consumo humano, y se ha basado en la comparación de los valores de la base de datos de calidad de las aguas subterráneas con respecto a los niveles fijados en el Real

[11] Según se detalla en el documento "Trabajos de apoyo para la evaluación del estado químico y la coordinación de los estudios sobre las aguas subterráneas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2009-a).

Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano[12] (véase la Figura 6).

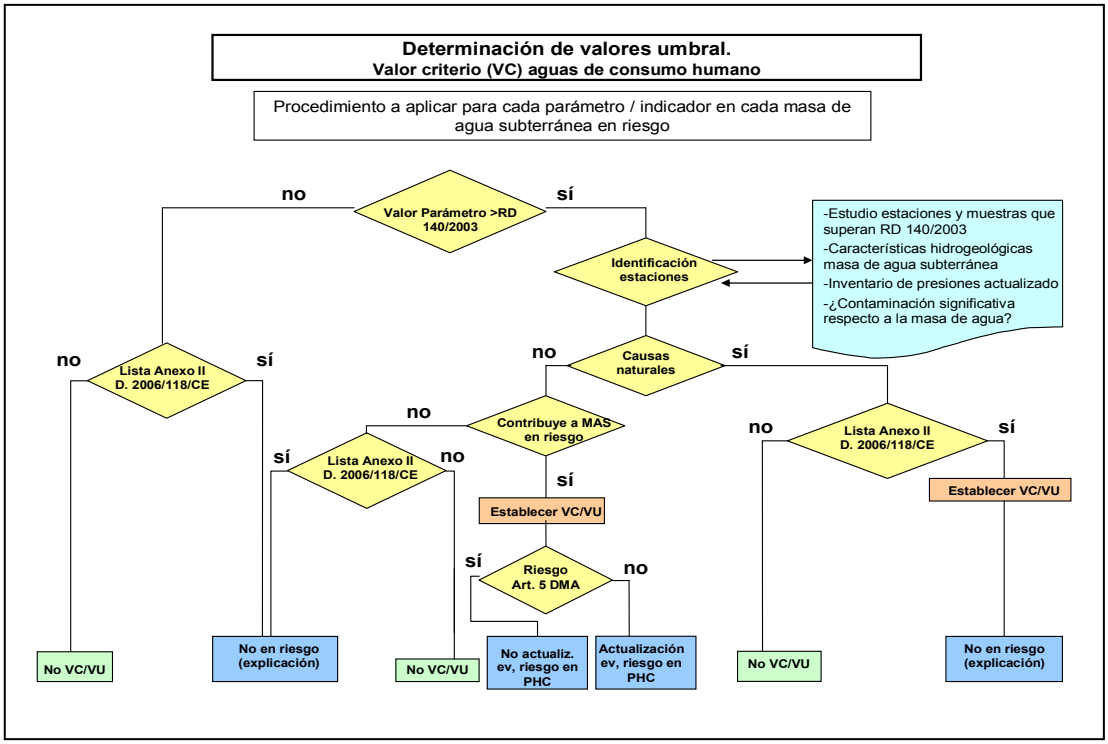


Figura 6. Determinación de valores umbral y valor criterio de aguas de consumo humano. Fuente: DGA (2009).

Para el receptor ambiental de la intrusión salina no existe actualmente un estándar normativo con el que comparar los resultados. No obstante, el documento metodológico propone la realización de un procedimiento análogo al criterio de uso, definiendo en este caso el valor umbral de la intrusión en cada MASUB a partir del nivel de referencia que se considere representativo de la situación no alterada o previa a la incidencia de la actividad antrópica.

Con respecto al tratamiento de la información contenida en la base de datos de calidad de las aguas subterráneas, el documento metodológico indica que la utilización de todos los datos históricos *"se restringe exclusivamente para el establecimiento de niveles de referencia, que posteriormente servirán de base para fijar los valores umbral"*, mientras que en los estudios de evaluación del estado químico y de identificación e inversión de las tendencias de contaminantes en las MASUB "*se tendrán en cuenta solamente los resultados obtenidos en la red de seguimiento del estado químico de las aguas subterráneas definida en virtud del artículo 8 de la Directiva 2000/60/CE, cuyos resultados se compararán con los valores umbral establecidos y las normas de calidad para nitratos y plaguicidas establecidas en la Directiva 2006/118/CE"*. De este modo, *"una vez fijados los valores umbral para un receptor en una masa*

[12] Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Incorpora al ordenamiento jurídico español las disposiciones de la Directiva 98/83/CE de aguas de consumo humano.

de agua, su cumplimiento se evaluará solamente en las estaciones de seguimiento del estado químico de la masa de agua subterránea que representen a esos usos". Estos criterios se han resumido gráficamente en la Figura 7.

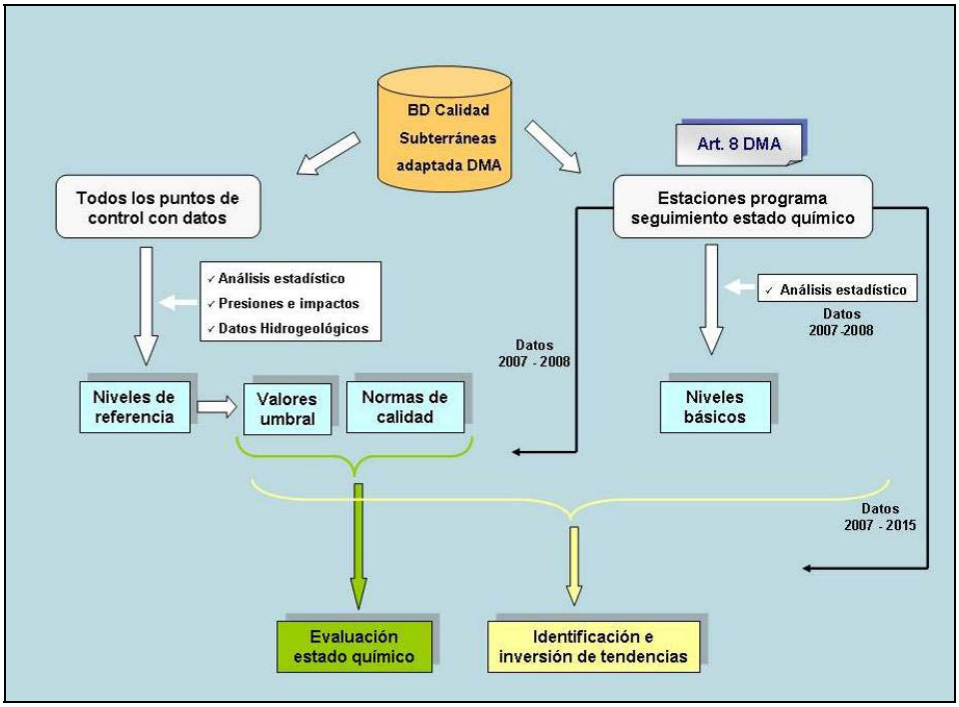


Figura 7. Criterios para la determinación de los niveles de referencia y valores umbral y para la evaluación del estado químico. Fuente: DGA (2009).

Tras el análisis de la documentación aportada por la Dirección General del Agua, el tratamiento de la información para el estudio de los valores umbral en las MASUB en la Confederación Hidrográfica del Júcar se ha llevado a cabo de forma coordinada entre la Oficina de Planificación Hidrológica y la Comisaría de Aguas.

En la fase inicial de estos trabajos, la Oficina de Planificación Hidrológica ha efectuado el estudio de los parámetros, niveles de referencia y posibles valores umbral que tienen incidencia en el receptor "intrusión salina" (criterio ambiental) de las MASUB designadas en riesgo químico por intrusión; mientras que la Comisaría de Aguas se ha centrado en el estudio con respecto al receptor "aguas de consumo humano" (criterio de uso) en las MASUB designadas en riesgo químico por contaminación difusa.

En la siguiente fase de los trabajos se han comparado los valores umbral que se han obtenido para cada parámetro y MASUB según el criterio ambiental y el criterio de uso. A partir de esta comparativa, y tomando como referencia la metodología propuesta por la Dirección General del Agua, se ha establecido un valor umbral para cada parámetro y MASUB en riesgo, en cumplimento de lo dispuesto en la normativa.

Por último, los valores umbral fijados para el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar se han recogido en un cuestionario que ha remitido el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), con el objeto de recabar esta información por demarcaciones hidrográficas y enviarla posteriormente a la Comisión Europea.

En los siguientes apartados de esta Memoria se detallan los trabajos que ha desarrollado la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Júcar para establecer los valores umbral por intrusión salina en las MASUB en riesgo, y que han comprendido las siguientes actividades:

- Identificación de las formaciones litoestratigráficas que pueden originar altas concentraciones naturales de sulfatos en las aguas subterráneas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

- Tratamiento de las bases de datos y fuentes documentales para el estudio de los valores umbral según el criterio ambiental de la intrusión salina.

- Establecimiento de los periodos y niveles de referencia en las MASUB costeras según el criterio ambiental de la intrusión salina.

- Definición de los valores umbral en las MASUB costeras designadas en riesgo.

- Estudio comparativo de los valores umbral de cloruros, sulfatos y conductividad en las MASUB costeras designadas en riesgo y los datos de la red de seguimiento del estado químico en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

- Estudio comparativo de los valores umbral de cloruros, sulfatos y conductividad fijados en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar y en el resto de demarcaciones hidrográficas.

3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FORMACIONES LITOESTRATIGRÁFICAS QUE PUEDEN ORIGINAR ALTAS CONCENTRACIONES NATURALES DE SULFATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Como se ha indicado anteriormente, el documento metodológico de la Dirección General del Agua (DGA, 2009) subraya la importancia que los niveles naturales elevados de sustancias o iones pueden tener a la hora de determinar los niveles de referencia y los valores umbral en una MASUB, ya que las disposiciones sobre el estado químico de las aguas subterráneas de la DAS no se aplican en las situaciones en que existen niveles naturales elevados de sustancias o iones, o de sus indicadores, ni en los casos en que se producen cambios, provisionales y limitados en el espacio, con respecto a la

dirección del flujo y a la composición química de las aguas subterráneas. Por tanto, en la fase inicial del estudio de los valores umbral de las MASUB designadas en riesgo hay que tener en cuenta las situaciones en que se pueden encontrar altos niveles de referencia conforme a las características hidrogeológicas naturales.

En el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar se ha considerado de especial interés el estudio de la incidencia que las formaciones yesíferas pueden tener en las concentraciones de sulfatos en las aguas subterráneas. Como contribución inicial a los estudios de detalle que puedan desarrollarse posteriormente en el marco de los trabajos de planificación hidrológica, la Oficina de Planificación Hidrológica ha llevado a cabo una primera identificación de las formaciones litoestratigráficas que pueden producir altas concentraciones naturales de sulfatos en las aguas subterráneas.

El estudio inicial se ha centrado en una relación de 36 MASUB, en la que se han considerado las 16 MASUB costeras y otras 20 MASUB interiores que, según los valores promedio o los valores puntuales máximos medidos en la red de seguimiento del estado químico (años 2006 y 2007), presentan altas concentraciones de sulfatos según el “valor criterio” basado en los valores del Real Decreto 140/2003 de aguas de consumo humano.

El objetivo de este estudio ha sido identificar las MASUB en que la existencia de formaciones yesíferas aflorantes o subyacentes en las inmediaciones de las estaciones de control de las cargas subterráneas puede condicionar una alta concentración de sulfatos de origen natural en las aguas subterráneas.

El estudio se ha basado en la identificación de todas las formaciones hidrogeológicas (FH) susceptibles de contener yesos, tanto aflorantes como subyacentes, según las descripciones contenidas en la leyenda del “Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España” a escala 1:200.000 (IGME-DGA, 2006), como se muestra en la Figura 8.

FH	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	
441	Yesos, con arcillas yesíferas y, a veces, margas y limolitas
420	Conglomerados, arenas, arcillas, calizas y yesos
416	Yesos y margas
413	Margas, arcillas, yesos, conglomerados, areniscas
408	Margas yesíferas y yesos, con arcillas, arenas y, eventualmente margas, calizas y sílex
401	Lutitas y yesos, con arcillas y areniscas
391	Yesos, margas, arcillas y calizas
383	Yesos
MESOZOICO-CENOZOICO	
204	Calizas de gasterópodos, margas, margocalizas y, a veces, conglomerados y yesos
203	Arcillas, margas, yesos masivos y, localmente,arenas y gravas. Fm. Villalba de la Sierra
201	Calizas de gasterópodos, margas,margocalizas y, a veces, conglomerados y yesos
MESOZOICO	
TRIÁSICO (F. Keuper)	
141	Arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas (F. Keuper)

Figura 8. Formaciones hidrogeológicas (FH) susceptibles de contener yesos según la leyenda del Mapa litoestratigráfico y de permeabilidad de España a escala 1:200.000 (IGME-DGA, 2006).

En este estudio se ha tenido en cuenta que la presencia de yesos en algunas de estas formaciones es ocasional y de escasa influencia, como ocurre con la FH 201, formada por “calizas de gasterópodos, margas, margocalizas y, a veces, conglomerados y yesos”; mientras que en otras, el contenido en yesos es más generalizado y con mayor probabilidad de incidir en la composición química del agua subterránea de los acuíferos circundantes como sucede, por ejemplo, en la FH 141 (facies Keuper) formada por “arcillas abigarradas y yesos, a veces con margas y areniscas”.

Mediante el análisis espacial de la información se ha elaborado un mapa litoestratigráfico para cada una de las 36 MASUB seleccionadas, de los que se muestra un ejemplo en la Figura 9. En este mapa se han identificado las formaciones yesíferas, diferenciando si se trata de formaciones aflorantes o se encuentran subyacentes a otras formaciones superficiales no yesíferas. También se han representado las estaciones de la red de seguimiento del estado químico, con sus respectivos códigos de identificación, al objeto de analizar la posible correspondencia entre las estaciones en que se han medido altas concentraciones de sulfatos en el periodo 2006-2007 y los sectores en los que predominan las formaciones yesíferas.

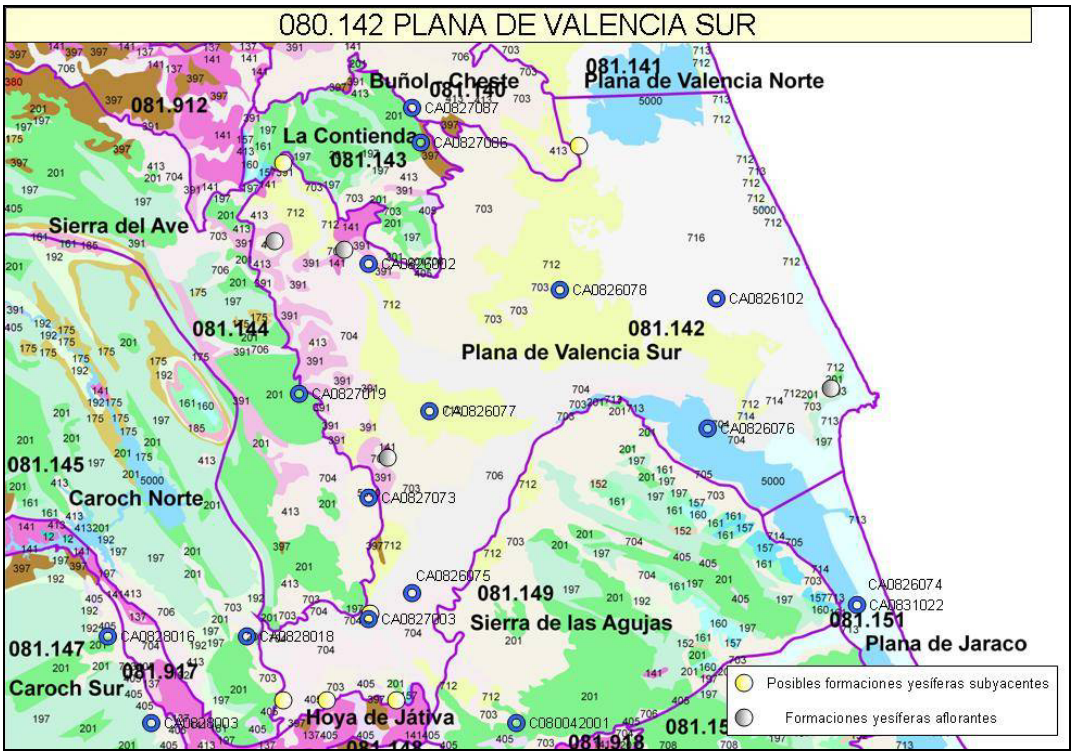


Figura 9. Mapa litoestratigráfico para la caracterización de sulfatos en las aguas subterráneas de la MASUB 080.142 Plana de Valencia Sur.

Como resultado del análisis y la interpretación de estos mapas litoestratigráficos se ha efectuado una propuesta de estudios de detalle para caracterizar los sulfatos en la que se han priorizado 27 de las 36 MASUB estudiadas, de las cuales 19 tendrían carácter preferente y 8 opcional.

En la Tabla 16 se detallan los resultados obtenidos en el estudio inicial y las propuestas de estudios para la caracterización de detalle de los sulfatos en las MASUB seleccionadas.

CÓDIGO MASUB	NOMBRE MASUB	SULFATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS		PROPUESTA DE ESTUDIO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE DETALLE DE LOS SULFATOS
		Influencia de las formaciones yesíferas	[SO_4] promedio o máxima supera 250 mg/L en la MASUB	
080.101	Hoya de Alfambra	Posible en borde este y sur	Sí	Sí (opcional)
080.107	Plana de Vinaroz	No	No	No
080.109	Maestrazgo Oriental	Borde central-este	Sin datos	No
080.110	Plana de Oropesa - Torreblanca	Puntualmente	No	No
080.111	Lucena - Alcora	Borde SE y posible en borde norte	Sí	Sí (opcional)
080.122	Vallanca	En todos los bordes	Sí (por valor máximo)	Sí
080.127	Plana de Castellón	Borde sur	Sí	Sí
080.128	Plana de Sagunto	Bordes norte y central	Sí	Sí
080.129	Mancha Oriental	Bordes norte y este	Sí (por valor máximo)	Sí (opcional)
080.130	Medio Palancia	En zonas norte y centro	Sí	Sí
080.131	Liria - Casinos	Borde sur y posible en borde norte	Sí	Sí
080.132	Las Serranías	En borde norte y posible en borde sur	Sí	Sí
080.140	Buñol - Cheste	En toda la MASUB	Sí	Sí
080.141	Plana de Valencia Norte	Posible en bordes norte y central	Sí (por valor máximo)	Sí

CÓDIGO MASUB	NOMBRE MASUB	SULFATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS		PROPUESTA DE ESTUDIO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE DETALLE DE LOS SULFATOS
		Influencia de las formaciones yesíferas	[SO_4] promedio o máxima supera 250 mg/L en la MASUB	
080.142	Plana de Valencia Sur	Borde central-oeste	Sí (por valor máximo))	Sí
080.143	La Contienda	En toda la MASUB	Sí	Sí
080.144	Sierra del Ave	En toda la MASUB	Sí (por valor máximo)	Sí
080.145	Caroch Norte	En bordes N, O y S, y posible en interior	Sí (por valor máximo)	Sí
080.146	Almansa	En zonas de borde	Sí	Sí
080.149	Sierra de las Agujas	Posible en toda la MASUB	Sí	Sí
080.151	Plana de Jaraco	Posible en bordes central y sur	Sí	Sí (opcional)
080.152	Plana de Gandía	Posible en bordes norte y central	No	No
080.157	Sierra de la Oliva	No hay influencia	Sí (por valor máximo)	No
080.160	Villena - Benejama	En borde sur y probable en borde norte	Sí (por valor máximo)	Sí
080.163	Oliva - Pego	Posible en borde sur	Sí (por valor máximo)	Sí (opcional)
080.164	Ondara - Denia	Posible en bordes interiores	No	No
080.165	Montgó	No hay estaciones de la red	Sin datos	No
080.171	Sierra Mariola	Posible en borde norte	Sí (por valor máximo)	Sí (opcional)
080.174	Peñarrubia	Posible en borde noreste	Sí	Sí (opcional)
080.179	Depresión de Benisa	En borde norte y posible en borde sur	No	No
080.180	Jávea	Posible en borde sur	No	No
080.183	Orcheta	Posible en toda la MASUB	Sí	Sí
080.184	San Juan - Benidorm	En borde norte y posible en todo el borde interior	Sí	Sí
080.187	Sierra del Reclot	En bordes este y sur	Sí	Sí
080.189	Sierra de Crevillente	En bordes noroeste y este (localmente)	Sí (por valor máximo)	Sí (opcional)
080.190	Bajo Vinalopó	En zona central-oeste y posible en borde norte	Sí	Sí

Tabla 16. Resultados del estudio inicial y propuestas de estudio para la caracterización de detalle de las concentraciones de sulfatos en las aguas subterráneas de las masas de agua subterránea seleccionadas.

En el Anejo 4 se incluyen los mapas litológicos que se han elaborado para la caracterización de sulfatos en las 36 MASUB seleccionadas en este estudio inicial.

3.1.3 TRATAMIENTO DE LAS BASES DE DATOS Y FUENTES DOCUMENTALES PARA EL ESTUDIO DE LOS VALORES UMBRAL SEGÚN EL CRITERIO AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA

El tratamiento de las bases de datos y fuentes documentales que ha efectuado la Oficina de Planificación Hidrológica para el estudio de los valores umbral, aplicando el criterio ambiental de la intrusión salina, se ha basado en la documentación proporcionada por el Área de Recursos Subterráneos de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM):

- Base de datos de calidad de aguas subterráneas para el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Contiene los datos de 5.887 estaciones.

- Coberturas digitales (*shapes*) que permiten representar las estaciones de control (5.212 estaciones) y la capa de litoestratigrafía para el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Se han proyectado las estaciones contenidas en la base de datos y en la cobertura "shape" de estaciones, mediante un sistema de información geográfica (SIG). Se ha comprobado que la totalidad de las estaciones de la cobertura "shape" (5.212 estaciones) está recogida en la relación de estaciones de la base de datos. Además, la base de datos presenta otras 675 estaciones, que corresponden en su mayoría a las nuevas estaciones de código "EG08", procedentes de los trabajos que se están realizando en el marco de la Encomienda de gestión.

En la relación de 5.212 estaciones comunes en la base de datos y en la cobertura "shape" se ha observado que, según el criterio de coordenadas, 15 estaciones se situarían fuera de los límites del ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. De esta comparativa se han obtenido, por tanto, 5.197 estaciones comunes situadas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

El análisis estadístico de las series de cloruros, sulfatos y conductividad a 20º C se ha efectuado a partir de las 5.858 estaciones procedentes de la base de datos del MARM cuyas coordenadas las sitúan en el interior de la Confederación Hidrográfica del Júcar. No se han considerado, por tanto, 29 estaciones de la base de datos del MARM cuyas coordenadas las sitúan fuera de los límites del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Estas 5.858 estaciones se han representado en un SIG mediante las coordenadas (UTMX, UTMY) que figuran en la base de datos del MARM, y se han asignado mediante análisis espacial a la MASUB en las que se encuentran situadas. Se ha observado que la asignación por MASUB que se obtiene con este procedimiento difiere en 38 estaciones con respecto a la que se indica en la base de datos de calidad.

En los análisis estadísticos que se comentan a continuación se ha utilizado el criterio de asignación de estaciones a las MASUB que se ha obtenido en el presente estudio mediante el análisis espacial en el entorno SIG.

La Figura 10 resume el tratamiento que se ha llevado a cabo para obtener la relación inicial de 5.858 estaciones para el estudio de los niveles de referencia en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

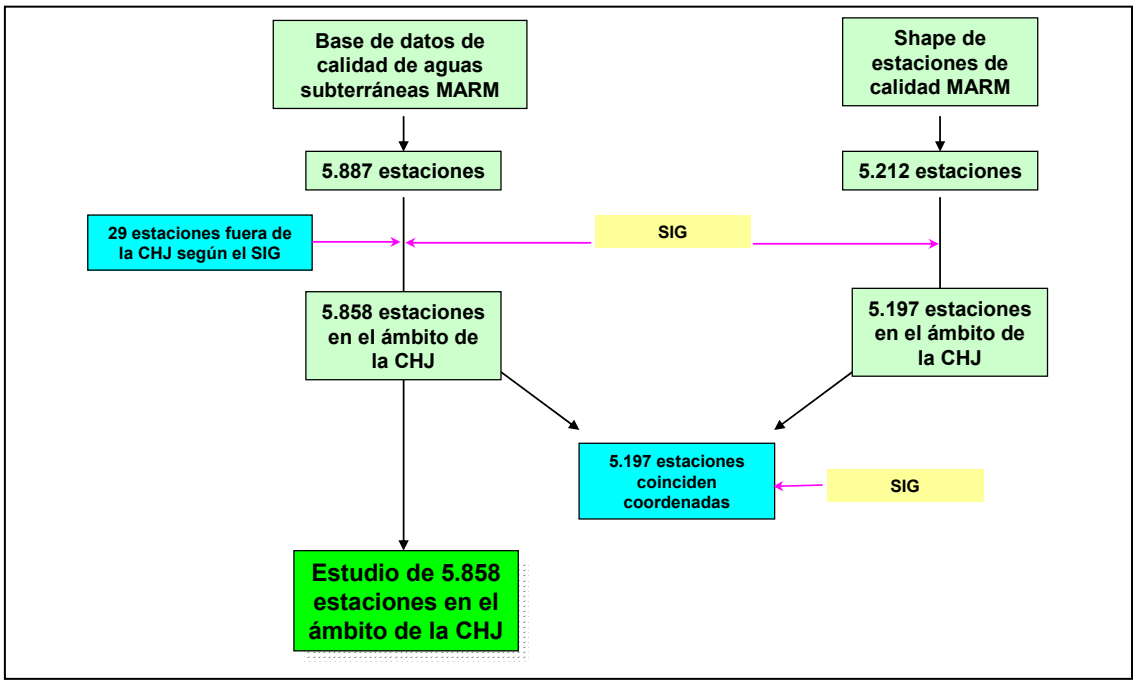


Figura 10. Procedimiento aplicado para la selección de las estaciones consideradas en la determinación de los niveles de referencia en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar

Los datos de analíticas de la base de datos del MARM que corresponden a las 5.858 estaciones inicialmente seleccionadas se han agrupado en un archivo "Access" según la fecha (día-mes-año) y el parámetro analizado. A partir de las analíticas disponibles se han seleccionado los tres parámetros que pueden ser indicadores de la intrusión marina: cloruros, sulfatos y conductividad. Se ha optado por analizar el parámetro de conductividad a 20º C, ya que la base de datos presenta un número mucho mayor de registros que la conductividad a 25º C y que la conductividad de campo.

Mediante el procedimiento indicado se han obtenido las estadísticas para cloruros, sulfatos y conductividad a 20º C, calculadas por años naturales, y se ha elaborado una tabla para cada parámetro con los datos de las 16 MASUB costeras.

