

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

INFORME



Septiembre 2021

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	REQUERIMIENTOS	10
3.	INFORMACIÓN DE PARTIDA	11
4.	AGUAS SUBTERRÁNEAS	12
4.1.	Análisis de los puntos de agua subterránea afectados por nitratos	12
4.1.1.	Clasificación de los puntos de agua según su naturaleza.....	12
4.1.2.	Contraste entre el MVN y los resultados de los puntos de agua subterránea	14
4.2.	Análisis de las superficies de agua subterránea afectada por nitratos.	20
4.2.1.	Envoltentes de aguas subterráneas afectadas por nitrato (2016-19)	22
4.2.2.	<i>Zonas Vulnerables</i> a la contaminación por nitrato.	25
4.2.3.	Clasificación del riesgo de las MSBT a la contaminación por nitratos (PHE 2021-27). ...	29
5.	AGUAS SUPERFICIALES	33
6.	MODELO PATRICAL	39
7.	REVISIONES Y PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN.	46
7.1.	Revisión de las envoltentes de aguas subterráneas afectadas y propuesta de modificación	50
7.2.	Revisión de las <i>Zonas Vulnerables</i> y propuesta de modificación.....	53
7.3.	Revisión de los puntos de agua subterránea y propuesta de modificación.....	59
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
9.	BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los puntos de control de aguas subterráneas según tipología del acuífero.....	13
Tabla 2. Distribución de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19) según el nivel de riesgo a la contaminación por nitratos (MVN) y principales estadísticos del contenido en nitrato de cada uno de estos niveles de riesgo.....	19
Tabla 3. Superficies totales de las MSBT de la cuenca del Ebro, de las MSBT en riesgo químico por contaminación difusa, las Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos y las envolventes de aguas subterráneas afectadas. Para cada una de estas zonas se indica la superficie del nivel de riesgo alto- extremo (NR 7-10) y nivel extremo (NR 9-10) que presentan, clasificadas por tipología de MSBT.....	21
Tabla 4. Porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo del MVN dentro de las envolventes de aguas subterráneas afectadas. Se identifican a partir de la MSBT a la que pertenecen y se encuentra ordenadas por el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgos alto-extremo (NR 8-10).	24
Tabla 5. Porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo del MVN dentro de las Zonas Vulnerables a la contaminación por NO ₃ . Se identifican por la MSBT a la que pertenecen y se presentan ordenadas por el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgos alto-extremo (NR 6-10).	28
Tabla 6. Clasificación de las masas de agua según el porcentaje de superficie de ocupación de los niveles de riesgo 7-10. Se indica el porcentaje de ocupación de la superficie de las envolventes de aguas afectadas (Informe Cuatrienal 2016-19), el de las Zonas Vulnerables, el estado y riesgo químico, las presiones significativas de tipo difuso identificadas (PHE 2021-27), el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo del 7 al 10 y del 9 al 10 (MVN) y el promedio de la concentración de nitrato 2016-19 de todos los puntos de agua subterránea pertenecientes a la MSBT. El color responde a la situación del impacto por nutrientes. Tipo de presión significativa (Impacto tipo NUT y QUAL): 2.2 Agricultura, superficie de regadío >5% de la MSBT, superficie agrícola >30% de la MSBT; 2.10 Carga ganadera en la MSBT >25 kg N/ha y año; 1.5. Suelos contaminados, presión identificada por el área de Calidad de Aguas Subterráneas con afección significativa a las aguas subterráneas.	31
Tabla 7. MSPF con porcentajes de ocupación en sus cuencas de aportación de más del 60% de niveles de riesgo altos-extremos (NR 7-10). Se indica la cuenca a la que pertenecen, si se encuentran afectados por nitrato (Informe Cuatrienal 2016-19), la superficie de la cuenca de aportación, el porcentaje de la superficie de ocupación en los diferentes rangos de niveles de riesgo (MVN) dentro de la cuenca de aportación: inapreciables a bajos (NR 1-4), altos a extremos (NR 7-10) y extremos (NR 9-10), y se indica el código de la estación de control de aguas superficiales que caracteriza su estado y el contenido en nitrato medio, máximo y mínimo para el periodo 2016-19. Se presentan ordenadas según el rango NR 7-10 y se muestran en negrita las MSPF afectadas por nitrato según el Informe Cuatrienal 2016-19.....	34
Tabla 8. MSPF afectadas por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19) con porcentajes de ocupación en sus cuencas de aportación de menos del 60% de niveles de riesgo altos-extremos (NR 7-10). Se indica la cuenca a la que pertenecen, el porcentaje de la superficie de ocupación en los diferentes rangos de niveles de riesgo	

(MVN): inapreciables a bajos (NR 1-4), altos a extremos (NR 7-10) y extremos (NR 9-10), y se indica el código de la estación de control de aguas superficiales que caracteriza su estado y el contenido en nitrato medio, máximo y mínimo para el periodo 2016-19. Se presentan ordenadas según el rango NR 7-10. 36

Tabla 9. Promedio y exceso de nitrógeno definido en el Modelo PATRICAL (Años 2011-15) obtenido para cada uno de niveles de riesgo del MVN...... 42

Tabla 12. Grado de ajuste entre los NR definidos por el MVN y los resultados de afección de los puntos de agua subterránea (1), envolventes de aguas subterráneas afectadas (2 y 3), Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos (4 y 5), riesgo de la MSBT a la contaminación por nitratos (6) y exceso de nitrógeno definido por el modelo PATRICAL (7) para cada una de las MSBT que configuran la cuenca del Ebro. 48

Tabla 11. Relación de municipios en los que se propone una ampliación de las Zonas Vulnerables. Para cada uno de ellos se indica la superficie total del municipio (Sup. TM), la superficie actual que se encuentra incluida dentro de las ZV (Sup. ZV actual), la superficie que supondría al incluir las ampliaciones propuestas (Sup. ZV tras propuesta), el porcentaje de NR>6 (% Sup, NR>6), el de la superficie de las masas de aguas subterráneas (% con MSBT), el de la superficie de la propuesta de modificación de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (% Sup. ZA), el de la superficie de las cuencas de aportación a masas de agua superficial afectadas (% MSPF afect.) y el número de puntos de agua afectados dentro del municipio (PAS afectados). 58

Tabla 12. Índices de densidad teóricos propuesto para el control del estado cualitativo de las MSBT (DGA 2021) 59

Tabla 13. Adaptación de los Índices de densidad teóricos propuesto para el control del estado cualitativo de las MSBT (DGA 2021) al nivel de riesgo y vulnerabilidad intrínseca definidos en el MVN. 60

Tabla 14. Densidad media de los puntos de agua subterránea dentro de la Cuenca del Ebro, definido para la totalidad de MSBT según su tipología, para las MSBT en riesgo, para las Zonas Vulnerables y para las envolventes de aguas subterráneas afectadas. 61

Tabla 15. Revisión de las MSBT en base al MVN y definición de los cambios planteados para cada una de ellas. 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19) por tipología de acuífero.	13
Figura 2. Distribución de los puntos de aguas subterráneas en función de la valoración de la afección a la contaminación por nitratos de origen agrario (Informe 2016-2019) y la tipología de acuífero al que pertenecen.	14
Figura 3. Distribución de los puntos de aguas subterráneas en función del nivel de riesgo a la contaminación por nitrato y tipología de acuífero.	15
Figura 4. Distribución de los puntos de aguas subterráneas por tipología de acuífero en función del nivel de riesgo de vulnerabilidad a la contaminación por nitrato y su estado de afección (Informe Cuatrienal 2016-19).	15
Figura 5. Análisis por regresión lineal entre del porcentaje de número de puntos afectados y el nivel de riesgo. Se representa por separado cada tipología de acuífero captado por el punto de control.	16
Figura 6. Análisis por regresión lineal entre la concentración media de NO ₃ de las aguas subterráneas y el nivel de riesgo. Se representa por separado cada tipología de acuífero captado por el punto de control.	16
Figura 7. Localización de los puntos de agua subterránea en los que el nivel de riesgo del MVN no se ajusta a su estado de afección o contenido en nitrato.	17
Figura 8. Promedio y mediana del contenido en nitrato obtenido en cada uno de los niveles de riesgo del MVN. Dato obtenido del promedio 2016-2019 de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19). Los valores con línea corresponden a la media y el marcador sin línea a la mediana.	18
Figura 9. Distribución de los puntos de aguas subterráneas en función del nivel de riesgo de vulnerabilidad a la contaminación por nitrato y el promedio de la concentración de nitrato en los años 2016-19.	19
Figura 10. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020) y puntos de control de agua subterránea afectados por nitratos y envolventes de agua subterránea afectadas por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19). NR 1-2: riesgo inapreciable; NR 3-4: riesgo bajo; NR 5-6: medio o moderado; NR 7-8: riesgo alto; NR 9-10: riesgo extremo	22
Figura 11. Regresión lineal entre el porcentaje de superficie de envolvente de aguas subterráneas afectadas dentro de las MSBT y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo del 8 al 10 para todas las MSBT (a) y para las que presentan un buen ajuste (b).	23
Figura 12. Mapa de las de las Zonas Vulnerables de la cuenca del Ebro actualizado (2021) junto con el mapa de la vulnerabilidad a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020). NR 1-2: riesgo inapreciable; NR 3-4: riesgo bajo; NR 5-6: medio o moderado; NR 7-8: riesgo alto; NR 9-10: riesgo extremo. Se muestra el resultado de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19)	26
Figura 13. Regresión lineal entre el porcentaje de superficie declarada como vulnerables a la contaminación por NO ₃ y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo del 6 al 10 para todas las MSBT con Zonas Vulnerables (a) y limitada a las MSBT sin valores extremos (b).	26