Este tratamiento inicial ha permitido conocer el número de mediciones acumuladas anualmente para cada parámetro y MASUB costera desde la fecha inicial de la serie. En la Tabla 17 se muestra un ejemplo correspondiente a los datos de cloruros.

Año	DATOS DE CLORUROS ACUMULADOS POR MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA															
	080.107	080.109	080.110	080.127	080.128	080.141	080.142	080.151	080.152	080.163	080.164	080.165	080.179	080.180	080.184	080.190
1968	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1969	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1972	1	6	22	134	44	61	46	4	0	0	1	0	0	0	0	3
1973	39	12	52	139	71	99	70	12	13	66	2	0	1	0	0	3
1974	48	13	91	141	191	117	82	22	17	109	30	0	5	15	26	3
1975	48	13	112	141	191	117	82	34	17	134	38	0	5	15	26	3
1976	54	14	120	172	196	139	94	36	20	137	41	0	5	17	26	3
1977	136	17	177	338	285	194	124	80	45	198	83	0	9	55	28	4
1978	308	22	274	549	353	250	153	140	69	271	136	4	21	101	29	4
1979	406	27	333	803	432	300	187	202	91	343	189	10	42	147	32	4
1980	601	34	438	1072	514	325	204	252	106	387	225	15	65	177	33	5
1981	809	42	560	1252	592	365	235	340	139	482	285	18	68	215	34	5
1982	1003	51	654	1521	681	483	288	416	161	552	339	21	81	243	35	5
1983	1145	57	737	1816	736	564	326	489	185	611	387	24	101	267	38	5
1984	1189	59	759	1897	758	593	339	518	196	634	405	25	113	276	38	5
1985	1322	63	831	2086	826	658	374	607	223	705	467	29	135	306	38	5
1986	1411	65	877	2223	871	739	414	693	247	776	527	33	154	336	38	5
1987	1673	72	1013	2494	995	860	469	832	283	887	617	39	174	381	64	15
1988	1831	74	1101	2718	1053	968	510	907	312	976	666	41	191	415	88	25
1989	2062	77	1243	3109	1140	1134	598	1028	362	1079	751	49	233	445	120	39
1990	2289	79	1415	3416	1220	1262	642	1152	408	1205	839	57	271	481	130	43
1991	2412	81	1506	3557	1265	1334	672	1226	431	1269	890	61	289	499	133	43
1992	2492	86	1576	3671	1307	1402	698	1256	457	1333	936	63	314	513	136	43
1993	2623	92	1651	3807	1371	1477	743	1315	484	1404	992	66	336	529	139	43
1994	2752	95	1724	3932	1439	1549	781	1378	510	1459	1051	68	370	545	145	56
1995	2872	95	1794	4186	1620	1757	903	1434	531	1511	1197	70	394	561	147	58
1996	2996	95	1868	4313	1698	1833	958	1498	556	1563	1506	72	415	577	148	67
1997	3061	95	1910	4380	1737	1868	978	1536	574	1592	1688	74	428	612	148	73
1998	3180	95	1983	4499	1806	1935	1019	1597	599	1647	1820	76	444	628	148	73
1999	3306	107	2054	4641	1884	2014	1064	1662	626	1703	1874	78	463	644	148	74
2000	3434	116	2136	4796	1955	2085	1110	1725	664	1763	1924	80	478	660	148	75
2001	3495	138	2180	4908	1999	2123	1136	1759	688	1812	1952	81	482	668	148	75
2002	3497	149	2186	4950	2013	2130	1165	1797	714	1929	1994	82	494	679	148	76
2003	3497	162	2194	4989	2019	2144	1189	1799	734	1931	1999	82	495	679	148	77
2004	3497	162	2194	5021	2019	2144	1189	1799	734	1931	1999	82	495	679	148	77
2005	3497	162	2194	5097	2020	2144	1189	1799	734	1931	1999	82	495	679	148	77
2006	3502	165	2196	5102	2023	2150	1196	1799	737	1933	2002	82	497	679	149	79
2007	3507	168	2198	5106	2025	2155	1202	1799	741	1936	2005	82	499	680	150	80
2008	3511	171	2200	5110	2027	2159	1208	1799	744	1939	2008	82	501	680	151	81

Tabla 17. Número de mediciones acumuladas por años naturales para los cloruros en las masas de agua subterránea costeras.

Los resultados contenidos en estas tablas iniciales han servido de base para definir los periodos de referencia para cada parámetro y MASUB costera, según se detalla en los siguientes apartados.

3.1.4 ESTABLECIMIENTO DEL PERIODO DE REFERENCIA Y DEL NIVEL DE REFERENCIA EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS SEGÚN EL CRITERIO AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA

Para la determinación del periodo de referencia en las 16 MASUB costeras se han considerado las mediciones disponibles para cada parámetro desde el origen de los registros hasta una fecha que se ha considerado como posible límite temporal del estado "no influenciado" o "escasamente influenciado" por las presiones debidas a la actividad humana para el receptor ambiental "intrusión salina".

Según las recomendaciones del proyecto europeo BRIDGE, para las MASUB en que se dispone de un número limitado de muestras (n < 60) o no se puedan excluir los datos influenciados por impactos antrópicos se propone la aplicación del percentil 90. Si se dispone de un número elevado de muestras (n ≥ 60) y se sabe que los datos no están influenciados por impactos antrópicos se podría aplicar el percentil 97,7.

Con carácter general se ha considerado como final del periodo de referencia el año 1974 ó 1977, en función de la fecha en que los registros por MASUB alcancen el número de muestras n ≥ 60.

Si se considera 1974 como año límite para el periodo de referencia, el resultado es que 6 de las 16 MASUB costeras disponen de n ≥ 60 para los tres parámetros: 080.110 Plana de Oropesa-Torreblanca, 080.127 Plana de Castellón, 080.128 Plana de Sagunto, 080.141 Plana de Valencia Norte, 080.142 Plana de Valencia Sur y 080.163 Oliva-Pego. Considerando como límite el año 1977, la relación se amplía para cloruros y conductividad en otras 3 MASUB: 080.107 Plana de Vinaroz, 080.151 Plana de Jaraco y 080.164 Ondara-Denia. En todas estas MASUB se podría aplicar el criterio del percentil 97,7.

En las MASUB en que el número de muestras es escaso para el periodo de referencia anterior, se ha analizado la posible ampliación del periodo inicial hasta 1978-1980 para alcanzar el número de datos n ≥ 60. Esta ampliación del periodo será válida si los estudios de evolución histórica de las presiones permiten justificar un estado "no influenciado" o "escasamente influenciado" hasta esa fecha, y permitiría aplicar el percentil 97,7. Para este supuesto la relación se ampliaría, según el parámetro estudiado, con las siguientes MASUB:

- Cloruros: MASUB 080.152 Plana de Gandía, 080.179 Depresión de Benisa y 080.180 Jávea.
- Sulfatos: MASUB 080.107 Plana de Vinaroz y 080.164 Ondara-Denia.
- Conductividad a 20º C: MASUB 080.152 Plana de Gandía y 080.180 Jávea.

En definitiva, con los criterios expuestos anteriormente se podría utilizar el percentil 97,7 para el estudio de los niveles de referencia de cloruros en 12 MASUB, para el estudio de sulfatos en 8 MASUB, y para el de conductividad a 20º C en 11 MASUB.

Cabe indicar que en las MASUB 080.109 Maestrazgo Oriental, 080.165 Montgó, 080.184 San Juan-Benidorm, y 080.190 Bajo Vinalopó las mediciones históricas son muy escasas para los tres parámetros estudiados, por lo que el número de datos n ≥ 60 se obtendría para fechas posteriores al año 1980. En el caso de los sulfatos en la MASUB 080.165 Montgó la serie histórica no llega a alcanzar el valor de 60 datos a lo largo de todo el periodo de mediciones.

Para cada parámetro de la intrusión salina se ha elaborado una tabla resumen con los periodos de referencia propuestos en cada MASUB costera, en la que se indica el año de inicio de las muestras, el año final propuesto para el periodo de referencia y el número de datos disponible para el periodo considerado. En la Tabla 18 se muestran, como ejemplo, los periodos de referencia propuestos para sulfatos.

HORIZONTE TEMPORAL PARA SULFATOS	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA															
	080.107	080.109	080.110	080.127	080.128	080.141	080.142	080.151	080.152	080.163	080.164	080.165	080.179	080.180	080.184	080.190
Año de inicio de las muestras	1973	1972	1972	1969	1972	1968	1972	1972	1973	1973	1974	1989	1973	1974	1974	1971
1. Año final del periodo de referencia. Permite aplicar el percentil 97,7 en un periodo corto y no influenciado		x	1974	1974	1974	1974	1974	x	x	1974		x	x	x	x	x
2. Año final del periodo de referencia. Permitiría aplicar el percentil 97,7 si puede justificarse la no influencia en el periodo	1978	x						x	x		1979	x	x	x	x	x
3. Año en el que se alcanzan los 60 datos para aquellas MASUB que no hayan entrado en los horizontes anteriores		1999						1999	1982			N/A	1988	1997	1987	1996
Número de datos en el periodo considerado	65	62	89	140	188	117	82	61	62	109	65	7	68	62	64	66

N/A: No se alcanzan los 60 datos en la totalidad del periodo disponible

Tabla 18. Periodos de referencia propuestos para sulfatos en las masas de agua subterránea costeras.

Teniendo en cuenta los periodos de referencia establecidos en el apartado anterior se ha preparado, para cada parámetro estudiado y cada MASUB costera, un gráfico inicial en el que se representan las analíticas disponibles para toda la serie histórica. Como ejemplo se muestra en la Figura 11 el gráfico representativo de las concentraciones de cloruros en la MASUB 080.107 Plana de Vinaroz.

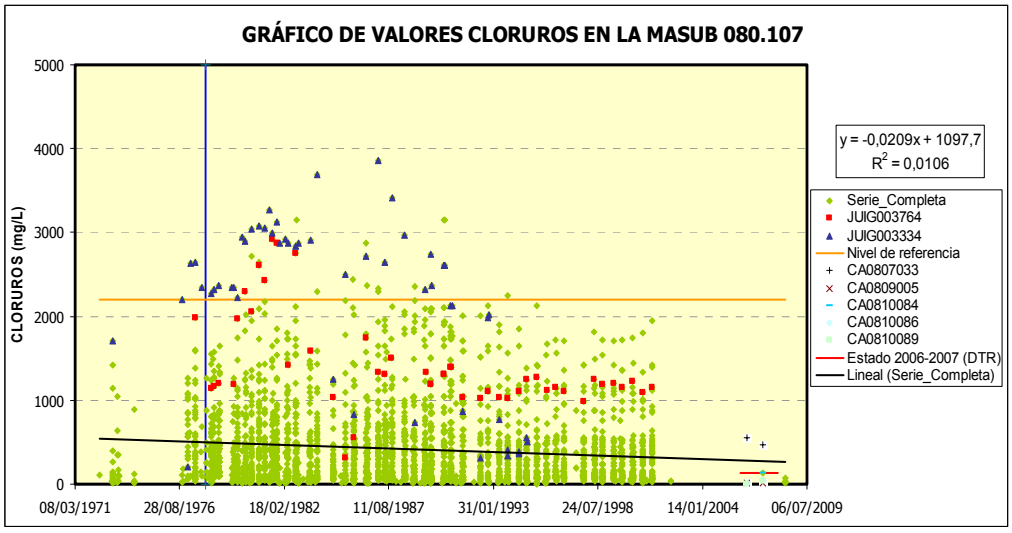


Figura 11. Gráfico inicial para la determinación de los niveles de referencia de cloruros en la masa de agua subterránea 080.107 Plana de Vinaroz.

En este gráfico se encuentran representados los siguientes indicadores y símbolos:

- El límite temporal del periodo de referencia (recta vertical de color azul), que indica el último año en que se ha considerado que la MASUB se encontraba en estado "no influenciado" o "escasamente influenciado" por las presiones debidas a la actividad humana para el receptor ambiental "intrusión salina".

- Los datos disponibles para todas las estaciones consideradas en el periodo de referencia para cada parámetro indicador de la MASUB estudiada. Los valores obtenidos con esta “serie completa” para la MASUB se han representado con un símbolo de color verde.

- El nivel de referencia que se obtendría con todos los datos disponibles para el periodo de referencia y el percentil seleccionado (90 ó 97,7, según cada caso). Este valor se ha representado con la recta horizontal anaranjada.

- La línea de tendencia del parámetro estudiado, “Lineal (serie_completa)”, que se ha representado con la recta de color negro. Esta línea de tendencia se ha calculado con la totalidad de los datos históricos de las estaciones situadas en la MASUB y se indica, junto a la leyenda, su ecuación y el valor del coeficiente de ajuste R^2.

- Los valores correspondientes a las estaciones que disponen de mediciones en el periodo de referencia, pero que presentan valores considerados anómalos en el conjunto de la MASUB, se han destacado con símbolos de color rojo y azul oscuro en el gráfico, y sus códigos se indican en la parte superior de la leyenda. En la Figura 11 las estaciones que presentan valores anómalos corresponden con los códigos JUIG003334 y JUIG003764.

- El valor promedio del parámetro correspondiente a esta MASUB calculado para el periodo 2006-2007 en las estaciones de control que se han analizado en la determinación de estado químico (CHJ, 2009-c). Este valor se ha representado mediante una recta horizontal de color rojo. En la Figura 11 también se han representado las mediciones puntuales obtenidas en el periodo 2006-2007 en las estaciones de control del estado químico, y sus cuyos códigos se muestran en la parte inferior de la leyenda: estaciones CA0807033, CA0809005, CA0810084, CA0810086 y CA0810089.

Tomando como referencia el gráfico inicial se ha llevado a cabo un proceso de validación de los datos analíticos para cada parámetro indicador de la intrusión en el periodo de referencia en cada MASUB costera, teniendo en cuenta la localización geográfica de las estaciones de control de las aguas subterráneas y su contexto hidrogeológico (véase la Figura 12).

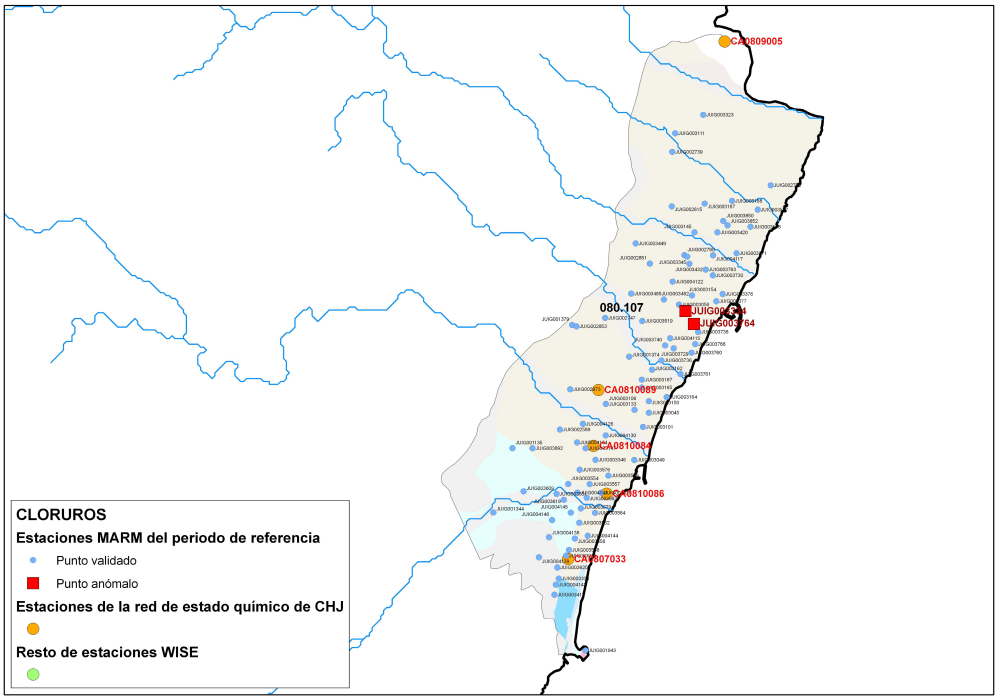


Figura 12. Mapa de validación de las estaciones de control de cloruros en la masa de agua subterránea 080.107 Plana de Vinaroz.

Los mapas de validación de las estaciones de control que se han elaborado para cloruros, sulfatos y conductividad a 20º C en las MASUB costeras se pueden consultar en el Anejo 5.

En la siguiente fase del proceso de validación de cada parámetro indicador de la intrusión en cada MASUB costera se han descartado las estaciones que durante el periodo de referencia presentan mediciones claramente diferentes con respecto a los niveles generales observados en ese periodo. Estas desviaciones pueden deberse a errores en las mediciones o al hecho de que la estación se sitúe en un sector en que se obtienen valores que no son representativos del conjunto de la masa. Por tanto, las estaciones validadas finalmente en este estudio cumplen los siguientes criterios:

- Presentan mediciones en el periodo de referencia definido en cada MASUB (estaciones de referencia).
- No presentan valores anómalos con respecto al resto de mediciones en la MASUB correspondiente en el periodo de referencia (estaciones no descartadas).

Con el objetivo de obtener una visión general de la evolución del parámetro en cada MASUB se han representado en los gráficos validados todos los análisis de las estaciones validadas en este estudio, si bien hay que tener en cuenta que los valores posteriores al periodo de referencia no influyen en la determinación del valor umbral.

En la Figura 13 se muestra el gráfico validado correspondiente a la MASUB 080.107 Plana de Vinaroz. Como se puede apreciar en este gráfico, la línea de tendencia y el nivel de referencia se han calculado teniendo en cuenta los datos validados y los percentiles indicados anteriormente.

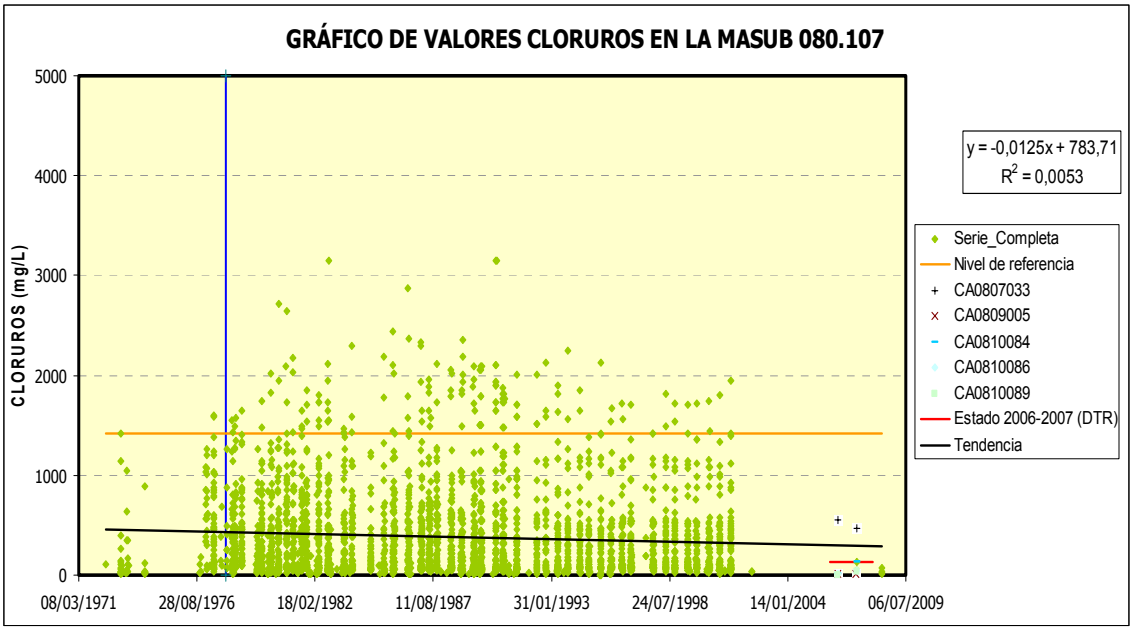


Figura 13. Gráfico validado para la determinación de los niveles de referencia de cloruros en la masa de agua subterránea 080.107 Plana de Vinaroz.

La relación completa de los gráficos validados correspondientes a los parámetros de cloruros, sulfatos y conductividad estudiados en las MASUB costeras se adjunta en el Anejo 6.

Los años de inicio y final del periodo de referencia por MASUB se han identificado según el criterio de disponibilidad de 60 datos o más, medidos antes del año 1980. La única excepción corresponde con la MASUB 080.190 Bajo Vinalopó en la que, teniendo en cuenta la escasez de datos históricos, se ha optado por ampliar en un año el final del periodo de referencia (hasta 1997) en todos los parámetros para aumentar el número de datos disponibles considerados en el nivel de referencia.

En síntesis, a partir del estudio de validación se ha determinado el periodo de referencia (año inicial y año final) para cada parámetro indicador de la intrusión en cada MASUB costera, indicando el número de datos utilizados para cada parámetro y el número de estaciones de control validadas (con coordenadas correctas, asignación de MASUB conforme a estas coordenadas, y sin valores anómalos) para el periodo de referencia. En la Tabla 19 se muestra, como ejemplo, el resultado obtenido por MASUB para los cloruros.

PARÁMETRO: CLORUROS (mg/L)	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA															
	080.107	080.109	080.110	080.127	080.128	080.141	080.142	080.151	080.152	080.163	080.164	080.165	080.179	080.180	080.184	080.190
Año inicial de cálculo del valor de referencia (estaciones validadas)	1972	1972	1972	1969	1972	1968	1972	1972	1973	1973	1971	1978	1973	1974	1974	1971
Año final de cálculo del valor de referencia (estaciones validadas)	1977	1985	1974	1974	1974	1974	1974	1977	1978	1974	1977	1991	1980	1978	1987	1997
Número de datos validados	129	63	74	135	187	116	79	77	69	93	83	61	65	101	64	68
Número de estaciones validadas	88	17	42	131	95	107	79	25	26	56	32	5	19	20	37	34

Tabla 19. Periodos de referencia considerados, datos validados y estaciones validadas para cloruros en las masas de agua subterránea costeras.

3.1.5 DEFINICIÓN DE LOS VALORES UMBRAL EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS DESIGNADAS EN RIESGO

Conforme a la normativa aplicable debe establecerse un valor umbral para cada parámetro indicador en las MASUB costeras designadas en riesgo por intrusión. Según se ha expuesto en los apartados anteriores, el procedimiento desarrollado ha permitido obtener los estadísticos correspondientes al nivel de referencia para cloruros, sulfatos y conductividad a partir de los datos de las estaciones validadas en las 13 MASUB costeras que se encuentran en riesgo por intrusión. Para cada parámetro se han obtenido los siguientes estadísticos que caracterizan el periodo de referencia: valor promedio de la muestra, coeficiente de variación de la muestra y valor de los percentiles 75, 90 y 97,7, según los valores medidos en las estaciones validadas. En la Tabla 20 se muestran, como ejemplo, los estadísticos obtenidos en cloruros.

PARÁMETRO: CLORUROS (mg/L)	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA															
	080.107	080.109	080.110	080.127	080.128	080.141	080.142	080.151	080.152	080.163	080.164	080.165	080.179	080.180	080.184	080.190
Valor promedio de la muestra (estaciones validadas)	377	-	619	251	144	147	154	190	69	480	543	-	299	818	-	1.591
Coeficiente de variación de la muestra (estaciones validadas)	1,09	-	0,67	1,01	1,46	0,51	0,55	0,99	0,65	1,12	0,87	-	0,86	0,67	-	0,44
Valor del percentil 75 de la muestra (estaciones validadas)	596	-	887	310	165	186	184	199	78	432	979	-	412	1.079	-	1.950
Valor del percentil 90 de la muestra (estaciones validadas)	1.037	-	1.071	618	268	244	279	504	99	1.668	1.179	-	639	1.640	-	2.758
Valor del percentil 97,7 de la muestra (estaciones validadas)	1.421	-	1.725	953	355	354	413	767	185	1.899	1.405	-	1.008	2.222	-	3.350

Tabla 20. Parámetros estadísticos obtenidos para la determinación del nivel de referencia de cloruros en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo por intrusión.

En el Anejo 7 se recogen los resultados estadísticos con respecto al receptor ambiental de la intrusión salina para cada parámetro estudiado en las MASUB costeras designadas en riesgo por intrusión.

A partir de los resultados de este estudio estadístico se ha establecido un procedimiento para determinar los valores umbral correspondientes al receptor ambiental de la intrusión salina en las 13 MASUB costeras designadas en riesgo químico, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Con carácter general se ha establecido el nivel de referencia con el valor del percentil 90 de cada parámetro indicador, calculado con los datos de las estaciones validadas en el periodo de referencia. De este modo se dispone de un mayor margen de seguridad para la gestión, ya que en cada masa se consideran concentraciones naturales menores que las obtenidas con el percentil 97,7.

- Conforme a la Guía metodológica (CE, 2009), el valor criterio para cada parámetro del receptor "intrusión salina" en cada MASUB en riesgo por intrusión coincide con el nivel de referencia calculado. No obstante, y en aplicación del principio de precaución, en aquellas MASUB en que el valor calculado para un parámetro ha sido inferior al valor paramétrico que se indica en el Anexo II del Real Decreto 140/2003, sobre aguas de consumo humano, se ha adoptado este valor normativo como valor criterio.

- Se han seleccionado como parámetros indicadores del receptor "intrusión salina" las concentraciones de cloruros y sulfatos. En este estudio no se ha considerado la conductividad de las aguas subterráneas como indicador específico para el receptor de la intrusión salina ya que, según la información disponible, en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar las variaciones de este parámetro pueden deberse a diversos factores, tanto de origen natural como antrópico.

- En la interpretación de los resultados estadísticos se ha tenido en cuenta el modelo conceptual del funcionamiento hidrodinámico de cada MASUB: identificación de las principales características litoestratigráficas y posible influencia de las formaciones geológicas en las altas concentraciones naturales de cloruros y sulfatos en las aguas subterráneas, las concentraciones actuales en las aguas subterráneas, los niveles piezométricos, y el coeficiente de explotación (relación captación/recurso).

A partir de estas premisas se ha elaborado una propuesta inicial de valores umbral de cloruros y sulfatos para el receptor ambiental "intrusión salina" en las MASUB costeras que se encuentran en riesgo.

Estos resultados se han comparado posteriormente con los valores umbral de cloruros y sulfatos que se han propuesto para el criterio de uso "agua de consumo humano" en cada MASUB costera en riesgo.