Figura 14. Regresión lineal entre el promedio de la concentración de NO₃ de las MSBT (puntos de agua subterránea 2016-19) y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo del 7 al 10, diferenciando por tipología de MSBT: (a) aluviales, (b) carbonatadas y (c) detríticas y otras tipologías. No se incluyen las MSBT carbonatadas donde la carga ganadera corresponde a la principal presión difusa (041, 042, 095 y 096). La etiqueta de los puntos corresponde al código de la MSBT. 32

Figura 15. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020) y valoración de los puntos de control de agua superficial en relación con la afección por nitratos de origen agrario (Informe 2016-2019). NR 1-2: riesgo inapreciable; NR 3-4: riesgo bajo; NR 5-6: medio o moderado; NR 7-8: riesgo alto; NR 9-10: riesgo extremo 36

Figura 16. Distribución de las MSPF afectadas a partir del porcentaje de superficie de ocupación de su cuenca de aportación de los niveles de riesgo alto –extremo (NR 7-10). 38

Figura 17. Comparación de los valores de exceso de nitrógeno definidos por el Modelo PATRICAL para los años 2011-15 con el mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro (Arauzo et al 2020). NR 1-2 riesgo inapreciable; NR 3-4 riesgo bajo; NR 5-6 medio o moderado; NR 7-8 riesgo alto; NR 9-10 riesgo extremo. 40

Figura 18. Mapa de vulnerabilidad intrínseca de la cuenca del Ebro (Arauzo et al 2020). Niveles 1-2 vulnerabilidad inapreciable; niveles 3-4 vulnerabilidad baja; niveles 5-6 vulnerabilidad media o moderada; niveles 7-8 vulnerabilidad alta; niveles 9-10 vulnerabilidad extrema. 41

Figura 19. (a) Promedio y percentiles 50, 5 y 95 de los valores de exceso de nitrógeno obtenidos del Modelo PATRICAL en cada uno de los niveles de riesgo del MVN, (b) distribución de los valores de exceso de nitrógeno obtenidos del Modelo PATRICAL y (c) distribución de los niveles de riesgo del MVN dentro de la cuenca del Ebro. 43

Figura 20. Análisis por regresión lineal de la concentración media de nitrato obtenido de los puntos de agua subterránea (Informe 2016-2019) y la concentración de nitrato media de los años 2015 y 2018 simulada por el Modelo PATRICA para cada MSBT (a) y sector de estudio (b). Se han eliminado las MSBT cuya única presión difusa significativa corresponde a la carga ganadera: 041 Litera Alta, 042 Sierras Marginales Catalanas, 040 Sinclinal de Graus, 096 Puertos de Beceite y 099 Puertos de Tortosa. La etiqueta corresponde al código de la MSBT. 44

Figura 21. Mapa de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (Informe Cuatrienal 2016-19) y propuesta de modificación 51

Figura 22. Mapa de la propuesta de modificación de las envolventes de aguas subterráneas. Se muestran diferentes rangos de niveles de riesgo entre moderado y extremo del MVN. 52