Mediante la comparación de los resultados procedentes de estas dos líneas de trabajo, y aplicando el criterio de experto en los casos en que el conocimiento de la cuenca hidrográfica así lo ha aconsejado, se ha fijado finalmente un valor umbral único por parámetro para las MASUB costeras que se encuentran en riesgo en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. En las 13 MASUB costeras designadas en

riesgo por intrusión los valores umbral, en general, son coincidentes con los que se han obtenido para el receptor ambiental de la intrusión salina, teniendo en cuenta las siguientes particularidades:

- En las MASUB 080.107 Plana de Vinaroz y 080.110 Plana de Oropesa-Torreblanca, que se encuentran en riesgo químico por intrusión y difuso, y en riesgo cuantitativo por extracción, el valor umbral de cloruros para el receptor ambiental de la intrusión salina se ha fijado finalmente en 1.100 mg/L, teniendo en cuenta la distribución estadística de las series históricas y las características hidrogeológicas de ambas masas.

- En las MASUB 080.127 Plana de Castellón y 080.141 Plana de Valencia, que se encuentran en riesgo químico por intrusión y difuso, y en riesgo cuantitativo por extracción, el valor umbral de sulfatos se ha fijado en 525 y 535 mg/L respectivamente, conforme al criterio de uso de "agua de consumo humano".

- En la MASUB 080.184 San Juan – Benidorm, que se encuentra en riesgo químico difuso y en riesgo cuantitativo por extracción, los valores umbral para cloruros (496 mg/L) y para sulfatos (400 mg/L) se han fijado según el criterio de uso de "agua de consumo humano".

En síntesis, los valores umbral de cloruros que ha establecido la Confederación Hidrográfica del Júcar en las MASUB costeras designadas en riesgo químico (por intrusión y difuso) se resumen en la Tabla 21.

PARÁMETRO: CLORUROS (mg/L)	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA															
	080.107	080.109	080.110	080.127	080.128	080.141	080.142	080.151	080.152	080.163	080.164	080.165	080.179	080.180	080.184	080.190
EN RIESGO POR INTRUSIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
EN RIESGO DIFUSO	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	
EN RIESGO POR EXTRACCIÓN	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
RECEPTOR AMBIENTAL "INTRUSIÓN SALINA" Propuesta inicial de valor umbral a partir del percentil 90 y RD 140/2003 (con estaciones validadas y representativas)	1.050	-	1.100	650	300	250	300	550	250	1.700	1.200	-	650	1.650	-	2.800
VALOR UMBRAL PROPUESTO AL MARM	**1.100** (1)	**-**	**1.100**	**650**	**300**	**250**	**300**	**550**	**250**	**1.700**	**1.200**	**-**	**650**	**1.650**	**496** (2)	**2.800**

(1) **Valor umbral según criterio ambiental y criterio de experto**
(2) **Valor umbral según criterio de uso**

Tabla 21. Valores umbral para cloruros en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo químico (por intrusión y difuso) en la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Los valores umbral que la Confederación Hidrográfica del Júcar ha definido para sulfatos en las MASUB costeras designadas en riesgo químico (por intrusión y difuso) se resumen en la Tabla 22.

PARÁMETRO: SULFATOS (mg/L)	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA															
	080.107	080.109	080.110	080.127	080.128	080.141	080.142	080.151	080.152	080.163	080.164	080.165	080.179	080.180	080.184	080.190
EN RIESGO POR INTRUSIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
EN RIESGO DIFUSO	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	
EN RIESGO POR EXTRACCIÓN	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTUDIO DE VALORES UMBRAL	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
RECEPTOR AMBIENTAL "INTRUSIÓN SALINA" Propuesta inicial de valor umbral a partir del percentil 90 y RD 140/2003 (con estaciones validadas y representativas)	250	-	350	450	700	450	500	350	250	550	350	-	250	550	-	2.000
VALOR UMBRAL PROPUESTO AL MARM	**250**	**-**	**350**	**525 (1)**	**700**	**535 (1)**	**500**	**350**	**250**	**550**	**350**	**-**	**250**	**550**	**400 (1)**	**2.000**

(1) **Valor umbral propuesto según criterio de uso**

Tabla 22. Valores umbral para sulfatos en las masas de agua subterránea costeras designadas en riesgo químico (por intrusión y difuso) en la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Como se ha indicado anteriormente, la conductividad de las aguas subterráneas no se ha considerado como un parámetro específico para el receptor ambiental "intrusión salina". En este sentido, cabe indicar que los valores umbral de conductividad que se han fijado en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar para las MASUB designadas en riesgo se han definido únicamente para el criterio de uso (según el receptor "aguas de consumo humano"), y se refieren a los parámetros de conductividad a 20º C y a 25º C.

Los valores umbral que la Confederación Hidrográfica del Júcar ha definido en cada MASUB designada en riesgo para los parámetros estudiados se han recogido en el cuestionario "GW-TV Questionnaire" que el MARM ha enviado a la Comisión Europea en cumplimento de las obligaciones de la Directiva de Aguas Subterráneas.

En la Tabla 23 se resumen los rangos de los valores umbral que se han definido en el cuestionario para las MASUB designadas en riesgo en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar (RBD ES080). Como se puede observar, los valores umbral de cloruros en las MASUB en riesgo están comprendidos entre 250 y 2.800 mg/L, mientras que el rango de los valores umbral de sulfatos varía entre 250 y 2.000 mg/L. Se puede observar, asimismo, que no se han identificado MASUB en riesgo o en mal estado con respecto a los parámetros estudiados para la definición de los valores umbral.

RBD	Parameters/ Substances	Threshold value / quality standard (or range)[1] ('No'+justification / <Value> / <Range>)	Unit (e.g. mg/l)	Level on which the TV is established (Member State / international RBD / national (part of) RBD / GWB or group of GWBs)	WFD-Codes of RBDs for which TV has (have) been established	Is the parameter responsible for a GWB being at risk (yes / no)	If yes, how many GWBs are at risk due to this parameter?	Is the parameter responsible for poor status of a GWB (yes / no)	If yes, how many GWBs are of poor status due to this parameter?
GWD Annex II substances	Arsenic	no "absence of identified risk"	mg/L	RBD	ES080				
	Cadmium	0,005-0,016	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Lead (*2)	0,025	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Mercury (*2)	0,001	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Ammonium	no "absence of identified risk"	mg/L	RBD	ES080				
	Chloride	250-2800	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Sulphate	250-2000	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Trichloroethylene (*1) (*2)	10000	ng/L	RBD	ES080	no		no	
	Tetrachloroethylene (*1) (*2)	10000	ng/L	RBD	ES080	no		no	
	Conductivity 25ºC (usage criteria)	2750-2990	µS/cm a 25ºC	RBD	ES080	no		no	
	Parameters/ Substances	**Threshold value / quality standard (or range)[1] (<Value> / <Range>)**	**Unit (e.g. mg/l)**	**Level on which the TV is established (Member State / international RBD / national (part of) RBD / GWB or group of GWBs)**	**WFD-Codes of RBDs for which TV has (have) been established**	**Is the parameter responsible for a GWB being at risk (yes / no)**	**If yes, how many GWBs are at risk due to this parameter?**	**Is the parameter responsible for poor status of a GWB (yes / no)**	**If yes, how many GWBs are of poor status due to this parameter?**
Please insert individual substances / parameters for which TVs have been established	Iron	0,200-0,565	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Selenium	0,0125-0,0285	mg/L	RBD	ES080	no		no	
	Conductivity 20ºC (usage criteria)	2500-2650	µS/cm a 20ºC	RBD	ES080	no		no	

(*1) These two parameters have been evaluated as a whole, as the national legislation establishes one unique limit for Drinking Water for the sum of both concentrations.
(*2) The proposed value for the above named substances coincide with those established within national legislation of Drinking Water (RD 140/2003).

Tabla 23. Resumen de los valores umbral establecidos en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar conforme al cuestionario solicitado por la Comisión Europea.

3.1.6 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS VALORES UMBRAL DE CLORUROS, SULFATOS Y CONDUCTIVIDAD EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS DESIGNADAS EN RIESGO Y LOS DATOS DE LA RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO QUÍMICO EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

A partir de los valores umbral fijados en las MASUB designadas en riesgo por intrusión en la Confederación Hidrográfica del Júcar, la Oficina de Planificación Hidrológica ha efectuado un estudio comparativo con los datos correspondientes al valor promedio del periodo 2006-2007 en las estaciones de la red de seguimiento del estado químico en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

En la Figura 14 se muestra el mapa comparativo entre los valores umbral de cloruros y las concentraciones promedio de las estaciones de la red de seguimiento del estado químico, en el que se han destacado con un símbolo de color rojo las estaciones en que se supera el valor umbral de la MASUB en la que se sitúan.

Se observa que el valor umbral más alto, conforme a las concentraciones de cloruros identificadas en el periodo de referencia, corresponde a la MASUB 080.190 Bajo Vinalopó. También se observa que los valores umbral más bajos se han obtenido en las MASUB costeras de la provincia de Valencia.

Con respecto las estaciones de la red de seguimiento se observa que el valor promedio de este parámetro medido en las estaciones en el periodo 2006 – 2007 ha sido inferior al valor umbral de su MASUB, con la excepción de una estación situada en la MASUB 080.179 Depresión de Benisa.

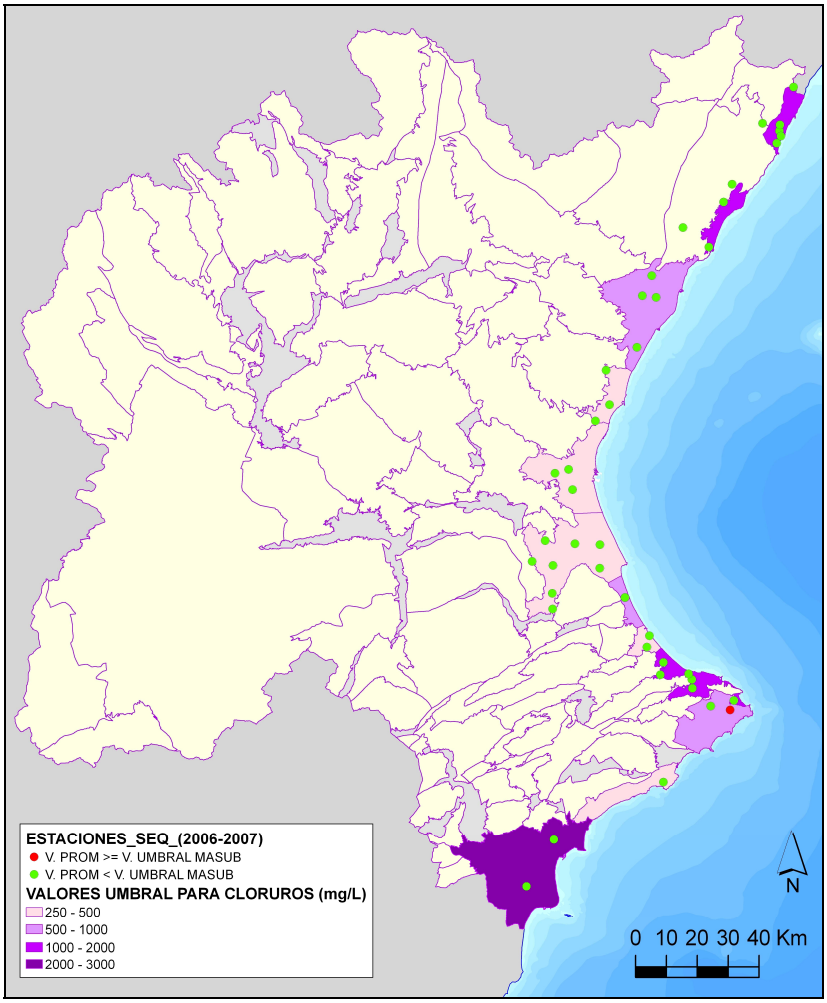


Figura 14. Valores umbral definidos para las concentraciones de cloruros en las masas de agua subterránea costeras en riesgo por intrusión y valores promedio obtenidos en las estaciones de control del estado químico (periodo 2006-2007).

En la Figura 15 se presenta el mapa correspondiente a los valores umbral de sulfatos para el receptor ambiental de la intrusión salina. Al igual que sucede con los cloruros, el valor umbral más alto corresponde a la MASUB 080.190 Bajo Vinalopó, ya que es la que ha presentado una mayor concentración de sulfatos en el periodo de referencia. En el resto del borde costero los valores umbral más elevados se han obtenido en las MASUB que ocupan la zona septentrional de la provincia de Castellón (080.107 Plana de Vinaroz y 080.110 Plana de Oropesa-Torreblanca), y la zona septentrional de la provincia de Alicante (masas 080.163 Oliva-Pego, 080.164 Ondara-Denia y 080.180 Jávea).

En general, los valores promedio de las estaciones en el periodo 2006 – 2007 no han superado el valor umbral de su MASUB, con la excepción de una estación de la MASUB 080.127 Plana de Castellón y dos estaciones de la MASUB 080.151 Plana de Jaraco.

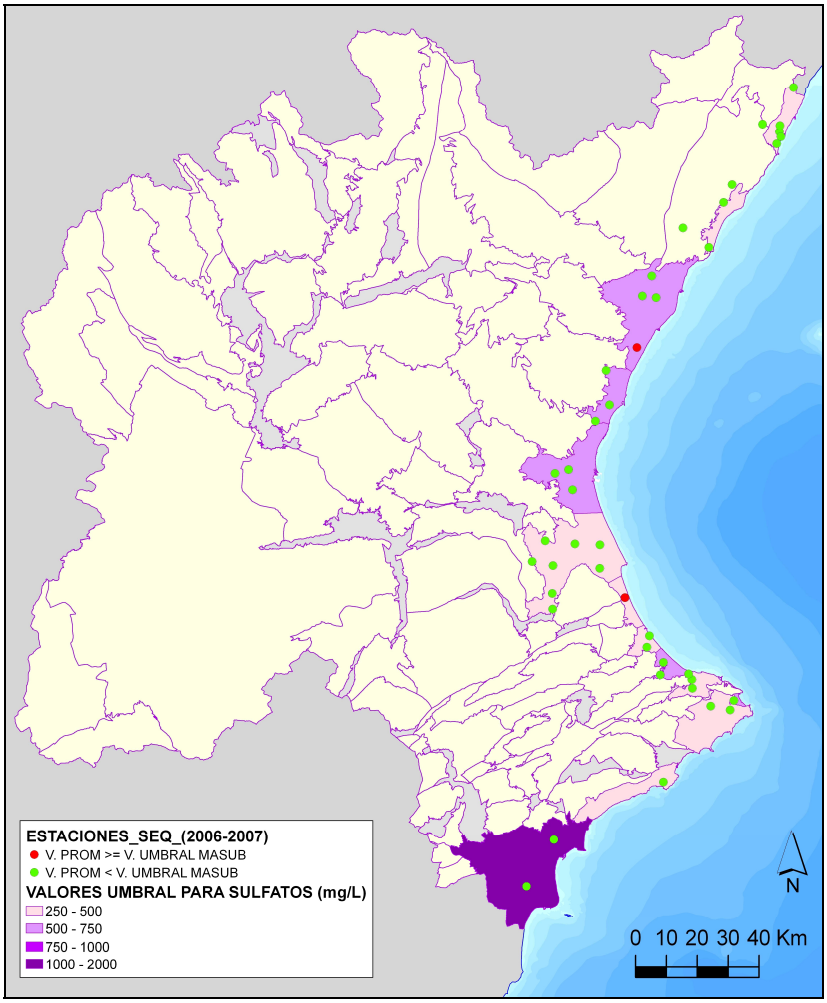


Figura 15. Valores umbral definidos para las concentraciones de sulfatos en las masas de agua subterránea costeras en riesgo por intrusión y valores promedio obtenidos en las estaciones de control del estado químico (periodo 2006-2007).

La única MASUB costera en la que se ha fijado un valor umbral con respecto a la conductividad es 080.184 San Juan – Benidorm, en aplicación del criterio de uso de aguas de consumo humano. En la Figura 16 se muestra el mapa representativo del valor umbral de 2.650 microSiemens a 20º C que se ha definido para esta MASUB. Se observa que la estación de la red de estado químico situada en esta MASUB superaría este valor umbral en el periodo 2006 – 2007, si bien hay que tener en cuenta que los datos analíticos disponibles para estas fechas corresponden con el parámetro “conductividad de campo”.

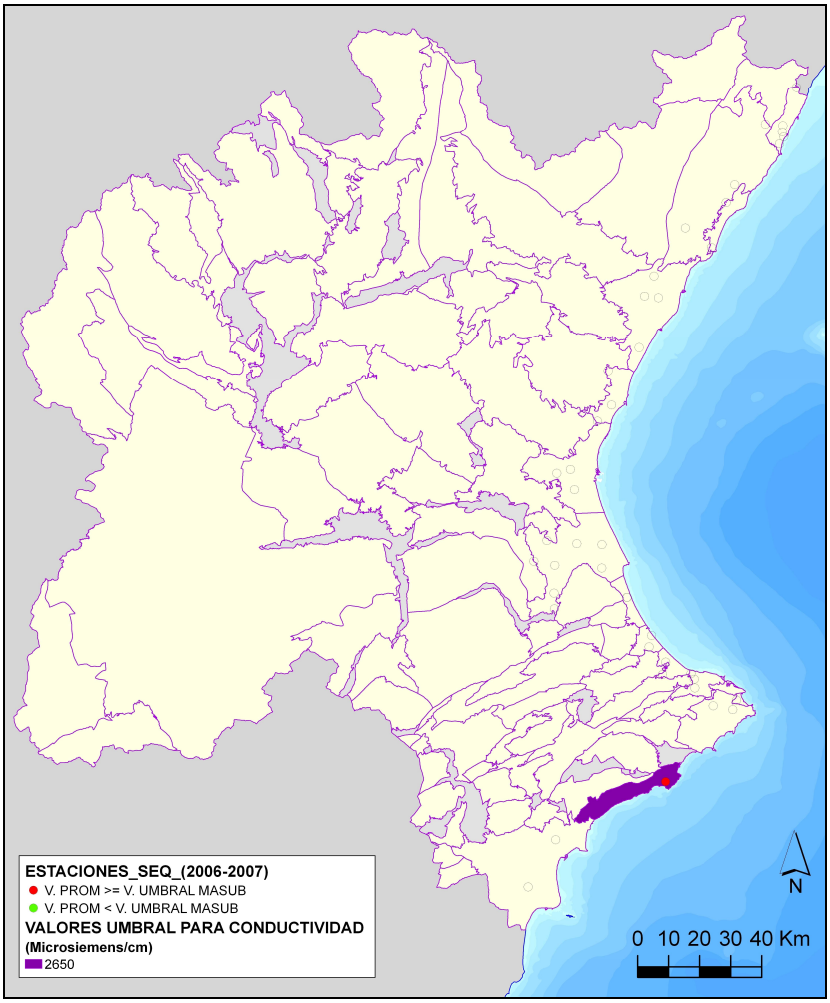


Figura 16. Valores umbral definidos para la conductividad a 20º C (criterio de uso) en las masas de agua subterránea costeras en riesgo por intrusión y valores promedio obtenidos en las estaciones de control del estado químico (periodo 2006-2007).

Se ha efectuado el estudio de detalle de la información de aquellas estaciones de la red de seguimiento del estado químico cuyo valor promedio en el periodo 2006 – 2007 para cloruros, sulfatos y conductividad superaría el valor umbral de la masa de agua subterránea en la que se sitúan.

En el Anejo 8 se detallan los resultados de este estudio comparativo entre los valores umbral fijados en las MASUB costeras y los datos de las estaciones de la red de seguimiento del estado químico.

3.1.7 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS VALORES UMBRAL DE CLORUROS, SULFATOS Y CONDUCTIVIDAD EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR Y EN EL RESTO DE DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS

A partir de la información contenida en el cuestionario de valores umbral para las aguas subterráneas ("GW-TV Questionnaire") del MARM, la Oficina de Planificación Hidrológica ha realizado un estudio comparativo entre los valores umbral que se han establecido para las MASUB designadas en riesgo por intrusión en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar y en el conjunto de las demarcaciones hidrográficas españolas.

En la Tabla 24 se muestran los parámetros que pueden estar relacionados con la intrusión (cloruros y sulfatos, o conductividad) y sus respectivos valores umbral en cada demarcación hidrográfica.

VALORES UMBRAL DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE LA INTRUSIÓN POR DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA			
Demarcación hidrográfica	**Parámetros de control de la intrusión**	**Rango**	**Observaciones**
Guadiana	Cloruros	660-1057	No indica explícitamente si es por "intrusión"
	Sulfatos	427-2467	
	Conductividad	-	Sólo indica conductividad por "criterio de uso". No distingue a 20º ó 25º C
Guadalquivir	Cloruros	250-408	No indica explícitamente si es por "intrusión"
	Sulfatos	250-727	
	Conductividad (20ºC)	2500	
Segura	Cloruros	283-3566	Indica explícitamente que son rangos establecidos para "intrusión". También establece otros rangos por "criterio de uso".
	Sulfatos	338-1590	
	Conductividad (20ºC)	1537-10480	
Júcar	Cloruros	250-2800	Indica explícitamente que son rangos establecidos para intrusión.
	Sulfatos	250-2000	
	Conductividad	-	Indica conductividad por "criterio de uso" a 20º y 25º C
Ebro	Cloruros	250-4745	No indica explícitamente si es por intrusión Una MASUB en riesgo por cloruros
	Sulfatos	250-4200	
	Conductividad	-	
Cuencas internas de Cataluña	Cloruros	150 a 480	No indica explícitamente si es por intrusión. Hay 7 MASUB en mal estado por cloruros y 6 por sulfatos
	Sulfatos	150 a 450	
	Conductividad	1500 a 3000	No indica la temperatura de la conductividad. Hay 2 MASUB en mal estado
Cuencas internas del País Vasco	(Ninguno)	-	-
Resumen cuestionario: 9 demarcaciones hidrográficas	Cloruros	150 a 3566	Indica explícitamente que son rangos establecidos para intrusión. Establece rangos por criterio de uso
	Sulfatos	150 a 2000	
	Conductividad (20ºC)	1500 a 10480	

Tabla 24. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para los parámetros de control de la intrusión.

En la tabla anterior se observa que siete de las nueve demarcaciones hidrográficas han definido valores umbral para parámetros indicadores de la intrusión marina. En el ámbito del Duero y Tajo no han definido umbrales para la intrusión al tratarse de cuencas internacionales en las que la zona costera no se sitúa en la parte española.

En el ámbito del Guadalquivir, Segura y Cuencas internas de Cataluña la conductividad se considera un parámetro de control de la intrusión, mientras que en el Júcar, Guadiana y Ebro no se ha considerado la conductividad como parámetro indicativo de la intrusión. En las Cuencas internas del País Vasco no se han definido valores umbral para la intrusión.

Se observa, asimismo, que en los cuestionarios del Ebro y las Cuencas internas de Cataluña se ha especificado el número total de MASUB que se encuentran en riesgo por alguno de los parámetros que están relacionados con el control de la intrusión. En el caso de las Cuencas internas de Cataluña también se ha indicado el número de MASUB que se encuentran en mal estado según estos parámetros.

A partir de la información recopilada en el "GW-TV Questionnaire" se han elaborado, para cada parámetro de control de la intrusión, unas gráficas comparativas en que se representan los intervalos de valores umbral enviados por el MARM a la Comisión Europea, tanto por criterio ambiental (intrusión) como por criterio de uso para el conjunto de las demarcaciones hidrográficas. En cada gráfica se ha representado una horquilla de valores en la que se indica el rango de valores umbral establecidos por la Confederación Hidrográfica del Júcar, así como las demarcaciones hidrográficas en que se han definido los valores umbral máximo y mínimo para cada parámetro y criterio.

En la Figura 17 se muestran las gráficas correspondientes a los valores umbral por cloruros establecidos para el receptor de la "intrusión salina" (criterio ambiental) y para el receptor "aguas de consumo humano" (criterio de uso) en las MASUB que han sido evaluadas en riesgo.

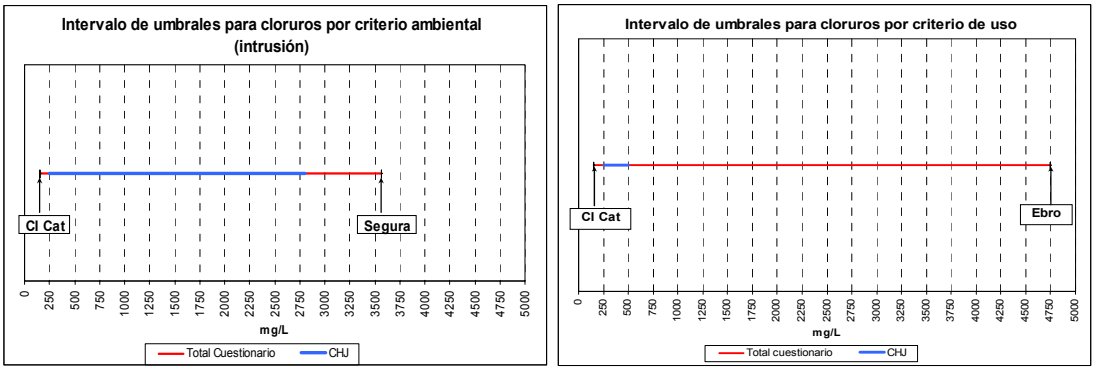


Figura 17. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para cloruros.

En estas gráficas se observa que los valores umbrales más bajos por MASUB corresponden con las Cuencas internas de Cataluña, tanto para el criterio ambiental de la intrusión como para el criterio de uso.

El valor umbral más alto de cloruros para el criterio ambiental de la intrusión se ha establecido en el ámbito de la cuenca del Segura, mientras que el valor umbral más alto para el criterio de uso corresponde al ámbito del Ebro.

Se observa que el valor umbral máximo de cloruros de las MASUB del ámbito del Júcar según el criterio ambiental es inferior en casi 700 mg/L con respecto al máximo valor, definido en el ámbito del Segura, y que el valor umbral máximo según el criterio de uso en el ámbito del Júcar es del orden de 9 veces inferior al valor máximo, que corresponde al ámbito del Ebro.

En la Figura 18 se presentan las gráficas correspondientes a los valores umbral por sulfatos que se han fijado para el receptor de la "intrusión salina" (criterio ambiental) y para el receptor "aguas de consumo humano" (criterio de uso) en las MASUB evaluadas en riesgo.

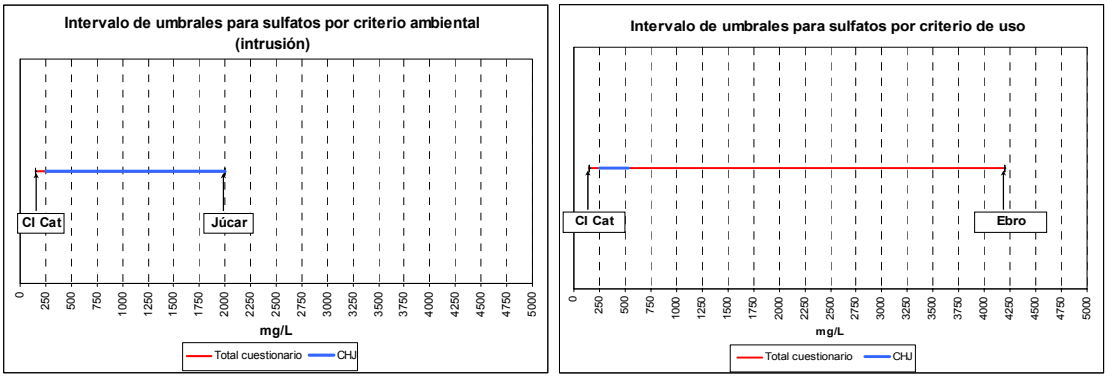


Figura 18. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para sulfatos.

De forma análoga a lo que se ha observado para cloruros, los valores umbral más bajos para sulfatos se han fijado en las Cuencas internas de Cataluña.

Los valores umbral más altos para sulfatos se han fijado en el ámbito del Júcar para la intrusión salina. Sin embargo, el valor umbral más alto para sulfatos establecido en el ámbito del Júcar para el criterio de uso es aproximadamente nueve veces inferior al valor máximo recopilado en el cuestionario, que se ha fijado en el ámbito del Ebro.

En la Figura 19 se muestran las gráficas de los valores umbral que corresponden a la conductividad a 20 ºC del cuestionario.

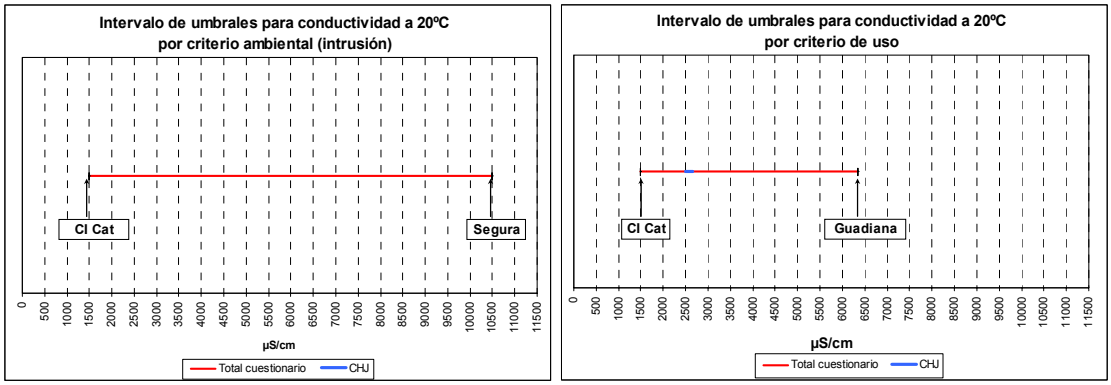


Figura 19. Valores umbral definidos en las demarcaciones hidrográficas españolas para la conductividad a 20º C (según criterio de uso en la Confederación Hidrográfica del Júcar).

Al igual que en los casos anteriores, los valores umbral más bajos recopilados en el cuestionario para el parámetro de conductividad corresponden con las Cuencas internas de Cataluña. El máximo valor de conductividad por criterio de intrusión (sin incluir el Júcar, ya que no se ha considerado como parámetro indicador de la intrusión) se alcanza en el ámbito del Segura, mientras que el mayor valor umbral según el criterio de uso se ha fijado en el ámbito del Guadiana. El valor umbral más alto definido en el ámbito del Júcar para la conductividad a 20º C, según el criterio de uso, es del orden de tres veces inferior al máximo valor umbral definido en el conjunto de las demarcaciones hidrográficas españolas.

3.2 ESTUDIO PILOTO EN MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS PARA DETERMINAR LA CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LOS PARÁMETROS DE LA INTRUSIÓN Y LAS SALIDAS SUBTERRÁNEAS AL MAR Y SU RELACIÓN CON LOS VALORES UMBRAL FIJADOS PARA EL RECEPTOR AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN SALINA

Las actividades que se han desarrollado en este estudio piloto tienen por objetivo la elaboración de una propuesta metodológica para la determinación de la restricción ambiental en las salidas subterráneas al mar en dos MASUB costeras, y se centran siguientes aspectos:

- Selección y análisis de dos MASUB costeras para la actualización de las correlaciones entre las salidas subterráneas al mar del modelo Patrical y las series paramétricas de los indicadores de la intrusión, a partir de las estaciones y redes de seguimiento de observación de la intrusión y de la calidad de las aguas subterráneas.

- Estimación de los volúmenes de drenaje subterráneo que serían necesarios en distintas hipótesis para alcanzar el cumplimiento de los valores umbral establecidos conforme al receptor ambiental de la intrusión salina en las masas estudiadas.

Se exponen a continuación los resultados obtenidos en este estudio piloto.

3.2.1 ANTECEDENTES

La Oficina de Planificación Hidrológica, en el marco de los trabajos de planificación hidrológica, llevó a cabo en 2008 un estudio inicial para la caracterización de la intrusión en el ámbito geográfico de la Confederación Hidrográfica del Júcar, titulado "*Análisis comparativo de la evolución de los indicadores de la intrusión y de las descargas al mar obtenidas con PATRICAL en régimen alterado. Febrero de 2008".* Los resultados completos de este estudio inicial se pueden consultar en el documento titulado "*Trabajos de apoyo para la coordinación y el seguimiento de los estudios iniciales sobre sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas conforme a la Directiva Marco del Agua en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar*" (CHJ, 2009-b).

En el estudio inicial se desarrolló una metodología con el objetivo de identificar unos indicadores del proceso de intrusión en las MASUB costeras a partir del análisis comparativo de la evolución de los parámetros cuantitativos (piezometría) y físico-químicos (cloruros y conductividad) con respecto a los volúmenes de descargas subterráneas al mar calculados mediante el modelo de simulación hidrológica PATRICAL en régimen alterado (versión del modelo de enero de 2008). En síntesis, el estudio inicial presenta las siguientes características:

- El estudio de las series históricas de los parámetros cuantitativos (piezometría) y físico-químicos (cloruros y conductividad) se efectuó en una selección de 53 estaciones de control pertenecientes a la Red operativa de observación de la intrusión (ROI) que presentaban las series paramétricas de mayor extensión.

- El ámbito geográfico del estudio coincidía con el de las 17 MASUB costeras según los límites que se definieron en el "Informe para la Comisión Europea sobre los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco de Agua" (CHJ, 2005), si bien la información disponible para los puntos de control seleccionados permitía efectuar el análisis en 13 MASUB costeras.

- El estudio comparativo entre las series paramétricas (piezometría, cloruros y conductividad) y las series de descargas al mar de PATRICAL se efectuó a escala anual, mensual y estacional, con la finalidad de determinar la influencia que pueden tener las escalas temporales de trabajo en la definición de unos posibles indicadores de la intrusión.

- A partir de las series paramétricas en que se obtuvo una alta correlación a escala anual con respecto a los volúmenes de salidas al mar se definió una curva característica de "concentración de cloruros/conductividad/salidas al mar" para cada MASUB costera con la finalidad de determinar el valor mínimo de las salidas subterráneas al mar que permitieran garantizar la no superación de un determinado valor de la concentración de cloruros y conductividad en la MASUB.

Posteriormente, y con el objetivo de dar cumplimiento a la Directiva 2006/118/CE (Directiva de Aguas Subterráneas), la Confederación Hidrográfica del Júcar ha desarrollado los trabajos para la determinación de los valores umbral en las MASUB designadas en riesgo químico. Como se ha expuesto en el apartado 3.1 de esta Memoria, estos trabajos han tenido como principal referencia la nueva base de datos general de calidad de las aguas subterráneas remitida por parte de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Esta base de datos contiene una extensa relación de puntos de control inventariados y un abundante número de mediciones, lo que ha permitido ampliar el análisis de los registros disponibles de calidad de las aguas subterráneas, tanto en la longitud de las series temporales como en la cobertura geográfica de los puntos de control. Con la incorporación de estos nuevos datos, especialmente los relativos a la concentración de cloruros, se ha podido obtener una mejor caracterización espacial y temporal de los indicadores físico-químicos de la intrusión en cada MASUB costera, incrementando de esta forma la representatividad de los resultados con respecto a los que se obtuvieron en el estudio inicial.

Teniendo en cuenta los resultados de los estudios previos, la nueva base de datos disponible y la reciente definición de los valores umbral en las MASUB evaluadas en riesgo químico, la Oficina de Planificación

Hidrológica ha llevado a cabo un estudio piloto para estimar el volumen de restricción ambiental en las salidas subterráneas al mar que permitiría garantizar el cumplimiento del valor umbral establecido en las MASUB costeras con respecto al receptor ambiental de la intrusión marina.

3.2.2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El estudio piloto en las MASUB costeras se ha planteado con la finalidad de determinar, a partir de la cuantificación numérica de la correlación existente entre los parámetros indicadores de la intrusión y las salidas subterráneas al mar, el volumen mínimo de salidas al mar que permitan garantizar el cumplimiento del valor umbral fijado con respecto al receptor ambiental de la intrusión salina.

En el estudio piloto se han considerado dos MASUB costeras, 080.128 Plana de Sagunto y 080.141 Plana de Valencia Norte, que en el estudio inicial (CHJ, 2009-b) presentaron resultados muy diferentes. En la MASUB 080.128 Plana de Sagunto se observaron altos índices de correlación entre los indicadores considerados (cloruros y conductividad) y las salidas subterráneas al mar, mientras que en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte estos índices fueron muy bajos y estadísticamente poco significativos.

El indicador físico-químico de la intrusión marina que se ha analizado en este estudio piloto es la concentración de cloruros en las aguas subterráneas, ya que es un parámetro que presenta series de gran extensión espacial y temporal, y su variación en los puntos de control de la zona costera suele ser un buen indicador de los procesos de avance y retroceso de la cuña salina.

Para analizar la relación existente entre la concentración de cloruros y las salidas subterráneas al mar se ha considerado adecuado adoptar un enfoque agregado por MASUB por las siguientes razones:

- Los volúmenes de restricción ambiental considerados por los trabajos de planificación hidrológica se consideran de forma agregada para el ámbito de cada MASUB.

- Según las conclusiones del estudio inicial (CHJ, 2009-b), el proceso de la intrusión marina puede presentar una distribución espacial heterogénea en el ámbito de cada MASUB, por lo que un análisis de las series de registros en los puntos de control de forma aislada no permitiría describir la situación global de este proceso en toda la MASUB.

- Los valores de las salidas subterráneas al mar que proporciona el modelo de simulación hidrológica PATRICAL se obtienen de forma agregada para cada MASUB.

Por tanto, el primer paso en el desarrollo metodológico ha consistido en establecer un indicador representativo del estado global del proceso de la intrusión de cada MASUB que permita su posterior comparación con respecto al volumen que drena al mar según PATRICAL.

Para obtener este indicador global por MASUB se ha seguido un procedimiento en el que, a partir de las series de concentraciones de cloruros de los puntos de control, se ha construido una serie sintética anual representativa de la MASUB en su conjunto, conforme a los siguientes criterios:

- La serie sintética debe ser representativa de la evolución temporal de las series de concentraciones de cloruros que se han medido en la MASUB, de forma que permita efectuar un análisis adecuado de la evolución del proceso de la intrusión marina ante diversos escenarios de descargas del modelo PATRICAL.

- La serie obtenida debe representar las variaciones en los registros de concentraciones de cloruros que se producen únicamente como consecuencia de los efectos de la intrusión marina, de forma que no interfieran en el resultado del estudio las afecciones causadas por otras posibles fuentes de contaminación.

- Los valores de la serie sintética deben ser indicativos del estado global de la MASUB con respecto a la intrusión, con independencia de que el proceso de intrusión pueda presentar distintos grados de intensidad en diferentes sectores de la MASUB.

Siguiendo estos criterios se han construido diversas series sintéticas de concentraciones de cloruros en cada MASUB piloto y se ha analizado posteriormente la correlación que se obtiene entre cada una de estas alternativas y los volúmenes de salidas subterráneas al mar del modelo PATRICAL. Mediante este procedimiento, se ha seleccionado la serie sintética más representativa de cloruros en las MASUB estudiadas a partir de la cual, se ha realizado un estudio analítico que ha permitido estimar en cada MASUB los valores de las concentraciones máximas de cloruros esperables para diferentes volúmenes de descargas subterráneas al mar.

Conforme a estas premisas se ha construido una herramienta de apoyo para evaluar los efectos que tendrían diferentes alternativas de gestión en una MASUB, expresadas en forma de restricciones ambientales, con respecto al valor máximo de concentración de cloruros. Esta herramienta permite comparar los valores de concentraciones de cloruros esperables en cada MASUB para los diferentes escenarios hidrológicos considerados, y evaluar en cada escenario el grado de cumplimiento que se obtendría con respecto al valor umbral que se ha establecido para el receptor ambiental de la intrusión salina.

En los siguientes apartados se describen el desarrollo metodológico, los resultados y las conclusiones que se han obtenido con este estudio piloto.

3.2.3 DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo metodológico se ha iniciado con el tratamiento de la información de las mediciones de cloruros. Posteriormente se ha seleccionado la serie sintética anual de concentraciones de cloruros más representativa del comportamiento global de la MASUB y se ha analizado su correlación con respecto a las salidas subterráneas al mar, lo que ha permitido estimar las restricciones ambientales que serían necesarias en las salidas subterráneas al mar para garantizar el cumplimiento del valor umbral de cloruros. En los siguientes apartados se detallan los criterios aplicados y los resultados que se han obtenido en las dos MASUB piloto.

3.2.3.1 CRITERIOS APLICADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA SERIE SINTÉTICA ANUAL DE CONCENTRACIONES DE CLORUROS MÁS REPRESENTATIVA DEL COMPORTAMIENTO GLOBAL DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA

A partir de la información proporcionada sobre la concentración de cloruros en los puntos de control se ha establecido un procedimiento para construir diversas series sintéticas de concentraciones de cloruros y seleccionar posteriormente la que se considera más representativa de la evolución de este parámetro en el conjunto de una MASUB costera, conforme se describe a continuación.

3.2.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE CONTROL SELECCIONADOS Y TRATAMIENTO DE DATOS

El punto de partida de los trabajos ha consistido en la selección y el análisis de la información procedente de los puntos de control de la calidad de las aguas subterráneas. Como se ha indicado anteriormente, en este estudio se han empleado los registros disponibles para el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar de la base de datos de calidad de aguas subterráneas remitida por parte del Área de Recursos Subterráneos de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, lo que ha permitido ampliar las series de registros procedentes de la Red de observación de la intrusión (ROI) que se utilizaron en el estudio inicial (CHJ, 2009-b).

Según se ha descrito en el apartado 3.1 de la presente Memoria, esta base de datos contiene las mediciones realizadas desde principios de los años setenta hasta la actualidad en un total de 5.887 estaciones de control, de las que 5.858 se localizan en el ámbito geográfico de la Confederación Hidrográfica del Júcar según las coordenadas que aporta la propia base de datos de calidad de aguas

subterráneas. De esta relación, 2.056 estaciones disponen de registros de concentraciones de cloruros en el ámbito de las MASUB costeras.

Con el objetivo de conseguir la mayor representatividad temporal de las series, se han seleccionado las estaciones de control que presentan una mayor amplitud temporal en las series históricas registradas de concentraciones de cloruros para cada MASUB costera estudiada. Como criterio de corte se ha considerado que la serie de cloruros medida en una estación es representativa temporalmente si dispone de 20 o más mediciones.

Se ha efectuado también una validación previa de los datos, de forma que se han descartado en cada estación las mediciones que se han considerado anómalas por presentar valores muy superiores o muy inferiores con respecto al resto de la serie de cloruros.

En la MASUB 080.128 Plana de Sagunto se dispone de 177 estaciones que cuentan con algún registro histórico de concentraciones de cloruros, 41 de las cuales cumplen el criterio de representatividad temporal por disponer de 20 o más registros históricos para este parámetro.

En el mapa de la Figura 20 se han representado con marcadores azules las 41 estaciones de control de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto que se han seleccionado en el presente estudio. En este mapa también se han representado con marcadores rojos las estaciones de la ROI que se consideraron en el estudio inicial de la MASUB (CHJ, 2009-b), según la información proporcionada por el sistema Geshidro de la Confederación Hidrográfica del Júcar, así como la localización de las estaciones de la red WISE que se localizan en el ámbito geográfico de esta MASUB (marcadores verdes).

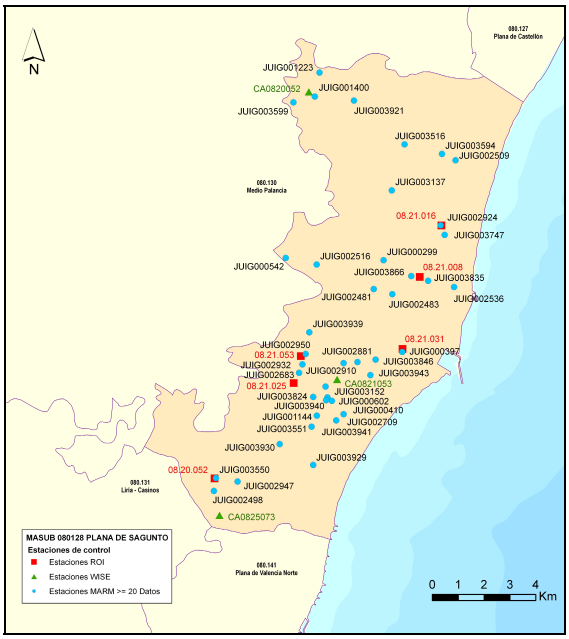


Figura 20. Localización geográfica de las estaciones de control con datos de cloruros en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto: Estaciones seleccionadas de la base de datos del MARM, estaciones de la ROI y estaciones de la red WISE.

Aunque no se ha podido encontrar una correspondencia directa por códigos de estación o por coordenadas entre las 41 estaciones seleccionadas de la base de datos del MARM y las estaciones de la ROI, en algunos casos la representación gráfica y la comparación de las series de cloruros ha permitido determinar esta correspondencia. Así, por ejemplo, en la Figura 21 se han representado los valores medidos en las estaciones de control con códigos JUIG000397, procedente de la base de datos del MARM, y 08.21.031 perteneciente a la ROI. Esta gráfica comparativa muestra que las series son coincidentes en casi todo el periodo estudiado, por lo que se ha considerado que existe correspondencia entre ambas estaciones.

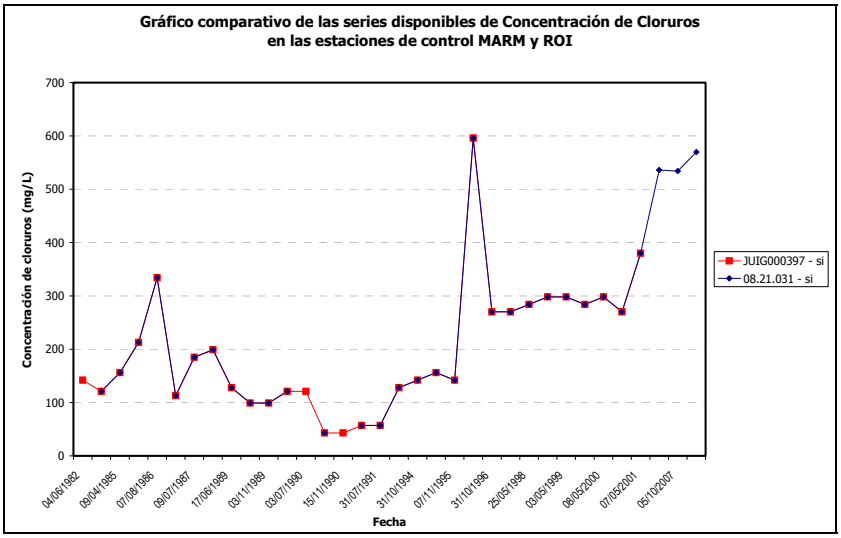


Figura 21. Representación gráfica de las series de concentración de cloruros en las estaciones de control JUIG000397 de la base de datos del MARM y 08.21.031 de la ROI.

Mediante estas correspondencias se han podido completar, y en algunos casos ampliar, las series de cloruros procedentes del sistema de información Geshidro de la Confederación Hidrográfica del Júcar que se analizaron en el estudio inicial (CHJ, 2009-b) en las estaciones pertenecientes a la ROI.

En la Tabla 25 se indica la correspondencia que se ha establecido para las seis estaciones de la ROI que se localizan en el ámbito de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

ESTACIÓN ROI (CHJ, 2009-b)	ESTACIÓN BD-MARM
08.20.052	JUIG003550
08.21.008	JUIG003835
08.21.016	JUIG002924
08.21.025	JUIG002683
08.21.031	JUIG000397
08.21.053	JUIG002950

Tabla 25. Correspondencia de las estaciones de control de cloruros en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

En la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte existen 257 estaciones con registros históricos de concentraciones de cloruros, de las que se han seleccionado 45 por presentar un número de registros igual o superior a 20 datos. La ubicación de las estaciones seleccionadas, así como las estaciones incluidas en la ROI y en la red WISE en el ámbito de esta MASUB, pueden observarse en la Figura 22.

Figura 22. Localización geográfica de las estaciones de control con datos de cloruros en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte: Estaciones seleccionadas de la base de datos del MARM, estaciones de la ROI y estaciones de la red WISE.

Mediante el estudio comparativo de las series de cloruros entre las estaciones de la base de datos del MARM y de la ROI se ha podido encontrar una correspondencia para cinco de las siete estaciones de la ROI situadas en el ámbito geográfico de esta MASUB (Tabla 26).

ESTACIÓN ROI (CHJ, 2009-b)	ESTACIÓN BD-MARM
08.25.051	JUIG000476
08.25.082	JUIG000326
08.25.009	JUIG000550
08.25.013	-
08.25.030	JUIG003768
08.25.068	-
08.25.060	JUIG002584

Tabla 26. Correspondencia de las estaciones de control de cloruros en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

3.2.3.1.2 CRITERIOS ADOPTADOS PARA LA CONSIDERACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD ESPACIAL DE LAS SERIES SINTÉTICAS. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN

La localización geográfica de los puntos de control en las dos MASUB estudiadas presenta una distribución heterogénea, ya que existen zonas con una alta densidad de puntos de control, mientras que en otras apenas tienen algún punto aislado. Esta desigual distribución condiciona que dentro de la misma MASUB existan sectores bien documentados para caracterizar los efectos de la intrusión, mientras que en otros la información puede resultar mucho más escasa.

Hay que tener en cuenta, asimismo, que los efectos del proceso de intrusión no se distribuyen de forma homogénea en el ámbito geográfico de una MASUB, ya que un mismo indicador puede presentar variaciones importantes entre dos zonas próximas geográficamente.

Por todo ello, la metodología que se desarrolla tiene como finalidad corregir estos desequilibrios espaciales y se basa en la determinación de una serie sintética representativa de la MASUB, que se obtiene a partir de la media ponderada de los registros de cloruros disponibles cada año en los puntos de control seleccionados. La determinación del coeficiente de ponderación correspondiente a cada punto de control se realiza en función de su influencia geográfica con respecto al resto de la superficie de la MASUB que se calcula mediante el método de los polígonos de Thiessen.

La hipótesis de partida de este método consiste en asumir que la concentración de cloruros en cualquier punto de la MASUB es la misma que la registrada en la estación de control más cercana. De esta forma se pueden delimitar las zonas en que una concentración de cloruros es constante e igual a la registrada en el punto de referencia. La determinación de estos sectores, denominados polígonos de Thiessen, se realiza de manera automatizada con herramientas SIG a partir de las mediatrices de los segmentos que unen cada estación de control con las contiguas.

La aplicación del método de los polígonos de Thiessen cuenta con la ventaja de presentar resultados objetivos y repetibles, además de ser fácilmente programable, y permite calcular la serie promedio de forma inmediata. El valor de la concentración de cloruros representativo de la MASUB para un año dado se obtiene como la media ponderada de los valores medidos en ese mismo año en cada estación de control, aplicando como coeficiente de ponderación el peso o cuota que la superficie del polígono de Thiessen asociado a esa estación tiene con respecto a la superficie total de la MASUB.

El método empleado permite evaluar de una manera objetiva el grado de representatividad espacial de los datos disponibles en las estaciones de control utilizadas. Por ejemplo, se ha observado que en los

primeros años de la década de los setenta, el número de estaciones con registro disponible de concentraciones de cloruros es muy reducido. Mediante el uso de la técnica de los polígonos de Thiessen, se puede obtener el peso o cuota de la superficie conjunta correspondiente a los polígonos asociados a estas estaciones con respecto del total de la MASUB. Si esta cuota es muy reducida, puede entenderse que el valor promedio obtenido a partir de estas estaciones resulta poco representativo del conjunto de la MASUB, por lo que se puede descartar ese año concreto en el cálculo de la serie histórica de concentraciones promedio de cloruros en la MASUB.

En la Figura 23 se muestra el mapa con los polígonos de Thiessen obtenidos a partir de las 41 estaciones de control seleccionadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

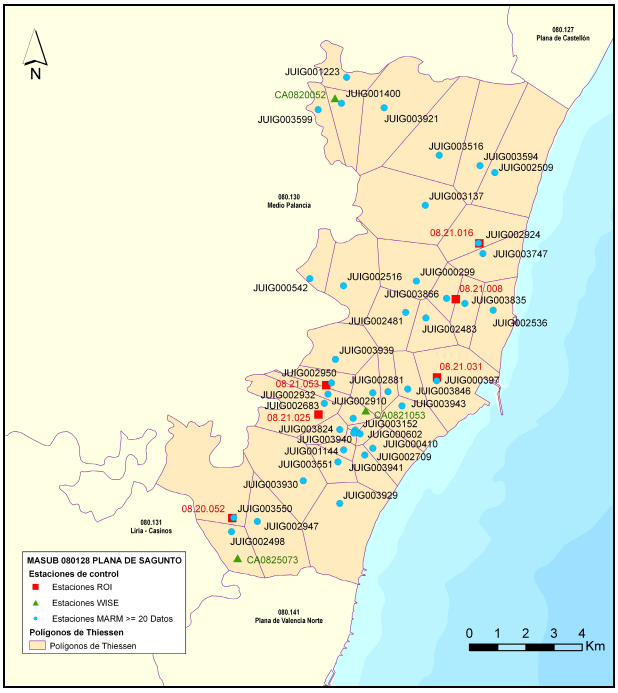


Figura 23. Representación de los polígonos de Thiessen obtenidos para las 41 estaciones de control seleccionadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

En la Figura 24 se ha representado el mapa correspondiente a las 45 estaciones de control seleccionadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

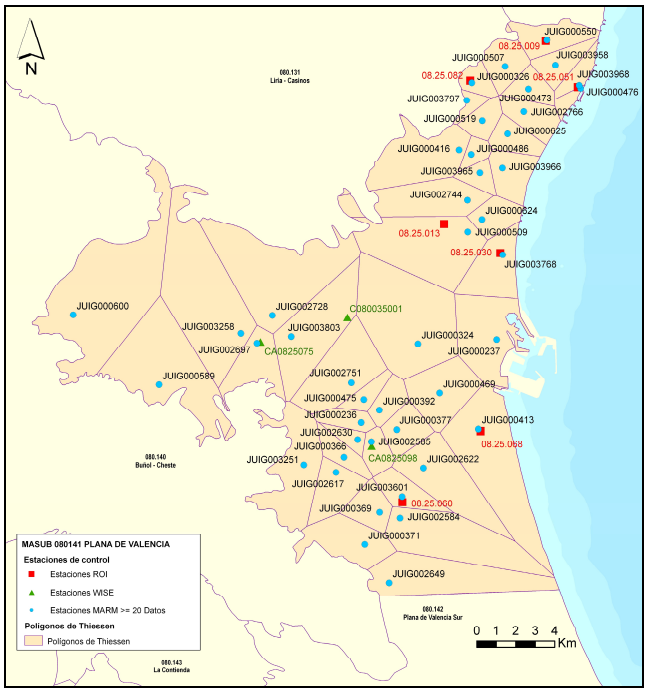


Figura 24. Representación de los polígonos de Thiessen obtenidos para las 45 estaciones de control seleccionadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

3.2.3.1.3 CRITERIOS APLICADOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN LAS CONCENTRACIONES DE CLORUROS PRODUCIDA POR EFECTO DE LA INTRUSIÓN

Con el objeto obtener en cada MASUB la serie sintética que sea más representativa y específica de la variación en los cloruros por efecto de la intrusión, y permita descartar la incidencia de otras posibles fuentes de contaminación, se ha efectuado un análisis de la variabilidad en las concentraciones de cloruros, estudiando la correlación existente entre éstas y las salidas subterráneas al mar según el modelo PATRICAL.