Figura 23. Mapa de la propuesta de modificación de las Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro en el que se recogen también las zonas afectadas por nitratos (2016-19). 55

Figura 23. Mapa de la propuesta de modificación de las Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro. Se muestran diferentes rangos de niveles de riesgo moderado a extremo del MVN. 55

Figura 25. Mapa de la propuesta de modificación de los puntos de agua subterránea (PAS) incluidos en el Informe Cuatrienal 2016-19 62

1. INTRODUCCIÓN

En España la contaminación difusa es uno de los mayores problemas que presentan las aguas subterráneas. En el actual ciclo de Planificación (2015-2021) del total de masas de agua subterráneas (MSBT) definidas en su territorio, el 35% (267 MSBT) se encuentran en riesgo químico de no alcanzar los objetivos ambientales, de las cuales el 90% (239 MSBT), están sometidas a uno o varios tipos de presiones difusas significativas y el 66% (178 MSBT) están afectadas por impactos significativos de contaminación por nutrientes (MAPAMA 2015-21).

En la cuenca del Ebro este problema también es significativo. En el nuevo ciclo de planificación (2021-27) de las 105 MSBT que configuran esta cuenca, 71 de ellas se encuentran en riesgo químico de las cuales, 63 MSBT soportan una elevada presión agrícola y ganadera donde el contaminante mayoritario corresponde con el nitrato.

El principal instrumento legal específico de control de la contaminación por nitratos es la Directiva 91/676/CEE (Directiva de Nitratos), incorporada a la normativa nacional a través del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Esta Directiva hace de obligado cumplimiento identificar las aguas contaminadas o en riesgo de ser contaminadas por nitratos (aquellas que contengan o puedan contener si no se aplican medidas, una concentración de nitrato superior a 50 mg/L); designar las *Zonas Vulnerables* a Nitratos (superficies de terreno cuya escorrentía fluye hacia las aguas afectadas por nitratos y que contribuyen a dicha contaminación); establecer Códigos de Buenas Prácticas Agrícolas; disponer de un Programa de seguimiento de la calidad de las aguas; e informar cada 4 años a la Comisión Europea del cumplimiento de la Directiva de Nitratos.

Para controlar la contaminación de nitratos de las aguas subterráneas en seguimiento de la Directiva de Nitratos, es necesario caracterizar correctamente todas aquellas actividades que son potencialmente contaminantes, es decir, definir cuál es el origen de la contaminación (definición de las presiones), así como también determinar la capacidad que tiene el acuífero de ser contaminado, lo que vendría a ser la facilidad con la que el contaminante, en este caso el nitrato, puede alcanzar las aguas subterráneas (definición de la vulnerabilidad). La combinación de ambos parámetros, presiones y vulnerabilidad, viene a determinar el riesgo del acuífero a ser contaminado. Las redes de control a su vez, determinan el estado de las aguas subterráneas, si se encuentran o no contaminadas. Es necesario por tanto disponer de puntos de control en todas aquellas zonas donde las presiones y la vulnerabilidad son elevadas.

La elaboración de un mapa de vulnerabilidad a la contaminación de nitratos, constituye una buena herramienta, dado que no solo define las zonas de mayor aporte de nitrógeno al medio, sino que además establece cuales son los acuíferos que presentan una mayor vulnerabilidad intrínseca a la contaminación. Esto nos permite limitar los usos de suelo en zonas de vulnerabilidad intrínseca elevada, aplicar códigos de buenas prácticas en todas aquellas superficies que presentan un elevado riesgo de contaminación, definir qué acuíferos y/o zonas podrían estar potencialmente contaminados dada la carga que soportan y con ello, determinar donde se requiere un mayor número de puntos de control de las aguas subterráneas.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha elaborado un mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro (Arauzo 2020), cuyo principal objetivo es el de mejorar la delimitación de las *Zonas Vulnerables* a la contaminación por nitratos. Para ello ha creado una cartografía de vulnerabilidad intrínseca (MVI) que determina el riesgo asociado al medio físico a la cual aplica un valor de pérdida de nitrato en función de los usos de suelo. De este modo obtiene un mapa de vulnerabilidad específica a la contaminación por nitratos (MVN), que viene a determinar el riesgo asociado a los usos del suelo en territorios intrínsecamente vulnerables. En este mapa se establecen cinco rangos de vulnerabilidad que corresponden con: riesgo inapreciable (nivel de riesgo 1-2), riesgo bajo (nivel de riesgo 3-4), riesgo medio o moderado (nivel de riesgo 5-6), riesgo alto (nivel de riesgo 7-8) y riesgo extremo (nivel de riesgo 9-10).