Según el modelo conceptual de la intrusión, los valores de coeficientes de correlación lineal negativos entre las variables “Salidas al mar” y “Concentración de cloruros” son indicativos de una correlación inversa, lo que significa que a mayores salidas corresponderán menores concentraciones de cloruros. En este análisis se consideran buenos indicadores de la representatividad de la serie paramétrica con respecto al efecto de la intrusión los coeficientes de correlación que, además del signo negativo, presenten un valor absoluto alto.

En algunos casos se ha comprobado que el grado de correlación entre las series históricas de concentraciones de cloruros y las salidas subterráneas al mar obtenidas con el modelo PATRICAL aumenta cuando se consideran desfases temporales entre ambas series mediante un estudio de correlaciones cruzadas. Este resultado se interpreta de modo que las salidas al mar estimadas en un año

determinado pueden producir variaciones en las concentraciones de cloruros en la MASUB en los años siguientes, y permite establecer una relación causa-efecto diferida en el tiempo.

En la Figura 25 se han representado los valores de los coeficientes de correlación lineal que se han obtenido mediante la comparación entre las salidas subterráneas al mar correspondientes a la MASUB 080.128 Plana de Sagunto y la series paramétricas de cloruros registradas en nueve estaciones de control de esta MASUB situadas en las proximidades de la desembocadura del río Palancia. Cada curva se corresponde con un punto de control y representa la variación del coeficiente de correlación lineal obtenido al considerar diferentes periodos de desfase con respecto a las salidas subterráneas al mar. Las hipótesis estudiadas abarcan desde el desfase cero (correlación instantánea), hasta el desfase de cinco años, que muestra la correlación existente entre las salidas subterráneas al mar en un año determinado y los valores de cloruros registrados cinco años después.

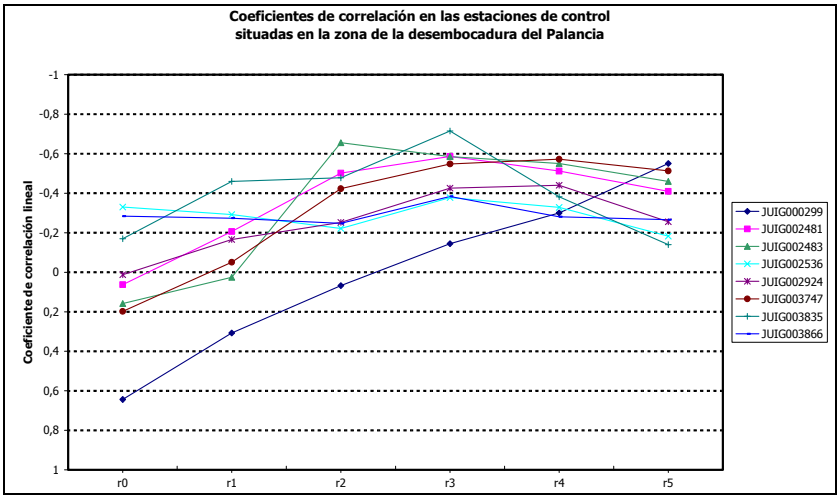


Figura 25. Coeficientes de correlación lineal existentes entre los valores de concentraciones de cloruros registrados en los puntos de control, y las salidas al mar obtenidas mediante el modelo de simulación hidrológica PATRICAL.

Como se puede observar en esta figura, los coeficientes de correlación de esta MASUB presentan mayoritariamente valores negativos en todas las hipótesis y se observa un incremento en los valores absolutos desde el desfase cero hasta el desfase de tres o cuatro años, produciéndose a partir de este momento descensos en el valor absoluto de los coeficientes, aunque se mantienen negativos en todos los casos. Este análisis de los coeficientes de correlación “Concentraciones de cloruros/Salidas al mar”, con desfases temporales de hasta cuatro años, se ha incorporado a la metodología de trabajo y se ha considerado como un nuevo criterio de decisión para la obtención de la serie sintética representativa de la MASUB, puesto que permite tener en cuenta el desfase temporal que se observa en la relación causa-efecto entre las salidas subterráneas al mar y las variaciones en la concentración de cloruros registradas en la MASUB.

3.2.3.1.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA SERIE SINTÉTICA REPRESENTATIVA DE LAS CONCENTRACIONES DE CLORUROS EN EL CONJUNTO DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA

En los apartados anteriores se han expuesto de forma individualizada los criterios adoptados para la generación de la serie sintética única que se considerará representativa del comportamiento conjunto de la MASUB, y también se han establecido las bases metodológicas desarrolladas para su incorporación al proceso de generación de la serie sintética objetivo.

Para la obtención de esta serie sintética se ha planteado un desarrollo metodológico que sea aplicable de forma sistemática, de manera que sea fácilmente reproducible en el resto de las MASUB costeras del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar, incorporando los diferentes criterios de representatividad descritos hasta el momento y que se resumen a continuación:

- Los aspectos relativos a la representatividad temporal de las series se incorporan en el proceso de selección de las estaciones de control utilizadas, ya que sólo se han seleccionado las que disponen de series históricas más largas. Esto ha permitido realizar un primer filtrado de la información para descartar las mediciones ocasionales y las series históricas cortas que podrían no ser representativas de la evolución temporal del parámetro de control en las zonas cercanas al punto analizado.

- El grado de representatividad del proceso de intrusión que permite discriminar el efecto de otras fuentes contaminantes, se determina mediante el coeficiente de correlación lineal entre las variables de salidas subterráneas al mar y concentración de cloruros. Además, se considera la posibilidad de que exista un desfase temporal de hasta cuatro años, con lo que es posible considerar el desfase temporal en la relación causa-efecto entre ambas variables.

- Con respecto a la representatividad espacial, la aplicación del método de los polígonos de Thiessen permite establecer una media ponderada de cloruros para un año concreto en la MASUB a partir de los registros disponibles en los puntos de control seleccionados. Este método asigna a cada punto de control de la MASUB un coeficiente de ponderación que resulta proporcional a la relación entre la superficie del polígono de Thiessen asignado y la superficie total de la MASUB y que puede ser interpretado como su representatividad espacial.

Para la obtención de la serie sintética única más representativa del comportamiento global de la MASUB, se ha desarrollado una metodología que consiste en la obtención de varias series sintéticas de concentraciones de cloruros (a las que se les llamará hipótesis de serie sintética o simplemente

hipótesis), de forma que cada una de ellas se construye incorporando uno o varios de los aspectos desarrollados anteriormente.

La parte final del proceso consiste en un análisis comparativo de los resultados obtenidos para seleccionar la serie sintética de mayor representatividad en la MASUB.

En esta metodología los criterios de decisión se han agrupado en tres bloques y su análisis se realiza de forma secuencial. Estos bloques son:

A. Estaciones de control utilizadas y datos de partida.

B. Máximo coeficiente de correlación con respecto a las salidas al mar estimadas con PATRICAL.

C. Máxima representatividad espacial de los datos disponibles en cada año.

En la Figura 26 se muestra un diagrama en el que se representa el proceso secuencial descrito. Cada recuadro de la figura se corresponde con una hipótesis de serie sintética de cloruros que se obtendrá aplicando los criterios del bloque correspondiente sobre los resultados acumulados en los bloques anteriores.

Figura 26. Ejemplo del diagrama secuencial aplicado para la construcción de las hipótesis de series sintéticas de cloruros a partir de la elección de un criterio genérico en el primer bloque de decisión.

Los criterios de decisión que se han considerado en cada bloque se detallan a continuación.

A. Estaciones de control utilizadas y datos de partida

A partir de la relación completa de estaciones de control disponibles, tanto en la base de datos del MARM como en los puntos de la ROI considerados en el estudio previo, se han definido tres hipótesis de trabajo:

- Hipot_1: Se seleccionan únicamente las estaciones de control pertenecientes a la ROI, cuyas series históricas de cloruros se han completado con los valores procedentes de la base de datos del MARM. Este desarrollo tiene como objetivo comparar los resultados que se obtienen con esta metodología con respecto a los obtenidos en el estudio inicial "*Análisis comparativo de la evolución de los indicadores de la intrusión y de las descargas al mar obtenidas con PATRICAL en régimen alterado. Febrero de 2008*" (CHJ, 2009-b).

- Hipot_2: Se seleccionan todas las estaciones de control de la base de datos del MARM que presenten series históricas de concentraciones de cloruros con veinte ó más registros históricos disponibles. Con este criterio se incrementa tanto el número de estaciones como la cobertura geográfica del estudio con respecto a la Hipótesis 1.

- Hipot_3: Se seleccionan inicialmente las mismas estaciones que en 'Hipot_2', pero se descartan las mediciones posteriores al año 2000, ya que se corresponden en todos los casos con estaciones de la ROI que, conforme al propósito de la red, están ubicadas en las zonas de mayor influencia del proceso de la intrusión y suelen registrar valores de cloruros generalmente más elevados que en el resto de puntos de control de la MASUB.

B. Máximo coeficiente de correlación con respecto a las salidas al mar estimadas con PATRICAL

Tomando como referencia las estaciones de control correspondientes a las tres hipótesis planteadas en el bloque anterior, se han calculado las series históricas representativas de la MASUB por aplicación del método de los polígonos de Thiessen. Para cada una de estas series se han calculado los valores de los coeficientes de correlación con respecto a las salidas subterráneas al mar de la MASUB, aplicando hasta 4 años de desfase con el objeto de analizar la respuesta en el tiempo. Conforme a los valores obtenidos, se han seleccionado tanto las series históricas como el valor del desfase para el que se produce una mayor correlación lineal inversa (correspondiente al mayor valor absoluto de signo negativo).

C. Máxima representatividad espacial de los datos disponibles en cada año

Aunque la base de datos del MARM contiene información de numerosos puntos de control, se ha comprobado que existen algunos años en los que es muy reducido el número de estaciones de control con medición de cloruros. Mediante la aplicación de la técnica de los polígonos de Thiessen se puede estimar la representatividad espacial que tienen estas pocas mediciones con respecto al total de la superficie de la MASUB, de forma que si su representatividad es escasa (menos de un 5%), se recalcula la serie sintética representativa de la MASUB descartando los años de la serie histórica en que los datos disponibles en los puntos de control no ofrecen suficiente representatividad espacial.

Aplicando este desarrollo metodológico al caso de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto se ha obtenido el diagrama secuencial que se muestra en la Figura 27.

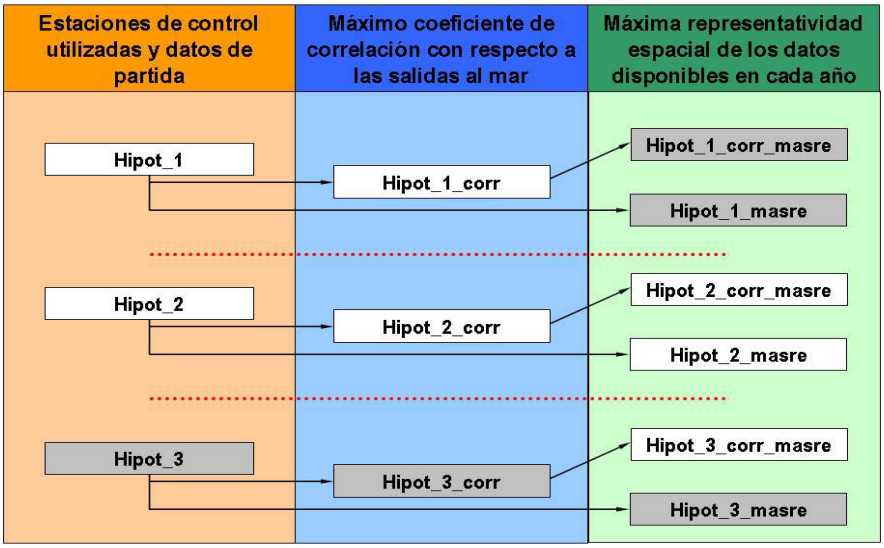


Figura 27. Diagrama secuencial aplicado para la construcción de las hipótesis de series sintéticas de concentraciones de cloruros en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto

En esta figura se han marcado con cuadros blancos las siete hipótesis de series sintéticas que se han desarrollado y cuyos resultados se han comparado para, finalmente, elegir la serie más representativa.

Las hipótesis que no se han desarrollado por diversos motivos se han marcado con cuadros de color gris. Por ejemplo, las series de la "Hipot_1" que se construyen a partir de la ROI disponen de un reducido número de estaciones, por lo que a cada estación le correspondería un alto grado de representatividad espacial que no es compatible con los criterios que se aplican en el tercer bloque. Por otra parte, las estaciones de control que se utilizan para construir las series sintéticas de la "Hipot_3" son las mismas que en "Hipot_2", por lo que se ha construido únicamente la serie de mayor representatividad ("Hipot_3_corr_masre") a partir de los resultados obtenidos en el desarrollo secuencial de "Hipot_2".

En el caso de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto se han desarrollado siete series sintéticas, cuyas características se resumen en la Tabla 27.

Codificación de la hipótesis	Puntos de control utilizados	Descripción de la hipótesis
Hipot_1	Puntos de la ROI CHJ	Series completas de las estaciones de la red ROI (completadas con BD MARM) Representación espacial mediante aplicación de los polígonos de Thiessen
Hipot_1corr	Puntos de la ROI CHJ	Series completas de las estaciones de la red ROI (ampliadas con BD MARM) Representación espacial mediante aplicación de los polígonos de Thiessen Máximo coeficiente de correlación lineal (2 años de retardo)
Hipot_2	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen
Hipot_2corr	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen Máximo coeficiente de correlación correspondiente a un desfase de 3 años
Hipot_2_masre	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen Eliminación de los años con menor número de estaciones (Representatividad espacial)

Codificación de la hipótesis	Puntos de control utilizados	Descripción de la hipótesis
Hipot_2_corr_masre	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen Eliminación de los años con menor número de estaciones (Representatividad espacial) Máximo coeficiente de correlación correspondiente a un desfase de 3 años
Hipot_3_corr_masre	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen Eliminación de los datos de los años posteriores al año 2000 Eliminación de los años con menor número de estaciones (Representatividad espacial) Máximo coeficiente de correlación correspondiente a un desfase de 3 años

Tabla 27. Cuadro resumen de las características más significativas de las siete hipótesis de trabajo estudiadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

La metodología se ha aplicado de igual forma a la MASUB piloto 080.141 Plana de Valencia Norte, si bien el criterio de máxima correlación no se ha considerado de forma individual en ninguna de las hipótesis debido al bajo coeficiente de correlación existente entre las series paramétricas construidas y los valores de salidas al mar obtenidas con PATRICAL. Por tanto, en esta MASUB se han considerado los criterios de selección de las estaciones de control y de máxima representatividad espacial, conforme se detalla en la Tabla 28.

Codificación de la hipótesis	Puntos de control utilizados	Descripción de la hipótesis
Hipot_1	Puntos de la ROI CHJ	Series completas de las estaciones de la red ROI (completadas con BD MARM) Representación espacial mediante aplicación de los polígonos de Thiessen
Hipot_2	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen
Hipot_2_masre	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen Eliminación de los años con menor número de estaciones (Representatividad espacial)
Hipot_3_corr_masre	Puntos de la BD MARM	Series completas (validadas) de las 41 estaciones con 20 o más datos (BD MARM). Representatividad espacial mediante la aplicación de los polígonos de Thiessen Eliminación de los datos de los años posteriores al año 2000 Máximo coeficiente de correlación correspondiente a un desfase de 3 años

Tabla 28. Cuadro resumen de las características más significativas de las siete hipótesis de trabajo estudiadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

3.2.3.1.5 CÁLCULO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS ANUALES DE "CONCENTRACIONES DE CLORUROS/SALIDAS AL MAR" EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERAS

A partir de cada una de las series sintéticas, elaboradas mediante el procedimiento anteriormente descrito, se ha obtenido la tabla de salidas clasificadas con el objeto de construir posteriormente la correspondiente curva característica "Concentraciones de cloruros / Salidas mínimas al mar" que permitirá

identificar el valor de la concentración de cloruros que no se ha superado a lo largo de la serie histórica para cada volumen de salidas al mar simulado por PATRICAL.

La tabla de salidas clasificadas está formada por pares de valores anuales "Salidas al mar / Concentración de cloruros" ordenados en orden creciente de las salidas subterráneas al mar. A partir de esta tabla, se obtiene la curva característica de la MASUB de forma que a cada valor anual del volumen de salidas al mar simulado por el modelo PATRICAL en la MASUB se le hace corresponder el valor máximo de las concentraciones de cloruros que se han registrado en los años en los que las salidas al mar son superiores a dicho valor anual. Teniendo en cuenta que los valores puntualmente muy elevados en la serie de cloruros pueden hacer muy estricta la condición de valor máximo, se ha minorado esta condición definiéndose un nuevo valor límite superior con el criterio de que no haya sido superado en un porcentaje elevado de los valores disponibles (percentiles 95 y 90 de las concentraciones de cloruros).

En la Figura 28 se muestra un ejemplo del tratamiento que se ha aplicado en la hipótesis de serie sintética "Hipot3_corr_masre" correspondiente a la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. En la tabla de la izquierda se muestran las salidas clasificadas, de menor a mayor, correspondientes a la serie histórica anual de pares de valores "Salida al mar / Concentración de cloruros". En la tabla situada a la derecha se muestran los valores numéricos de las curvas características que se obtienen considerando diferentes percentiles de no superación de los valores de la serie histórica. En el estudio se han determinado las curvas características que corresponden a los percentiles 100, 95 y 90, siendo el primero de ellos el más restrictivo al no permitir ninguna superación a lo largo de la serie histórica.

Salidas clasificadas	
SALIDAS	Media
14,15	280,36
14,68	285,53
14,96	246,11
15,2	263,20
15,21	271,39
15,3	289,42
15,67	152,75
15,73	248,12
15,97	293,66
16,37	252,68
16,63	179,91
16,72	294,03
16,76	225,81
17,14	131,17
17,64	156,56
18,43	240,55
18,6	249,25
18,93	262,28
18,96	126,72
19,40	222,63
19,82	136,72
20,8	104,90
21,31	67,86
21,88	262,17
22,21	105,71
25,33	66,49
27,38	189,93
32,73	90,00
33,88	190,18

Curvas características				
Percentiles de la serie histórica				
100	95	95_corr	90	90_corr
294	292	294	289	289
294	292	294	289	289
294	292	294	289	289
294	293	294	289	289
294	293	294	289	289
294	293	294	289	289
294	291	294	262	262
294	292	294	262	262
294	294	294	262	262
294	264	294	262	262
294	265	294	262	262
294	267	294	262	262
262	262	262	262	262
262	262	262	262	262
262	262	262	262	262
262	262	262	262	262
262	262	262	262	262
262	262	262	262	262
262	242	262	223	223
262	244	262	262	223
262	233	262	262	223
262	237	262	262	223
262	241	262	262	223
262	244	262	262	223
190	190	190	190	190
190	190	190	190	190
190	190	190	190	190
190	185	190	190	190
190	190	190	190	190

Figura 28. Series clasificadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto para la hipótesis "Hipot_3_corr_masre"

De este modo se han construido las curvas características que permiten determinar el valor mínimo de salidas subterráneas al mar que debe drenar una MASUB costera para garantizar que los valores de concentración de cloruros en esa MASUB no superen un determinado valor.

Este valor mínimo se basa en la reproducción de la serie histórica registrada en la MASUB a lo largo del periodo con registros de calidad disponibles y se obtiene con un grado de confianza que se corresponde con el percentil seleccionado para elaborar la curva característica.

Además de las curvas características descritas anteriormente se han calculado las curvas "corregidas" para los percentiles 95 y 90 mediante un filtrado matemático que garantiza que cada valor de la concentración de cloruros en la serie ordenada no excederá al anterior, con el objeto de evitar la distorsión en los resultados que se produce al utilizar funciones de distribución empíricas en series cortas. Los valores obtenidos con esta corrección se muestran en las columnas "95_corr" y "90_corr" de la Figura 28.

Aplicando estos criterios de definición de percentiles y de corrección de curvas características a la serie sintética "Hipot_3_corr_masre" de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto se ha obtenido el gráfico que se muestra en la Figura 29.

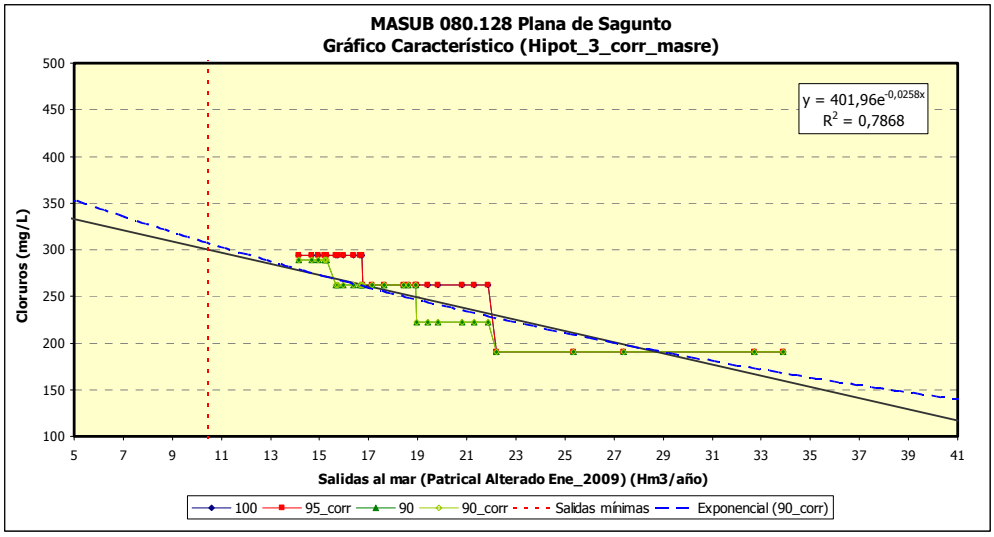


Figura 29. Gráfico característico de cloruros para la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. Ajuste.

En este gráfico, además de las curvas características, se ha representado mediante una línea negra continua la recta de regresión que se obtiene para los pares de valores "Concentración de cloruros / Salidas mínimas al mar" correspondientes a la curva corregida "90_corr". Mediante esta recta de regresión se establece una relación numérica continua entre ambas variables con la que se puede estimar, con un grado de confianza del 90 por ciento, el volumen mínimo de salidas al mar que debe ser

drenado por la MASUB costera para garantizar que no se supera un determinado valor en las concentraciones de cloruros en el ámbito de esta MASUB.

Como se observa en el gráfico, también se obtienen aceptables coeficientes de ajuste para una curva exponencial (línea azul discontinua), aunque en este caso con resultados más desfavorables para los valores bajos de salidas al mar, ya que les corresponderían concentraciones de cloruros mayores que los obtenidos mediante el ajuste de regresión de tipo lineal.

3.2.3.1.6 SELECCIÓN DE LA SERIE SINTÉTICA DE CONCENTRACIONES DE CLORUROS MÁS REPRESENTATIVA DEL COMPORTAMIENTO GLOBAL DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA

En la siguiente fase de los trabajos se han comparado las series sintéticas anuales de concentraciones de cloruros que se han obtenido para todas las hipótesis planteadas, con la finalidad de seleccionar la serie sintética óptima o más representativa del comportamiento global de la MASUB costera. En esta selección se han tenido en cuenta los criterios de representatividad de la serie sintética con respecto a los parámetros analizados en la fase inicial del estudio y la bondad del ajuste de la recta de regresión, conforme se describe a continuación.

En la Figura 30 se muestra el gráfico correspondiente a las rectas de regresión que se han obtenido para las curvas características de las siete series sintéticas estudiadas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

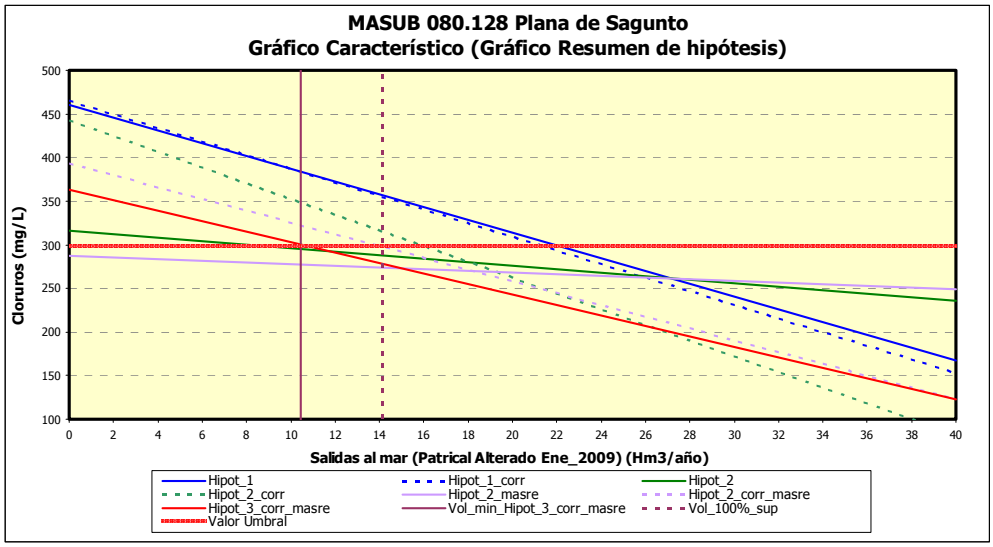


Figura 30. Rectas de regresión lineal de las series sintéticas estudiadas para cloruros y comparativa con los volúmenes drenados al mar en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

Cabe destacar que las rectas de ajuste de la "Hipot_1" (línea azul continua) e "Hipot_1_corr" (línea azul discontinua), es decir, aquellas que se obtienen considerando exclusivamente las estaciones de control

pertenecientes a la ROI, presentan concentraciones de cloruros más altas con respecto a un determinado volumen de salidas mínimas al mar. Como se comentó anteriormente, este resultado se puede deber a que las estaciones de la ROI se ubican preferentemente en los sectores de las MASUB costeras en que históricamente se ha constatado una mayor intensidad en los efectos de la intrusión marina.

En este gráfico también se ha representado el volumen mínimo de las salidas subterráneas al mar (línea morada vertical continua) que, conforme a la aplicación del desarrollo metodológico expuesto, sería necesario para garantizar el cumplimiento del valor umbral fijado con respecto al receptor ambiental de la intrusión salina en la MASUB. Este volumen se puede comparar con el mínimo de la serie histórica de las salidas al mar obtenidas con el modelo de simulación hidrológica PATRICAL en régimen alterado, que se ha representado con la línea morada vertical discontinua.

Tomando como criterio los valores de ajuste de las rectas de regresión para cada hipótesis planteada, se ha seleccionado la serie sintética que mejor representa el comportamiento frente al proceso de la intrusión de la MASUB según el valor de los coeficientes de correlación lineal obtenidos y el coeficiente de ajuste de la recta de regresión con respecto a la curva característica correspondiente. En la Tabla 29 se resumen los valores obtenidos para las hipótesis de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

Hipótesis establecidas en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto	COEFICIENTES DE AJUSTE		Años de retardo en el cálculo de los coeficientes de correlación
	Coeficientes de correlación "Salidas al mar/ Concentraciones de cloruros"	Coeficiente del ajuste lineal de la recta de regresión a la curva característica	
Hipot_1	-0,247	0,666	0
Hipot_1corr	-0,485	0,746	2
Hipot_2	-0,166	0,492	0
Hipot_2corr	-0,484	0,706	3
Hipot_2_masre	-0,121	0,289	0
Hipot_2_corr_masre	-0,347	0,785	3
Hipot_3_corr_masre	-0,533	0,764	3

Tabla 29. Criterios considerados para la selección de la serie sintética de cloruros más representativa del comportamiento global de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

A partir de los valores expresados en la tabla anterior se ha considerado que la serie sintética de concentraciones de cloruros que mejor representa el comportamiento global de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto es "Hipot_3_corr_masre", ya que presenta el mejor coeficiente de correlación entre las variables estudiadas y el segundo mejor ajuste de la recta de regresión para la curva característica correspondiente con poca diferencia con respecto al primero.

La selección de la curva característica más representativa del comportamiento global de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte se ha realizado siguiendo el mismo procedimiento. En la Figura 31 se

muestran las rectas de regresión que se han obtenido para las curvas características de las cuatro series sintéticas estudiadas en esta MASUB.

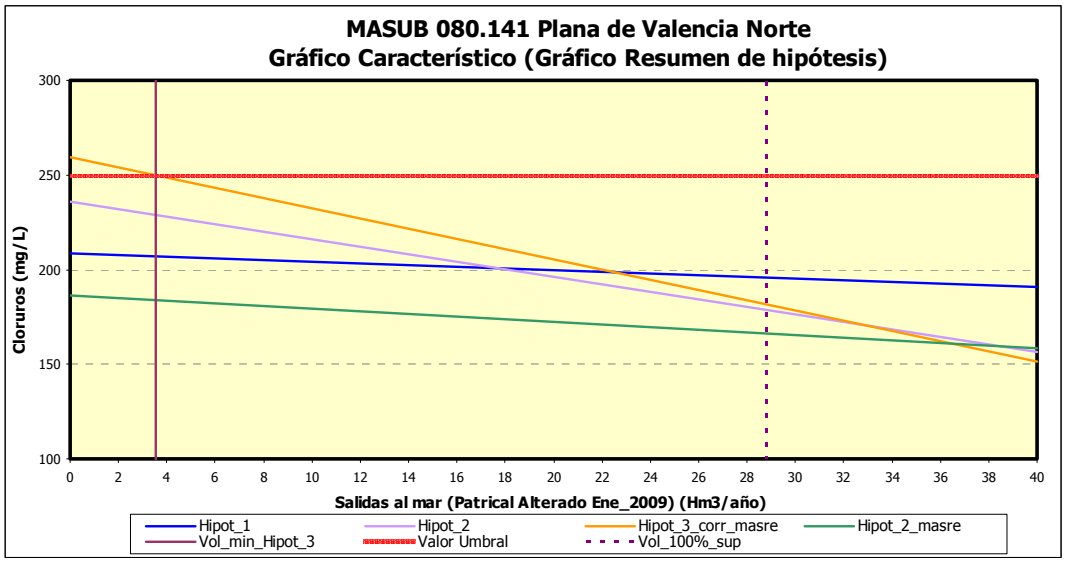


Figura 31. Rectas de regresión lineal de las series sintéticas estudiadas para cloruros y comparativa con los volúmenes drenados al mar en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte

Los valores de los coeficientes de correlación y de ajuste lineal de la recta de regresión se pueden observar en la Tabla 30, en la que cabe destacar los reducidos valores que presentan los coeficientes de correlación lineal en valor absoluto para todas las hipótesis desarrolladas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. Este resultado es indicativo de la baja o nula correlación que existe entre las variables estudiadas (cloruros y salidas subterráneas al mar) y que se corresponde con un modelo conceptual de funcionamiento con escasa influencia del proceso de intrusión en la MASUB.

Hipótesis establecidas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte	COEFICIENTES DE AJUSTE		Años de retardo en el cálculo de los coeficientes de correlación
	Coeficientes de correlación "Salidas al mar/ Concentraciones de cloruros"	Coeficiente del ajuste lineal de la recta de regresión a la curva característica	
Hipot_1	0,040	0,665	0
Hipot_2	0,062	0,707	0
Hipot_2_masre	-0,044	0,472	0
Hipot_3_corr_masre	-0,032	0,824	3

Tabla 30. Criterios considerados para la selección de la serie sintética de cloruros más representativa del comportamiento global de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

La opción que se podría considerar más representativa del comportamiento de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte es la "Hipót_3_corr_masre" por presentar el mejor coeficiente de ajuste de la recta de regresión lineal a la curva característica aunque, como ya se ha indicado, tiene un coeficiente de correlación muy bajo entre las variables estudiadas.

3.2.3.2 CRITERIOS PARA DETERMINAR LA RESTRICCIÓN AMBIENTAL DE LAS SALIDAS SUBTERRÁNEAS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL VALOR UMBRAL DEL RECEPTOR AMBIENTAL DE LA INTRUSIÓN MARINA

Conforme al desarrollo metodológico expuesto, la siguiente fase de los trabajos ha consistido en estimar los volúmenes mínimos que debe drenar al mar una MASUB para que no se supere un determinado objetivo o valor umbral de concentración de cloruros.

Según se detalla en el apartado 3.1 de la presente Memoria, la Confederación Hidrográfica del Júcar ha definido recientemente el valor umbral para el receptor ambiental de la intrusión marina en las MASUB costeras designadas en riesgo por intrusión salina, en cumplimiento de lo previsto en la Directiva 2006/118/CE de Aguas Subterráneas. Teniendo en cuenta los valores umbral que se han definido para las dos MASUB piloto estudiadas se obtienen los siguientes resultados:

- En la MASUB 080.128 Plana de Sagunto se ha definido el valor umbral de cloruros en 300 mg/L. Según la serie sintética de cloruros que se considera más representativa del comportamiento global de la MASUB se puede estimar el volumen mínimo de drenaje al mar o restricción ambiental para mantener la concentración de cloruros por debajo de este valor umbral en unos 10,4 hm^3/año.

- En la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte se ha definido el valor umbral en 250 mg/L. Conforme a la serie sintética representativa sería necesario un volumen mínimo de drenaje al mar o restricción ambiental de unos 3'6 hm^3/año para no superar este valor umbral.

Una vez obtenido este volumen mínimo (en hm^3/año), el siguiente paso ha consistido en compararlo con la serie histórica anual de salidas subterráneas al mar, calculadas con el modelo PATRICAL (versión de enero 2009) en régimen alterado, con el objetivo de comprobar el grado de cumplimiento del valor umbral que se obtendría a lo largo de toda la serie histórica. Se han estudiado diferentes escenarios de salidas subterráneas al mar, obtenidos a partir de los resultados del modelo PATRICAL, y se ha verificado para cada año hidrológico el cumplimiento de la condición impuesta por el valor umbral de cloruros en la MASUB.

Mediante la identificación del número de años en que se producirían incumplimientos o fallos para un determinado volumen de agua drenada al mar, a lo largo de la serie histórica, se ha podido definir un criterio de garantía que puede ser útil para la toma de decisiones, ya que considera diferentes escenarios hidrológicos y analiza posibles incumplimientos producidos especialmente en épocas de sequías, en que los volúmenes drenados al mar pueden verse reducidos sensiblemente.

La sistemática de trabajo se ha desarrollado, de forma resumida, en las tres fases que se indican a continuación:

- Para cada MASUB se ha establecido un conjunto de posibles escenarios de salidas subterráneas al mar con la finalidad de analizar los incumplimientos de la condición de valor umbral en cada escenario. Los escenarios se han definido para un rango de salidas comprendido entre el 20% y el 100% de los volúmenes de la serie histórica anual de salidas al mar del modelo PATRICAL (versión de enero de 2009) en régimen alterado.

- Tomando como referencia la recta de regresión de la serie sintética más representativa de las concentraciones de cloruros en el conjunto de la MASUB se ha estimado, para cada escenario y año hidrológico, el valor de la concentración máxima de cloruros esperable para el volumen de salidas simulado.

- Finalmente, en cada escenario hidrológico se ha contabilizado el número de incumplimientos que se produciría, es decir, el número de años en que el valor de la concentración anual máxima esperada de cloruros ha superado el valor umbral definido para esa MASUB. Este resultado se ha expresado en forma de porcentaje con respecto al total de años de la serie simulada.

Con el objetivo de aportar criterios para la toma de decisiones en la determinación de una restricción ambiental por salidas subterráneas al mar, se han considerado en la metodología dos alternativas para analizar los porcentajes de incumplimiento con respecto al valor umbral:

- Alternativa 1: Determinación del porcentaje de incumplimientos en el conjunto de la MASUB costera.

- Alternativa 2: Determinación de los incumplimientos por zonas de la MASUB costera para considerar la heterogeneidad espacial del proceso de intrusión.

Se describen a continuación los criterios propuestos en ambas alternativas y los resultados que se han obtenido en las MASUB piloto 080.128 Plana de Sagunto y 080.140 Plana de Valencia Norte.

3.2.3.2.1 RESTRICCIÓN EN LAS SALIDAS AL MAR PARA EL CUMPLIMIENTO DEL VALOR UMBRAL EN EL CONJUNTO DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA

Esta alternativa consiste en identificar el número de años en que el valor de la salida subterránea al mar simulado por PATRICAL para el conjunto de la MASUB costera es inferior al volumen mínimo que se considera necesario para el cumplimiento del valor umbral.

En la Figura 32 se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos con este análisis para la MASUB 080.128 Plana de Sagunto, en el que se representan las curvas de correspondencia "% Salidas PATRICAL / % Años de incumplimiento" obtenidas para los ajustes lineal y exponencial de la curva característica que se ha considerado más representativa del comportamiento global de la MASUB. Las curvas obtenidas permiten conocer, para un determinado porcentaje de reducción de las salidas al mar calculadas con PATRICAL, el número de años en que la salida anual subterránea al mar es inferior a la mínima necesaria para el cumplimiento del valor umbral. Este número de años se expresa en la curva como un porcentaje con respecto al número total de años de la simulación realizada.

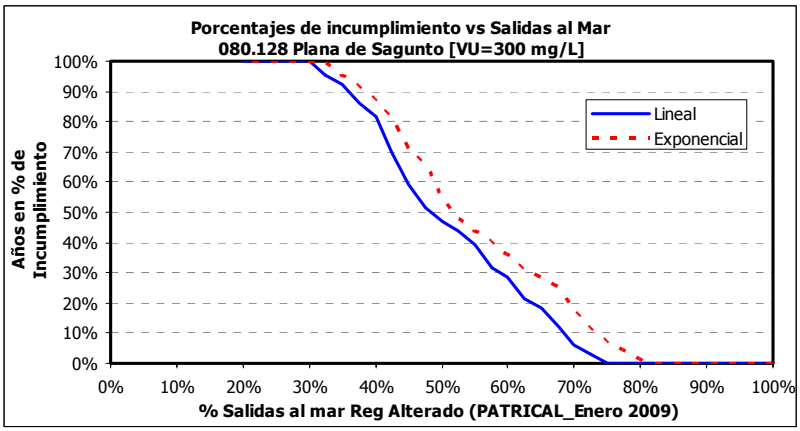


Figura 32. Porcentajes de cumplimiento frente a porcentajes de salidas la mar para la MASUB 080.128 Plana de Sagunto

A partir de la gráfica anterior se puede estimar que, para el ajuste lineal de la curva característica, el valor mínimo de las salidas al mar que garantiza un cumplimiento total del valor umbral a lo largo la serie simulada (0% de incumplimientos) se corresponde con una salida del 75 % de la que simula PATRICAL en régimen alterado, mientras que unas salidas inferiores al 30% conllevan la superación del valor umbral en todos los casos simulados (100% de incumplimientos). Esta metodología también permite realizar una valoración de los casos intermedios, de forma que se puede estimar el grado de incumplimiento que se produciría en los diferentes escenarios de salidas subterráneas al mar.

En la Figura 33 se muestran los resultados de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte. Si se toman como referencia los resultados obtenidos procedentes del ajuste lineal, el valor de la concentración de

cloruros para el conjunto de la MASUB es inferior al valor umbral en todos los escenarios hidrológicos analizados (0% de incumplimientos) lo que confirma, en línea con el diagnóstico inicial, la escasa relación entre el valor de las concentraciones de cloruros en la MASUB y las salidas subterráneas al mar. Utilizando como referencia el ajuste exponencial de la curva característica se obtendrían unas condiciones más restrictivas, ya que las salidas mínimas inferiores al 35% producirían un incumplimiento del valor umbral en todos los casos simulados.

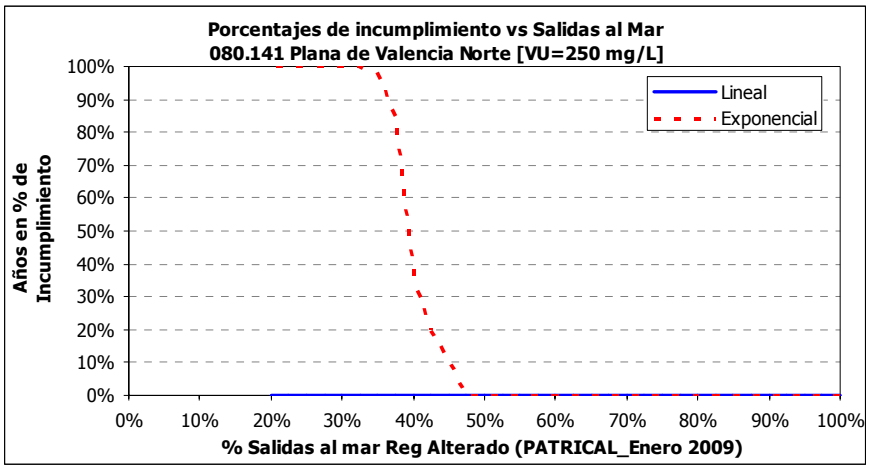


Figura 33. Porcentajes de incumplimientos del valor umbral frente a diferentes escenarios de salidas subterráneas al mar en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

3.2.3.2.2 RESTRICCIÓN EN LAS SALIDAS AL MAR PARA CUMPLIMIENTO DEL VALOR UMBRAL EN DIFERENTES ZONAS DE LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA COSTERA

Esta alternativa se ha planteado con la finalidad de establecer un procedimiento sistemático que permita analizar los efectos de la heterogeneidad espacial que el proceso de la intrusión puede presentar en determinadas MASUB, estudiando de forma particularizada los resultados obtenidos en diferentes zonas de la MASUB y comparándolos con respecto a los que se han obtenido para el conjunto de la MASUB.

Para establecer las zonas de estudio en una MASUB se han tenido en cuenta la distribución geográfica de las estaciones de control, el análisis descriptivo de las series de concentraciones de cloruros y las gráficas de evolución del coeficiente de correlación con respecto a las salidas subterráneas al mar para diferentes desfases temporales. De esta forma se han asignado a una misma zona las estaciones que, además de estar próximas geográficamente, presentan evoluciones similares en las series históricas de cloruros.

En la Figura 34 se muestra la delimitación por zonas que se ha realizado en la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. Se han establecido cuatro zonas, que presentan las siguientes características:

- Zona Norte: Se caracteriza por valores bajos de la concentración de cloruros, con valores medios muy por debajo del valor umbral establecido para la MASUB, y con una ligera tendencia creciente a lo largo de la serie histórica. En general, presenta bajos valores de correlación con las series de salidas al mar de la MASUB.

- Zona de Desembocadura del Palancia: Se caracteriza por presentar valores muy elevados de concentraciones de cloruros, presentándose los valores máximos a lo largo de los años ochenta. Como puede observarse en la Figura 25, los cloruros registrados presentan elevados coeficientes de correlación con las series de salidas al mar, con signo negativo y valor absoluto creciente conforme aumentan los periodos de retardo.

- Zona Central: Presenta un comportamiento muy similar al que presenta la Zona de la Desembocadura del Palancia, aunque los valores más altos que se aprecian en las series históricas se producen en fechas más recientes.

- Zona Sur: La evolución de las series históricas de concentraciones de cloruros en las estaciones de control en esta zona es similar a la que se presenta en la Zona Norte, con valores sensiblemente más elevados que no llegan a superar el valor umbral.

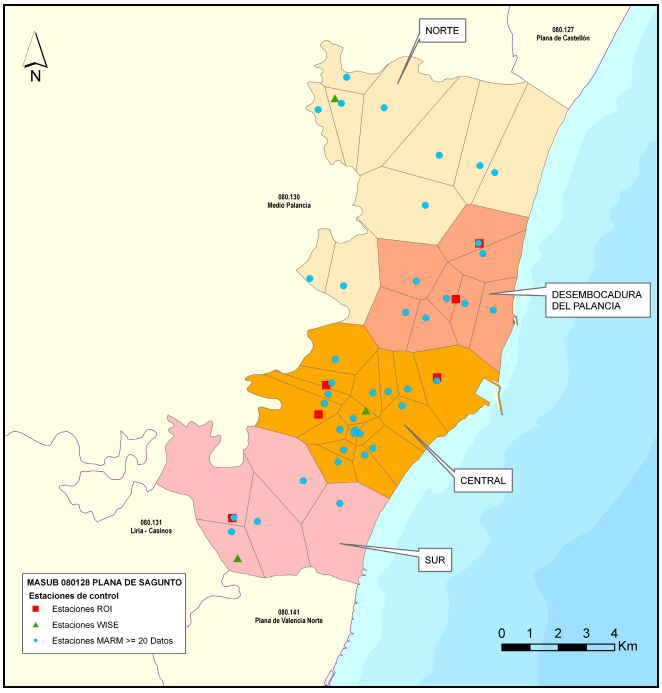


Figura 34. Delimitación geográfica mediante agrupación de polígonos de Thiessen de las cuatro zonas (Norte, Desembocadura del Palancia, Central y Sur) definidas en el ámbito geográfico de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto para el análisis por zonas del efecto de la intrusión.

Una vez efectuada la zonificación de la MASUB se ha aplicado en cada zona la metodología de estudio que se ha expuesto en los apartados anteriores para obtener la serie sintética de concentraciones de cloruros más representativa de la zona.

Cada una de estas series se ha comparado con la serie de salidas al mar del conjunto de la MASUB obtenidas del modelo PATRICAL y se han calculado sus coeficientes de correlación, de forma que se ha obtenido una evaluación diferenciada de los efectos de la intrusión en cada zona a partir de los registros históricos de cloruros en los puntos de control que corresponden a cada zona.

En la Figura 35 se muestran los resultados de la aplicación de esta metodología para obtener la serie histórica más representativa de la concentración de cloruros en las cuatro zonas de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto. En la gráfica se han representado tanto los ajustes lineales como los exponenciales correspondientes a las curvas características “Concentraciones de cloruros/Salidas mínimas al mar” de cada zona.

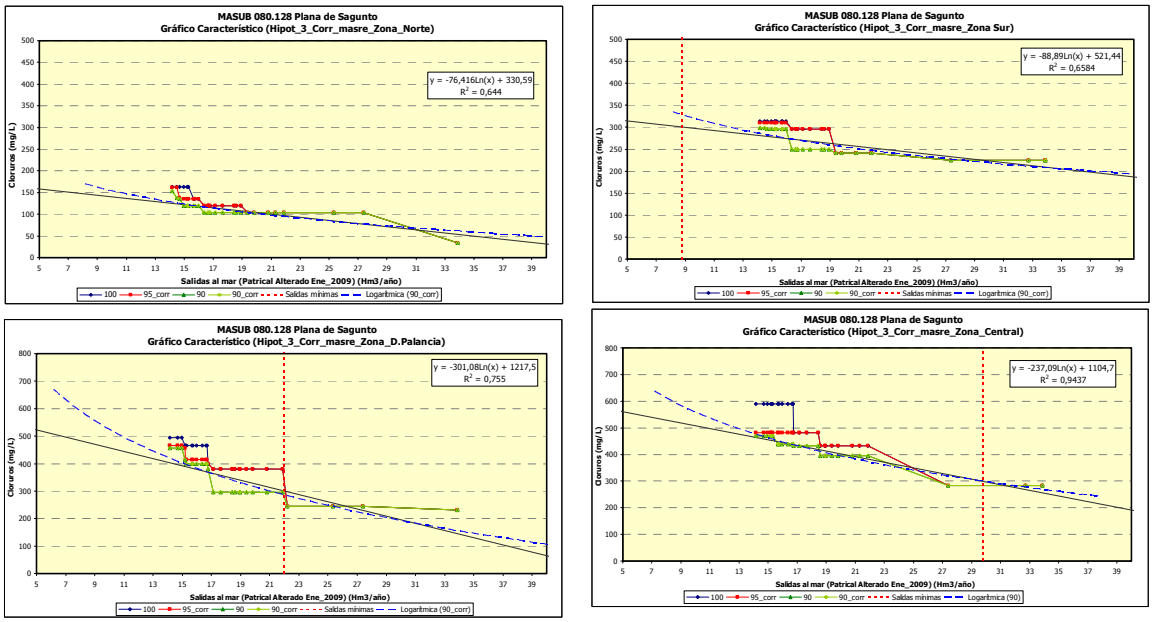


Figura 35. Representación gráfica de los ajustes lineales y exponenciales efectuados sobre las curvas características representativas determinadas para las cuatro zonas de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

El análisis de los resultados expuestos en la Figura 35 permite comprobar que el proceso de intrusión marina presenta una distribución espacial heterogénea en estas cuatro zonas, y que las concentraciones de cloruros correspondientes a las curvas características de las zonas Central y Desembocadura del Palancia son sistemáticamente más elevadas que en las otras dos.

Para el cumplimiento del valor umbral definido para el conjunto de la MASUB (concentración de cloruros de 300 mg/L), y considerando el ajuste lineal de la curva característica de cada zona, se observa que el volumen mínimo o restricción ambiental que sería necesario considerar en cada zona (recta vertical de

trazos rojos discontinuos) se sitúa en valores muy bajos en las zonas Norte y Sur, mientras que los valores estimados para las zonas Central y Desembocadura del Palancia presentan valores considerablemente más elevados.

La diferente distribución del proceso de la intrusión en estas zonas también puede observarse en la Figura 36, en la que se muestran conjuntamente las rectas de ajuste obtenidas sobre las curvas características de pares de valores "Concentración de Cloruros/Salidas mínimas al mar" en cada zona (trazos discontinuos) y su comparación con la recta que representa el conjunto de la MASUB (línea continua roja).

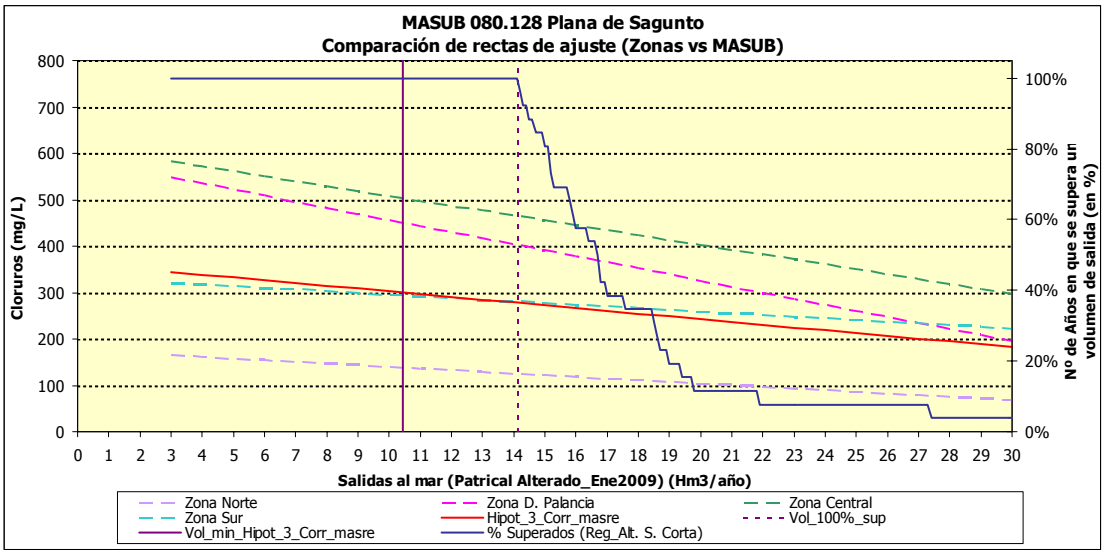


Figura 36. Gráfica comparativa de las rectas de ajuste a las curvas características obtenidas para los cuatro sectores definidos y para el conjunto de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto

En la gráfica anterior se observa que las rectas de regresión ajustadas a las curvas características obtenidas para las Zonas Central y Desembocadura del Palancia (líneas rosa y verde discontinuas) presentan pendientes sensiblemente superiores a las del resto, lo que puede interpretarse como el resultado de una mayor incidencia de los efectos de la intrusión. Además, esta gráfica permite comparar los resultados obtenidos por zonas con respecto al resultado obtenido para la MASUB en su conjunto. En este sentido, cabe destacar la similitud que presentan las rectas de ajuste representativas de la zona Sur (línea azul discontinua) y del conjunto de la MASUB (línea roja continua), mientras que la Zona Norte (línea morada discontinua) es la que indica los valores más bajos de concentraciones de cloruros.

En esta gráfica también se ha representado la curva (línea azul continua) que relaciona cada valor del volumen de salidas al mar con el número de años en que este valor ha sido superado en la serie histórica considerada (periodo entre enero de 1980 y septiembre de 2005), expresado en porcentaje con respecto al total de años de la serie histórica simulada (eje derecho de la gráfica). Como queda indicado en la figura, el valor mínimo anual de salidas subterráneas al mar simulado por PATRICAL (versión de enero de

2009) es de 14,1 hm^3/año (línea vertical continua), mientras que el mínimo que se ha estimado necesario para el cumplimiento del valor umbral para el receptor ambiental de la intrusión salina, es de 10'4 hm^3/año (línea vertical discontinua).

De forma análoga al procedimiento expuesto anteriormente para el conjunto de la MASUB en su conjunto, se ha efectuado un análisis del cumplimiento del valor umbral en las cuatro zonas de la MASUB y se han obtenido los resultados que muestran en la Figura 37.

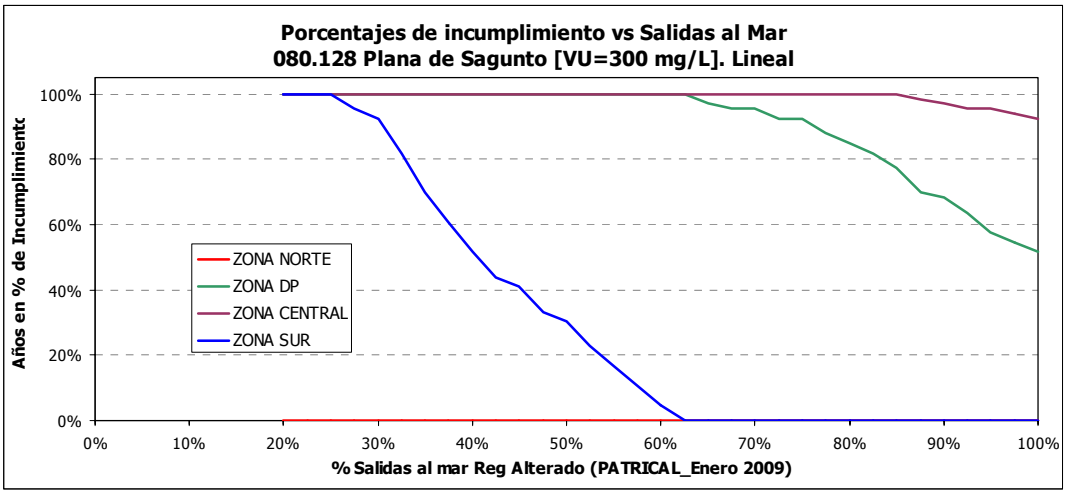


Figura 37. Porcentajes de incumplimiento con respecto a la serie histórica de salidas al mar en régimen alterado en los cuatro sectores de la MASUB 080.128 Plana de Sagunto.

La situación más favorable correspondería a la zona Norte (línea roja), en la que el grado de cumplimiento del valor umbral sería total a lo largo de todos los años de la serie histórica simulada y para cualquier volumen del rango considerado de descargas subterráneas al mar. La situación más restrictiva se produce en la zona Central (línea morada), dado que incluso con la serie de salidas que representa el máximo volumen (100% de las salidas al mar en régimen alterado) se produciría un incumplimiento del valor umbral en más del 90 % de los años simulados.

En el caso de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte se ha aplicado el mismo procedimiento y se han definido inicialmente seis zonas de estudio para estudiar la heterogeneidad de los efectos de la intrusión marina, como se muestra en la Figura 38.

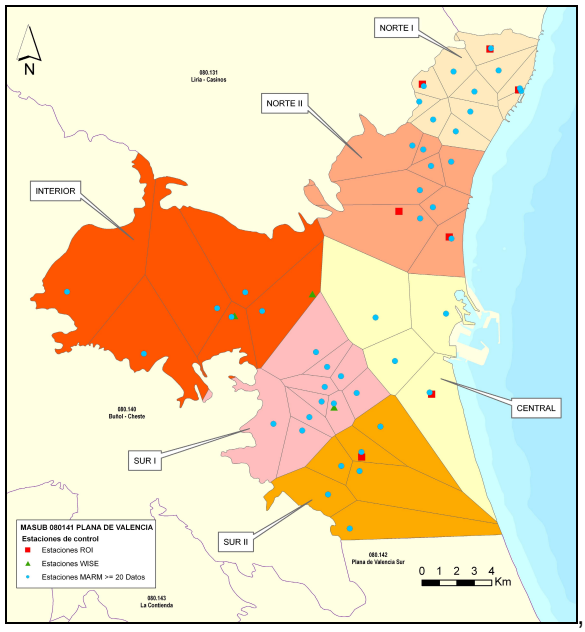


Figura 38. Delimitación geográfica mediante agrupación de polígonos de Thiessen de las seis zonas definidas en el ámbito geográfico de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte para el análisis del efecto de la intrusión marina.

Posteriormente, en el proceso de obtención de la serie sintética de cloruros más representativa de cada zona, se ha constatado la escasa o nula representatividad de las series paramétricas con respecto al proceso de intrusión en dos de las seis zonas consideradas (zona Norte II y zona Sur I), ya que en ambas se obtienen coeficientes con valores positivos (y por tanto, no significativos) para la correlación lineal entre las salidas al mar y las series sintéticas de concentraciones de cloruros.

Por ello, en el estudio de distribución espacial se han descartado las zonas Norte II y zona Sur I. Adicionalmente, y con el objetivo de disponer de mayor información geográfica en el sector meridional de la MASUB, también se han estudiado los resultados que se obtienen para el conjunto de estaciones que inicialmente se asignaron a las zonas Sur I y Sur II integrándolas en una única zona Sur. Los resultados obtenidos en las zonas estudiadas (Norte I, Interior, Central, Sur y Sur II) de esta MASUB se muestran en la Figura 39.

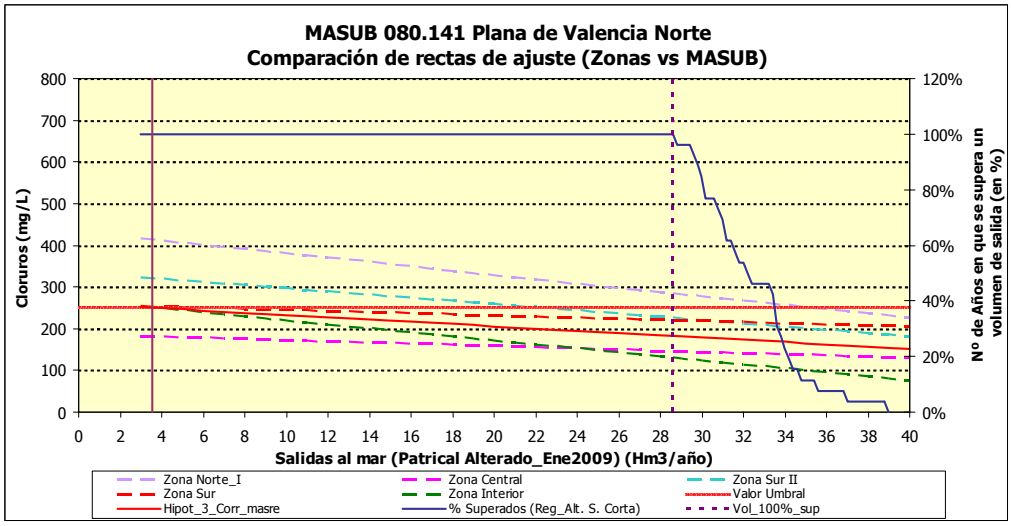


Figura 39. Gráfica comparativa de las rectas de ajuste a las curvas características obtenidas en las zonas estudiadas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

En esta gráfica se observa que las zonas con efectos más acusados del proceso de la intrusión serían Norte_I (línea morada) y Sur_II (línea azul), situadas en los extremos septentrional y meridional de la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte respectivamente. En contraposición, la zona Central (línea rosa) presenta los menores valores de cloruros y la pendiente más suave de todas las rectas de ajuste por la escasa influencia de la intrusión marina en esta zona. En la serie sintética de la zona Interior (línea verde) la recta muestra valores bajos en la concentración de cloruros, aunque su pendiente puede ser indicativa de la dependencia que tienen las variaciones de cloruros con respeto a los volúmenes drenados al mar.

En la Figura 40 se puede observar el resultado del análisis del grado de cumplimiento del valor umbral de cloruros por zonas en esta MASUB para diferentes escenarios hidrológicos. Se comprueba que las zonas Norte I y Sur II serían las más restrictivas, mientras que en el resto de las zonas estudiadas se obtendría un cumplimiento total del valor umbral a lo largo de toda la serie histórica simulada.

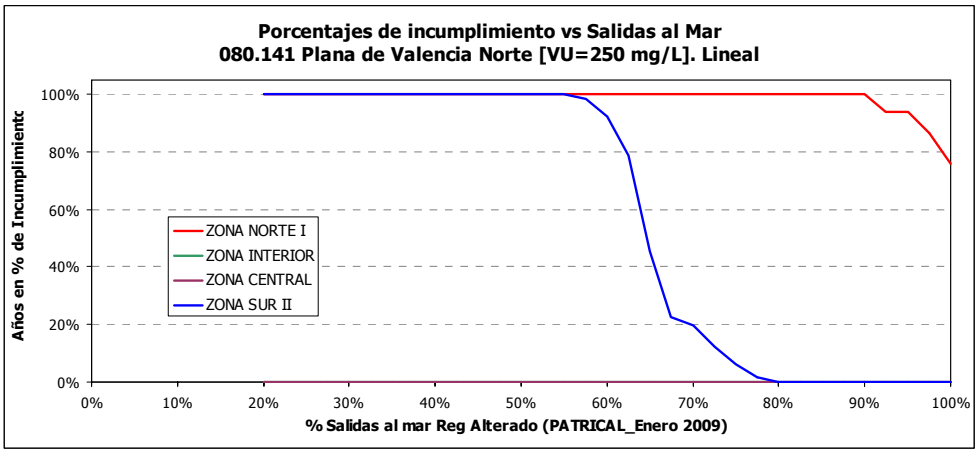


Figura 40. Porcentajes de incumplimiento con respecto a la serie histórica de salidas al mar en régimen alterado en las zonas establecidas en la MASUB 080.141 Plana de Valencia Norte.

3.2.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PILOTO

Los trabajos que se han llevado a cabo en este estudio han permitido desarrollar una propuesta metodológica para estimar el volumen mínimo de descargas subterráneas al mar que sería necesario mantener para cumplir el valor umbral de concentración de cloruros que se ha fijado con respecto al receptor de la intrusión en una MASUB costera.

En este desarrollo metodológico se ha tenido en cuenta que el proceso de intrusión puede presentar una distribución espacial heterogénea en el ámbito de una MASUB, por lo que se ha definido en primer lugar un indicador del estado global de la concentración de cloruros en la MASUB que permita su posterior comparación con el volumen de descargas al mar obtenidas a partir del modelo PATRICAL en régimen alterado.

Para definir el indicador del estado global de cloruros se ha seguido una estrategia consistente en la construcción de diversas series sintéticas de cloruros por MASUB para diversos criterios de representatividad espacial y temporal, incluyendo un estudio de correlaciones cruzadas para determinar el posible desfase que se puede producir a escala anual entre la variación de los volúmenes de salidas al mar y de las concentraciones de cloruros en la MASUB.

En la definición de estos criterios se han integrando las conclusiones procedentes de los estudios previos sobre la intrusión desarrollados por la Oficina de Planificación Hidrológica, y se han seleccionado las estaciones más representativas de la base de datos de calidad de las aguas subterráneas aportada por el Área de Recursos Subterráneos de la Dirección General del Agua del MARM. Esta base de datos ha permitido ampliar el número de estaciones con series largas de concentraciones de cloruros, y su

representatividad espacial se ha analizado mediante la aplicación de la técnica de los polígonos de Thiessen en el ámbito geográfico de la MASUB correspondiente.

Conforme a estos criterios de representatividad se ha definido un procedimiento para seleccionar la serie sintética de cloruros más representativa de la MASUB, a partir de la cual se han construido las curvas características para las variables “Concentración de cloruros/Salidas mínimas al mar”.

Mediante la interpretación de estas curvas se puede conocer el valor anual mínimo de las salidas subterráneas al mar que es necesario mantener en las MASUB costeras para garantizar que no se supere un determinado valor umbral en la concentración de cloruros. Los resultados obtenidos se pueden extrapolar mediante el ajuste lineal de la recta de regresión sobre estas curvas características, con la que se establece una vinculación numérica y continua entre ambas variables.

Con esta metodología se ha obtenido una herramienta de apoyo a la decisión que permite estimar las salidas mínimas al mar que serían necesarias para no superar el valor umbral de cloruros que se ha definido para una MASUB costera.

La herramienta también es útil para graduar la restricción ambiental que exigiría el cumplimiento de la condición del valor umbral de cloruros en una MASUB, ya que permite conocer el porcentaje de años a lo largo de la serie considerada en que se producirían fallos o incumplimientos del valor umbral para distintos escenarios de salidas al mar.

De esta forma es posible conocer, con un determinado grado de confianza, el valor de la restricción ambiental que se deberá mantener en una MASUB como volumen de salidas mínimas al mar ante distintos escenarios hidrológicos, especialmente en épocas de sequías en las que las descargas subterráneas al mar se pueden ver reducidas sensiblemente.

La metodología propuesta también permite verificar el grado de cumplimiento del valor umbral que se obtendría estos escenarios hidrológicos considerando el ámbito de la MASUB de forma conjunta o bien por zonas representativas.

Conforme a los resultados obtenidos en el estudio de las dos MASUB piloto también se concluye que la herramienta desarrollada mediante esta metodología puede ser aplicable y útil en aquellas MASUB en que la variación del volumen de salidas al mar incide directamente en las concentraciones de cloruros y, por tanto, ambas variables presentan buenos coeficientes de correlación, como sucede en la Plana de Sagunto; mientras que en aquellas MASUB en que las correlaciones entre ambas variables son bajas o estadísticamente poco significativas, como en la Plana de Valencia Norte, los resultados numéricos

obtenidos no se consideran suficientemente representativos para evaluar las salidas mínimas al mar MASUB y el cumplimiento del correspondiente valor umbral de cloruros.

4. PLANTEAMIENTO DE PLAZOS, OBJETIVOS Y EXENCIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO QUÍMICO POR NITRATOS Y SU RELACIÓN CON LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL

Conforme a los criterios establecidos por la Instrucción de planificación hidrológica, la concentración en nitratos de las aguas subterráneas es un parámetro básico que se debe controlar para alcanzar el buen estado químico de las MASUB.

La contaminación por nitratos es el problema de efectos más significativos en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar con respecto al estado químico de las aguas subterráneas. Esta contaminación afecta a la mayoría de las MASUB costeras y a las masas limítrofes de las Planas de Valencia. Se produce fundamentalmente por la aplicación generalizada de fertilizantes nitrogenados y por los vertidos puntuales de explotaciones ganaderas en las que no se efectúa una adecuada gestión de los residuos de origen orgánico.

La inercia de las aguas subterráneas conlleva que la reducción del contenido de nitratos sea muy compleja y lenta. Hay que tener en cuenta que aunque actualmente se dejara de aportar nitrógeno, el contenido acumulado ya existente tanto en la zona no saturada como en las aguas subterráneas tardaría muchos años en eliminarse.

La Oficina de Planificación Hidrológica ha llevado a cabo un estudio en el que se ha integrado la información disponible en la fase actual de los trabajos de planificación hidrológica con dos objetivos:

- Determinar, con la mayor precisión posible, los plazos y las prórrogas necesarias para alcanzar el buen estado químico por nitratos en las MASUB afectadas o, en su caso, plantear unos objetivos ambientales menos rigurosos.

- Identificar las masas de agua superficial cuyo estado químico puede verse condicionado por recibir las descargas hídricas procedentes de las MASUB que se encuentran en mal estado químico por nitratos.

Se exponen a continuación los antecedentes, la metodología aplicada y los resultados obtenidos en este estudio.

4.1 ANTECEDENTES: DIAGNÓSTICO DE LA EVALUACIÓN DEL ESTADO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA CONFORME A LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS

En el marco de los trabajos de planificación hidrológica la Confederación Hidrográfica del Júcar ha efectuado una evaluación del estado químico por nitratos en las 90 MASUB de su ámbito territorial. Conforme a los criterios establecidos por la Instrucción de planificación hidrológica se ha considerado que se encuentran en mal estado aquellas MASUB en que presentan un valor igual o superior al límite de la norma de calidad medioambiental[13]. En el caso de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas la norma establece el valor en 50 mg/L.

En el documento técnico de referencia *"Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea"* (CHJ, 2009-c) se detallan los fundamentos metodológicos y los resultados que se han obtenido en la evaluación del estado químico por nitratos en las MASUB de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

En síntesis, el cálculo de la concentración de nitratos en cada MASUB se ha basado en el valor promedio de las muestras tomadas en las estaciones de la red de control de las aguas subterráneas de la Confederación Hidrográfica del Júcar durante las campañas de 2006 y 2007. Estos valores se han complementado con el valor actual de concentración de nitratos calculado mediante el modelo Patrical (Pérez, 2005), que permite simular el transporte de nitratos en el ciclo hidrológico a través de una cuenca hidrográfica.

Tomando como referencia los resultados de esta evaluación inicial, la Confederación Hidrográfica del Júcar ha recogido en el *"Esquema provisional de temas importantes"* (CHJ, 2009-d) la relación de las 22 MASUB que se encuentran en mal estado químico según la concentración de nitratos, conforme se muestra en la Figura 41. Se observa que la mayoría de las MASUB con problemas de alto contenido de nitratos se localizan a lo largo de la franja costera.

[13] Según la Instrucción de planificación hidrológica, se entiende por "norma de calidad de las aguas subterráneas" toda norma de calidad medioambiental, expresada como concentración de un contaminante concreto, un grupo de contaminantes o un indicador de contaminación en las aguas subterráneas, que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y del medio ambiente.

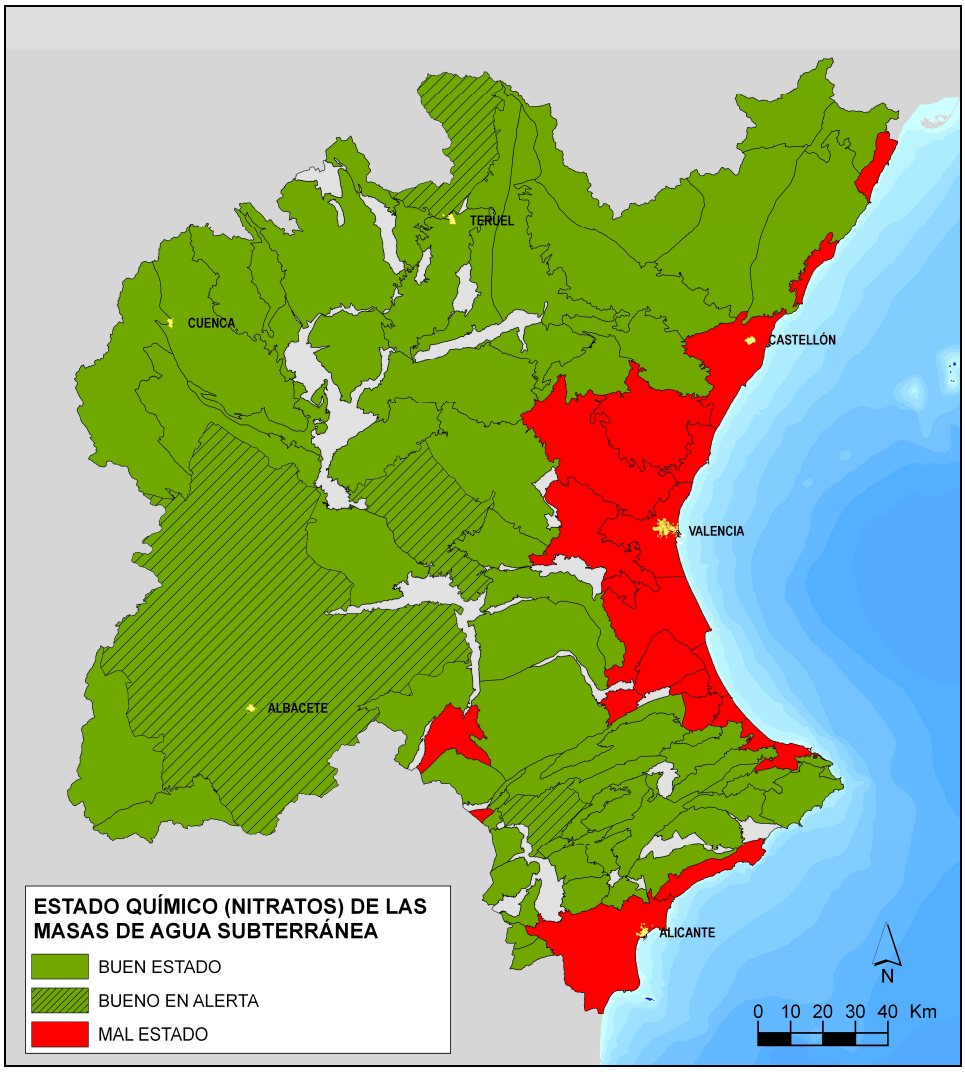


Figura 41. Estado químico de las masas de agua subterránea conforme a la norma de calidad de nitratos.

En la Tabla 31 se detalla la relación de las 22 MASUB que se hallan en mal estado químico por superar la norma de calidad de nitratos en el periodo 2006-2007.

Código	Nombre
080.107	Plana de Vinaroz
080.110	Plana de Oropesa - Torreblanca
080.127	Plana de Castellón
080.128	Plana de Sagunto
080.130	Medio Palancia
080.131	Liria - Casinos
080.140	Buñol - Cheste
080.141	Plana de Valencia Norte
080.142	Plana de Valencia Sur
080.143	La Contienda
080.146	Almansa
080.148	Hoya de Játiva
080.149	Sierra de las Agujas
080.150	Bárig
080.151	Plana de Jaraco
080.152	Plana de Gandía
080.153	Marchuquera - Falconera
080.158	Cuchillo - Moratilla
080.163	Oliva - Pego
080.164	Ondara - Denia
080.184	San Juan - Benidorm
080.190	Bajo Vinalopó

Tabla 31. Masas de agua subterránea en las que se supera la norma de calidad de nitratos para el valor promedio de las muestras en el periodo 2006 – 2007.

Las restantes 68 MASUB se han considerado en buen estado, si bien cuatro de estas masas se han considerado 'en buen estado en alerta', ya que el valor promedio en una o más estaciones ha superado el valor de la norma de calidad de los 50 mg/L en el periodo 2006-2007 (véase la Tabla 32).

Código	Nombre
080.101	Hoya de Alfambra
080.129	Mancha Oriental
080.133	Requena - Utiel
080.160	Villena - Benejama

Tabla 32. Masas de agua subterránea con valor promedio inferior a la norma de calidad de nitratos y con puntos de control con valores promedios superiores a la norma de calidad para el periodo 2006 – 2007.

Cabe indicar que este primer diagnóstico sobre el estado químico de las MASUB según la concentración de nitratos se revisará y actualizará conforme avancen los trabajos de planificación hidrológica. En este proceso está previsto incorporar información adicional procedente de las comunidades autónomas, ya que disponen de redes propias con diferentes objetivos, como pueden ser el control de la calidad de agua para abastecimiento y el seguimiento de las zonas vulnerables.

4.2 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS, PLAZOS Y EXENCIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO POR NITRATOS

Conforme a la normativa aplicable, los objetivos medioambientales que se deben alcanzar en todas las MASUB cuya concentración promedio de nitratos iguala o supera la norma ambiental (50 mg/L NO_3) son los siguientes:

- Evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado.

- Aplicar las medidas necesarias para invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de nitratos debida a las repercusiones de la actividad humana con el fin de reducir progresivamente la contaminación de las aguas subterráneas.

Para estudiar la evolución de los nitratos en las MASUB se han tomado en consideración los datos históricos disponibles en la red de control. Se constata que en algunos casos existen periodos prolongados donde se evidencia la carencia de datos.

En la Figura 42 se muestra la evolución de la concentración de nitratos a lo largo de los últimos veinte años (serie histórica 1987 – 2008) en una estación situada en una MASUB en mal estado. Como puede observarse en la gráfica, las mediciones en esta estación superan la norma de calidad.

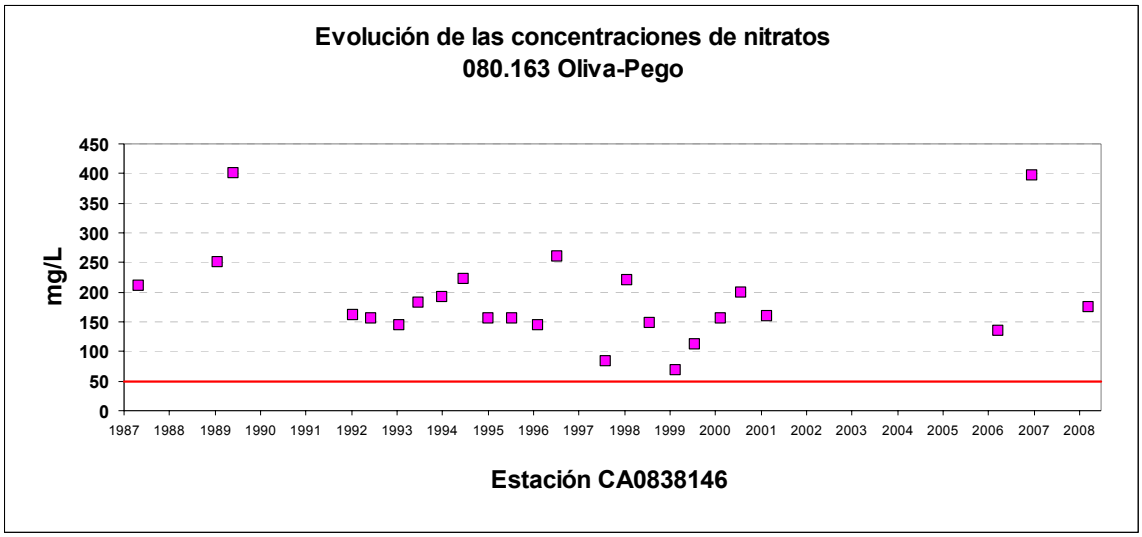


Figura 42. Gráfico de la evolución de nitratos en una masa de agua subterránea en mal estado.

Para analizar las tendencias futuras de la concentración media de nitratos esperables en los plazos temporales fijados en la planificación hidrológica (año 2015, y revisiones en 2021 y 2027) se está empleando el modelo Patrical.

En los trabajos realizados hasta la fecha se ha definido una serie de escenarios para realizar simulaciones con el modelo, y se han obtenido finalmente los resultados de concentración futura de nitratos en los siguientes escenarios:

- Situación actual: mantenimiento de las prácticas agrícolas actuales teniendo en cuenta las zonas vulnerables declaradas hasta el año 2006. Mediante este escenario se han analizado las tendencias futuras de las concentraciones de nitratos inducidas por las prácticas agrícolas actuales tomando como referencia los valores medios del periodo 2000-2006.

- Aplicación de dosis óptimas de fertilización. Con este escenario se han evaluado los efectos de los programas de acción de las zonas vulnerables y de las aguas afectadas considerando la aplicación de dosis óptimas en todos los municipios, debido a que actualmente las aguas afectadas se encuentran en proceso de revisión[14].

Los resultados obtenidos mediante la simulación de estos escenarios permiten conocer la evolución futura de la concentración media de nitratos en cada MASUB.

Para la determinación de objetivos se ha realizado un diagnóstico para cada MASUB que está en mal estado por nitratos, indicando como resultado si cumplen los objetivos en el año 2015, necesitan prórroga para el cumplimiento hasta el año 2021 o 2027, o si es necesario definir objetivos menos rigurosos. Teniendo en cuenta la dificultad de estimar la evolución de la concentración por nitratos en un horizonte lejano, en la fase actual de los trabajos se han considerado conjuntamente los casos en los que sería necesaria una prórroga a 2027 o el establecimiento de objetivos menos rigurosos.

Para cada objetivo se han tenido en cuenta los escenarios anteriormente planteados: mantenimiento de la situación actual o aplicación de dosis óptimas de fertilización en todos los municipios. Cabe indicar que en todas las MASUB que están en mal estado ha sido necesaria la aplicación del escenario de dosis óptimas de fertilización para conseguir el cumplimiento de los objetivos.

En la Figura 43 se muestra el mapa con las MASUB que se encuentran en mal estado por nitratos, así como el plazo en que se prevé alcanzar los objetivos medioambientales en cada masa.

[14] Posteriormente se ha producido la Resolución de 4 de diciembre de 2009 de la Dirección General del Agua, por la que se determinan las aguas afectadas por la contaminación, o en riesgo de estarlo, por aportación de nitratos de origen agrario dentro de las cuencas intercomunitarias.

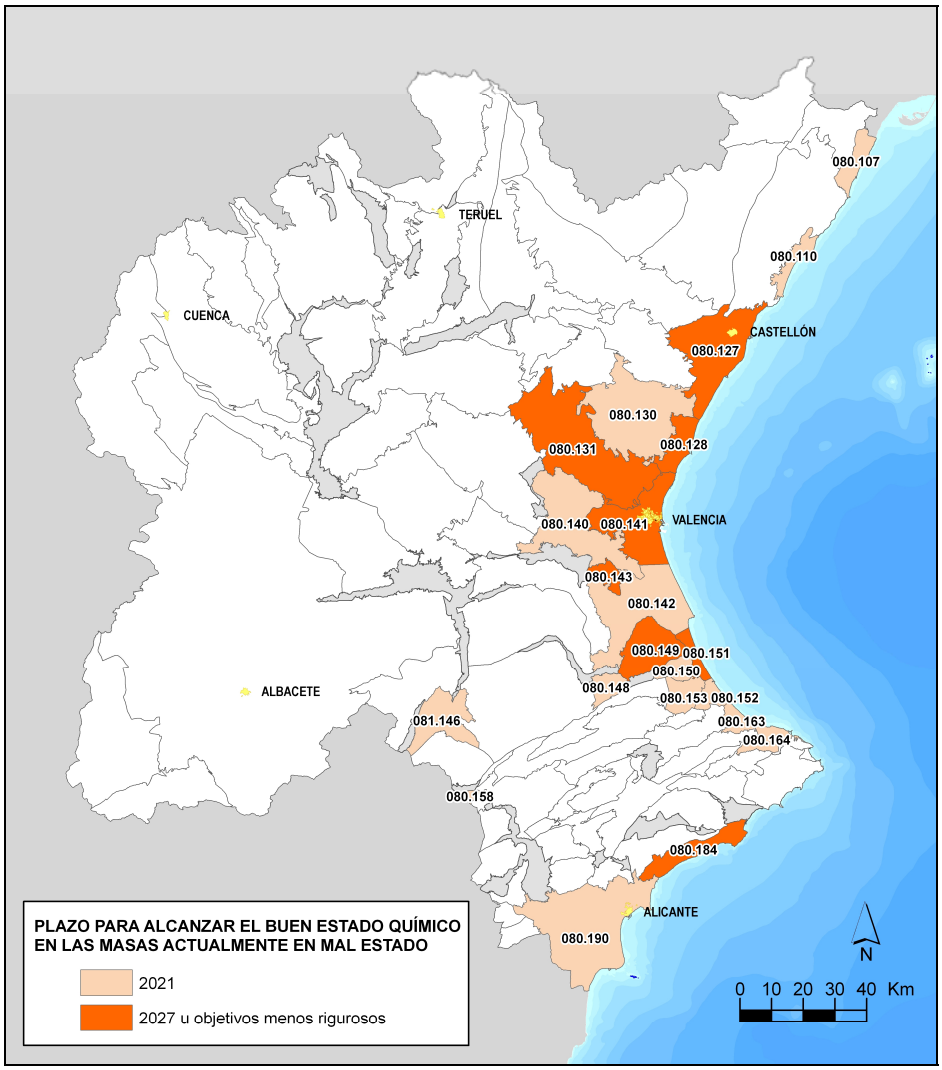


Figura 43. Masas de agua subterránea que se encuentran en mal estado químico y plazo previsto para conseguir los objetivos medioambientales.

En la Tabla 33 se detalla la relación de las MASUB que se encuentran en mal estado por nitratos y el plazo en que se prevé alcanzar los objetivos medioambientales.

Código	Nombre	Plazo previsto para alcanzar los objetivos medioambientales
080.107	Plana de Vinaroz	2021
080.110	Plana de Oropesa - Torreblanca	2021
080.127	Plana de Castellón	2027 u objetivos menos rigurosos
080.128	Plana de Sagunto	2027 u objetivos menos rigurosos
080.130	Medio Palancia	2021
080.131	Liria - Casinos	2027 u objetivos menos rigurosos
080.140	Buñol - Cheste	2021
080.141	Plana de Valencia Norte	2027 u objetivos menos rigurosos
080.142	Plana de Valencia Sur	2021
080.143	La Contienda	2027 u objetivos menos rigurosos
080.146	Almansa	2021
080.148	Hoya de Játiva	2021

Código	Nombre	Plazo previsto para alcanzar los objetivos medioambientales
080.149	Sierra de las Agujas	2027 u objetivos menos rigurosos
080.150	Bárig	2021
080.151	Plana de Jaraco	2027 u objetivos menos rigurosos
080.152	Plana de Gandía	2021
080.153	Marchuquera - Falconera	2021
080.158	Cuchillo - Moratilla	2021
080.163	Oliva - Pego	2021
080.164	Ondara - Denia	2021
080.184	San Juan - Benidorm	2027 u objetivos menos rigurosos
080.190	Bajo Vinalopó	2021

Tabla 33. Masas de agua subterránea que se encuentran en mal estado químico por nitratos y plazo previsto para conseguir los objetivos medioambientales fijados.

En definitiva, como resultado de este estudio inicial se prevé que en 14 de las 22 MASUB que se encuentran actualmente en mal estado químico por nitratos será necesaria una prórroga hasta el año 2021 para alcanzar los objetivos medioambientales, mientras que en las 8 masas restantes será necesaria una prórroga del plazo hasta el año 2027 u objetivos menos rigurosos.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL CON TIPOLOGÍA DE RÍO GANADOR O VARIABLE QUE SE ENCUENTRAN CONECTADAS CON LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN MAL ESTADO QUÍMICO POR NITRATOS

El estado químico de las MASUB puede condicionar, a través de la interrelación río – acuífero, el estado químico de las masas de agua superficial (MAS) de la red hidrográfica significativa.

Con el fin de conocer las MAS cuyo estado químico puede verse deteriorado al recibir la descarga de MASUB en mal estado químico por nitratos, se ha efectuado un estudio inicial para identificar las MAS que presentan cauces ganadores o variables con respecto a las aguas subterráneas, incluyendo las ganancias de caudal a través del lecho y por manantiales.

El estudio se ha basado en los resultados procedentes de los siguientes trabajos de planificación hidrológica:

- Trabajos desarrollados por la Oficina de Planificación Hidrológica para la evaluación del estado químico de las MASUB conforme a la concentración de nitratos, según se describe en el documento *"Trabajos de apoyo para la evaluación del estado químico y la coordinación de los estudios sobre las aguas subterráneas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar"* (CHJ, 2009-a).

- Trabajos de caracterización de la interrelación río-acuífero según la Actividad 4 *"Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre las aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas de especial interés hídrico" de la Encomienda de gestión* en el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Conforme se ha descrito en el apartado 2 de la presente Memoria, la cobertura resultante de la caracterización 'río-acuífero' permite identificar los tramos de cauces fluviales ganadores, perdedores y variables con respecto al acuífero.

Tomando como referencia los resultados de este estudio se han identificado las MAS de la categoría río que contienen uno o más tramos de cauces fluviales en los que se cumplen las siguientes condiciones:

- El tramo fluvial presenta un modelo 'río-acuífero' ganador o variable (estacional o hiperanual) con respecto al acuífero, según los resultados de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión. La relación 'río-acuífero' se puede producir a través de las descargas difusas en el cauce fluvial, por descargas puntuales por manantiales o grupos de manantiales, o como combinación de ambas tipografías.

- El tramo fluvial atraviesa alguna de las 22 MASUB que se han evaluado en mal estado químico conforme a la norma de calidad de nitratos según se describe en el "Esquema provisional de temas importantes" (2009-d).

En la Tabla 34 se presenta la relación de las 27 MAS de la categoría río que contienen uno o más tramos en los que se cumplen estas condiciones.

Código de la masa de agua superficial	Nombre de la masa de agua superficial	Código de la masa de agua subterránea en mal estado	Nombre de la masa de agua subterránea en mal estado	Observaciones
11.01	Río Veo	080.127	Plana de Castellón	Cauce ganador en un tramo intermedio de la masa de agua subterránea
13.05	Río Palancia: E. Regajo - Rbla. Seca	080.130	Medio Palancia	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
13.06	Río Palancia: Rbla. Seca - E. Algar	080.130	Medio Palancia	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
15.14	Río Turia: Río Sot - Bco. Teulada	080.140	Buñol - Cheste	Cauce ganador o variable en su recorrido por la masa de agua subterránea, salvo en el tramo perdedor comprendido entre las ramblas Castellana y Escarihuela
15.14.02.02	Rbla. Escarihuela: Bco. Crispina - Río Turia	080.131	Liria - Casinos	Cauce variable en el tramo final de su recorrido por la masa de agua subterránea
15.15	Río Turia: Bco. Teulada - Ayo Granolera	080.131	Liria - Casinos	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
15.16	Río Turia: Ayo Granolera - Az. Manises	080.131	Liria - Casinos	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
16.01	Rbla. Poyo: Cabecera - Bco. Cavalls	080.140	Buñol - Cheste	Cauce ganador en el tramo inicial de su recorrido por la masa de agua subterránea
16.04	Rbla. Poyo: Parque Albufera - Lago Albufera	080.141	Plana de Valencia Norte	Cauce ganador en el tramo final de su recorrido por la masa de agua subterránea
18.29	Río Júcar: Río Sellent - Río Albaida	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce variable en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.29.01.03	Río Albaida: E. Bellús - Río Barcheta	080.148	Hoya de Játiva	Cauce con tramos ganadores y variables en su recorrido por la masa de agua subterránea
18.29.01.03.01.01	Río Cáñoles: Cabecera - Canals	080.148	Hoya de Játiva	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.29.01.03.01.02	Río Cáñoles: Canals - Río Albaida	080.148	Hoya de Játiva	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.29.01.04	Río Albaida: Río Barcheta - Río Júcar	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.30	Río Júcar: Río Albaida - Rbla. Casella	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.31	Río Júcar: Rbla. Casella - Río Verde	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.32	Río Júcar: Río Verde - Río Magro	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.33	Río Júcar: Río Magro - Albalat de la Ribera	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.34	Río Júcar: Albalat de la Ribera - Az. Sueca	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce ganador en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.35	Río Júcar: Az. Sueca - Az. Cullera	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce variable en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
18.36	Río Júcar: Az. Cullera - Az. Marquesa	080.142	Plana de Valencia Sur	Cauce variable en todo su recorrido por la masa de agua subterránea
19.01	Río Jaraco: Cabecera - Ferrocarril	080.150	Bárig	Cauce ganador en el tramo inicial de su recorrido por la masa de agua subterránea
19.02	Río Jaraco: Ferrocarril - Mar	080.151	Plana de Jaraco	Cauce ganador en el tramo final de su recorrido por la masa de agua subterránea
23.01	Río Vedat	080.163	Oliva - Pego	Cauce ganador en el tramo intermedio de su recorrido por la masa de agua subterránea

Código de la masa de agua superficial	Nombre de la masa de agua superficial	Código de la masa de agua subterránea en mal estado	Nombre de la masa de agua subterránea en mal estado	Observaciones
24.01	Río Revolta: Cabecera - Marjal Pego-Oliva	080.163	Oliva - Pego	Cauce ganador en el tramo intermedio de su recorrido por la masa de agua subterránea
25.02	Río Girona: E. Isbert - Mar	080.164	Ondara - Denia	Cauce ganador en el tramo de las Cavas
26.01	Bco. Alberca	080.164	Ondara - Denia	Cauce ganador en el tramo inicial de su recorrido por la masa de agua subterránea

Tabla 34. Masas de agua superficial que presentan tramos fluviales ganadores o variables con respecto al acuífero y que atraviesan masas de agua subterránea en mal estado químico por nitratos.

En el Anejo 9 se detallan las características, la tipología del cauce y el tipo de conexión de las 27 MAS que presentan cauces ganadores o variables con respecto al acuífero, así como su correspondencia con los 32 tramos de interconexión río-acuífero que se han caracterizado en el marco de la Actividad 4 de la Encomienda de gestión.

Además de las masas indicadas en la relación anterior, en el estudio también se han considerado otras MAS que, aunque no presenten tramos ganadores o variables en las MASUB por la que discurren, podrían resultar influenciadas por los aportes hídricos recibidos aguas arriba. En este análisis complementario se han incluido las MAS en las que se cumple alguno de los siguientes criterios:

- MAS situadas aguas abajo de las masas de agua superficial que tienen tramos ganadores o variables y que atraviesan las MASUB que se han diagnosticado en mal estado por nitratos, según se ha descrito en la Tabla 34.

- MAS situadas aguas abajo de cauces fluviales que no pertenecen a la red significativa, pero que reciben las descargas de manantiales o grupos de manantiales localizados en MASUB que se encuentran en mal estado por nitratos.

Según estos criterios se han identificado 13 MAS que se corresponden con tramos de los ríos Seco, Belcaire, Palancia y Turia, barranco del Carraixet, y rambla del Poyo.

En la Tabla 35 se presenta esta relación de masas de agua superficial, en la que se también se indica la masa de agua subterránea desde la que pueden recibir las descargas aguas arriba y la masa de agua subterránea por la que discurre su cauce.

Código de la masa de agua superficial	Nombre de la masa de agua superficial	Código de la masa de agua subterránea en mal estado situada aguas arriba	Nombre masa de agua subterránea en mal estado situada aguas arriba	Código de la masa de agua subterránea por la que discurre	Nombre de la masa de agua subterránea por la que discurre
09.02	Río Seco: Castellón – Mar	080.127	Plana de Castellón	080.127	Plana de Castellón
12.01	Río Belcaire	080.130	Medio Palancia	080.127	Plana de Castellón
13.05.01.01	Rbla. Seca (Palancia)	080.130	Medio Palancia	080.130	Medio Palancia

Código de la masa de agua superficial	Nombre de la masa de agua superficial	Código de la masa de agua subterránea en mal estado situada aguas arriba	Nombre masa de agua subterránea en mal estado situada aguas arriba	Código de la masa de agua subterránea por la que discurre	Nombre de la masa de agua subterránea por la que discurre
13.07	E. Algar	080.130	Medio Palancia	080.130	Medio Palancia
13.08	Río Palancia: E. Algar – Az. Ac. Mayor Sagunto	080.130	Medio Palancia	080.130	Medio Palancia
13.09	Río Palancia: Az. Ac. Mayor Sagunto - Mar	080.130	Medio Palancia	080.128	Plana de Sagunto
14.01	Bco. Carraixet: Cabecera - Alfara del Patriarca	080.130	Medio Palancia	080.131	Liria - Casinos
14.02	Bco. Carraixet: Alfara del Patriarca - Mar	080.130	Medio Palancia	080.141	Plana de Valencia Norte
15.17	Río Turia: Az. Manises - Az. Ac. Tormos	080.131	Liria - Casinos	080.131	Liria - Casinos
15.18	Río Turia: Az. Ac. Tormos - Nuevo cauce	080.131	Liria - Casinos	080.141	Plana de Valencia Norte
15.19	Río Turia: Nuevo cauce - Mar	080.131	Liria - Casinos	080.141	Plana de Valencia Norte
16.02	Rbla. Poyo: Bco. Cavalls - Paiporta	080.140	Buñol - Cheste	080.141	Plana de Valencia Norte
16.03	Rbla. Poyo: Paiporta - Parque Albufera	080.140	Buñol - Cheste	080.141	Plana de Valencia Norte

Tabla 35. Masas de agua superficial situadas aguas abajo de cauces ganadores o variables que atraviesan masas de agua subterránea en mal estado químico por nitratos.

Conforme a los criterios expuestos anteriormente, en el presente estudio se ha identificado un total de 40 MAS que pueden resultar afectadas en su estado por recibir descargas de aguas subterráneas procedentes de las MASUB en mal estado químico por nitratos. En 27 de estas MAS podría producirse la afección por la existencia de conexión hídrica directa entre el cauce y el acuífero, mientras que en las otras 13 MAS la influencia tendría su origen de los aportes de nitratos recibidos aguas arriba.

El resultado de este estudio se muestra gráficamente en la Figura 44. En este mapa se han marcado con color azul oscuro los tramos de río ganadores y con color amarillo los tramos variables identificados en las MAS que atraviesan las MASUB en mal estado por nitratos, conforme se han descrito en la Tabla 34. En color verde se han indicado las MAS cuyo estado químico puede verse influenciado por los aportes hídricos recibidos aguas arriba de la MAS por la que discurren, según la relación indicada en la Tabla 35.

Se observa que las MASUB que se encuentran en mal estado químico por nitratos, y que pueden tener una mayor incidencia en el estado de las MAS que las atraviesan, se localizan mayoritariamente en la franja costera de la provincia de Valencia. Estas MASUB pueden condicionar, asimismo, el estado químico de diversas MAS que se encuentran situadas aguas abajo de tramos ganadores o variables.

El cauce fluvial en que se ha identificado un mayor número de tramos con posible influencia de los nitratos procedentes de las descargas de las MASUB por las que atraviesa corresponde con el bajo Júcar, ya que presenta un cauce ganador o variable con respecto al acuífero desde su entrada en la

Plana de Valencia Sur hasta el Azud de La Marquesa, próximo a su desembocadura en el mar Mediterráneo.

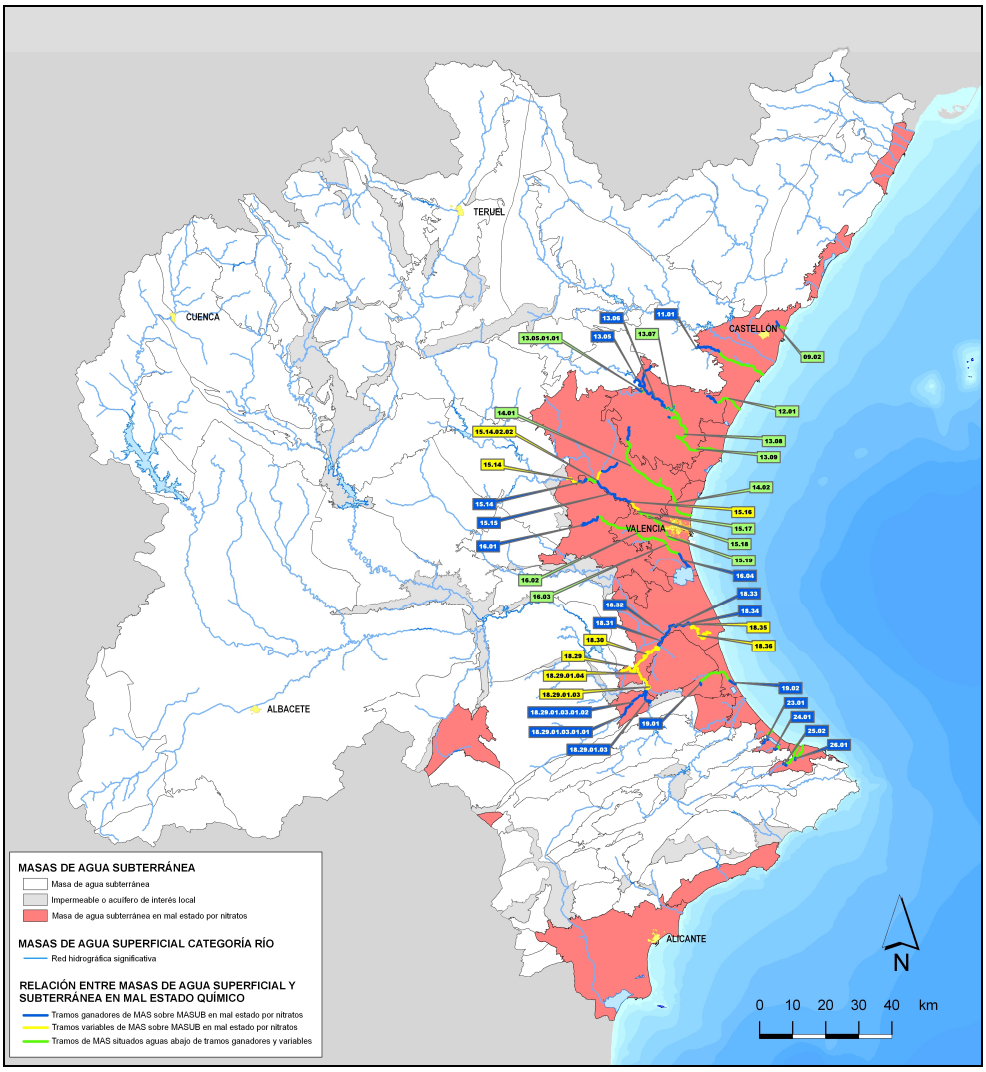


Figura 44. Masas de agua superficial con posible aporte de nitratos procedente de aguas subterráneas.

Como se ha expuesto anteriormente, esta primera caracterización se ha obtenido mediante la integración e interpretación de la información actualmente disponible a partir de estudios previos, por lo que los resultados obtenidos deben considerarse como una primera aproximación a la problemática planteada.

Este diagnóstico puede ser útil como referencia inicial para plantear posteriores estudios de detalle, con el objetivo de identificar con mayor precisión las posibles afecciones al estado químico de las MAS producidas por descargas subterráneas desde las MASUB que se encuentran en mal estado químico por nitratos.

5. BASES DE DATOS, COBERTURAS Y ARCHIVOS DIGITALES

La documentación generada en el marco de los trabajos descritos en esta Memoria ha quedado almacenada y clasificada en los correspondientes archivos de intercambio, bases de datos y coberturas digitales, en los que se han aplicado formatos compatibles con el sistema de información Geshidro de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

6. BIBLIOGRAFÍA

CE (2009). Guía sobre el estado de las aguas subterráneas y la evaluación de tendencias (*Guidance on Groundwater Chemical Status and Trend Assessment*). Documento guía núm. 18. Estrategia común de implantación de la Directiva Marco del Agua (2006/60/CE) de la Comisión Europea. Informe técnico 2009 - 026. Versión española. Dirección General del Agua. Marzo de 2009.

CHJ (2005). Informe para la Comisión Europea sobre los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Demarcación Hidrográfica del Júcar. Abril de 2005. Confederación Hidrográfica del Júcar. Disponible en www.chj.es

CHJ (2009-a). Trabajos de apoyo para la evaluación del estado químico y la coordinación de los estudios sobre las aguas subterráneas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Confederación Hidrográfica del Júcar. Clave: FP.OPH.014/2008. Ref. cronológica: Diciembre de 2009.

CHJ (2009-b). Trabajos de apoyo para la coordinación y el seguimiento de los estudios iniciales sobre sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas conforme a la Directiva Marco del Agua en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Confederación Hidrográfica del Júcar. Clave: FP.OPH.021/2007. Ref. cronológica: Noviembre de 2009.

CHJ (2009-c). Documento técnico de referencia "Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea. Ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Junio de 2009. Disponible en www.chj.es

CHJ (2009-d). Esquema Provisional de Temas Importantes. Demarcación Hidrográfica del Júcar. Confederación Hidrográfica del Júcar. Diciembre de 2009. Disponible en www.chj.es

DGA (2009). Establecimiento de valores umbral en cumplimiento de la Directiva 2006/118. Propuesta de criterios y procedimiento. Dirección General del Agua. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Febrero de 2009.

IGME-DGA (2006). Mapa litoestratigráfico y permeabilidad de España. Visor del mapa continuo digital con información a escala 1:200.000. Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Educación y Ciencia) y Dirección General del Agua (Ministerio de Medio Ambiente). Convenio para la realización de trabajos técnicos en relación con la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de agua subterránea.

MOPTMA-MINER (1994). Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Dirección General de Calidad de las Aguas (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente) e Instituto Tecnológico Geominero de España (Ministerio de Industria y Energía), Madrid, 1994; 135 p.

Müller D., Blum A., Hart A., Hookey J., Kunkel R., Scheidleder A., Tomlin C., Wendland F. (2006). Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, Deliverable D18, Background criteria for the identification of groundwater thresholds (BRIDGE) project, 63 p. Disponible en http://nfp-at.eionet.eu.int/irc

Pérez, M.A. (2005). Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica, para grandes cuencas. Aportación al análisis de presiones e impactos de la Directiva Marco del Agua. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 387 pp.