En este trabajo de análisis del mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos del CSIC, se pretende determinar si este mapa es representativo de la realidad de cuenca del Ebro, si se ajusta a los resultados de las redes de control y con base en él, determinar qué zonas requieren de un mayor número de puntos de control o del establecimiento de normativas específicas de protección frente a la contaminación por nitratos.

2. REQUERIMIENTOS

1. Determinar el grado de ajuste que presenta el mapa de vulnerabilidad de Nitratos (MVN) de la cuenca del Ebro elaborado por el CSIC (Mercedes Arauzo, 2020) con los resultados del Informe 2016-2019 (CHE 2021) sobre la determinación de las aguas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos de origen agrario:
 - a. Comparar los valores de nitrato obtenidos en las redes de control (Informe 2016-2019) con el nivel de riesgo definido por el MVN.
 - b. Revisar si los valores con nivel de riesgo más elevado definidos en el MVN se ajusta a las *Zonas Vulnerables*, a las envolventes de las aguas afectadas por nitratos de origen agrario (*Zonas Afectadas*), a las masas de agua superficial afectadas y a las determinadas por el incumplimiento de un punto de control pero que no han dado lugar a dibujar una envolvente de aguas afectadas.
 - c. Identificar si existen zonas con una elevada vulnerabilidad en el MVN que no se encuentran declaradas como *Zonas Vulnerables* o *Afectadas*.
 - d. Identificar si existen zonas con una baja vulnerabilidad en el MVN que se encuentran declaradas como *Zonas Vulnerables* o *Afectadas*.
 - e. Definir los valores de corte del nivel de riesgo del MVN que más se ajustan a los resultados del Informe Cuatrienal 2016-19 en su valoración de los puntos de control como: afectado, en riesgo y no afectado
 - f. Comparar el estado de las masas de agua con la superficie que presenta el MVN de cada uno de los niveles de riesgo. Comparar el dato de porcentaje de superficie afectada por nitrato (Tabla 2 del Informe 2016-2019) con el porcentaje de superficie con niveles de riesgo alto-extremo (MVN).
2. Contrastar el MVN con los resultados del modelo PATRICAL (Pérez Martín, 2020).
3. Revisar la red de control de calidad química de las aguas subterráneas (puntos reportados) en base al MVN:
 - a. Identificar si existen zonas con un nivel de riesgo alto que no dispongan de puntos de control.
 - b. Identificar zonas que posean un elevado número de puntos en relación al nivel de riesgo definido

3. INFORMACIÓN DE PARTIDA

Cartografía de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020):

- Mapa de vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas de la cuenca del Ebro (MVI) (Arauzo et al 2020), riesgo asociado al medio físico. Formato ráster.
- Mapa de vulnerabilidad específica a la contaminación por nitratos (MVN), riesgo asociado a los usos del suelo en territorios intrínsecamente vulnerables. Formato ráster.

Plan Hidrológico del Ebro (PHE 2021-27):

- Estado y Riesgo de las masas de agua subterráneas. Formato shp.
- Exceso de nitrógeno medio (kgN/ha) de los años 2011-15. Resultados modelo PATRICAL. Formato Raster.
- Determinación de la concentración media de NO₃ de las MSBT en 2011. Resultados modelo PATRICAL. Formato tabla.
- Inventario de presiones: carga ganadera. Formato shp.

Informe sobre la determinación de las aguas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos de origen agrario (Informe Cuatrienal 2016-19):

- Resultados puntos de control de calidad de aguas subterráneas (PAS): valoración 2016-19. Formato shp.
- Resultados puntos de control de calidad de aguas superficiales: valoración 2016-19. Formato shp.
- Envoltantes aguas subterráneas afectadas 2016-2017 (ZA). Formato shp.
- *Zonas Vulnerables* a la contaminación por nitratos (ZV). Formato shp.
- Aguas superficiales afectadas 2016-2019. Formato shp.
- Aguas subterráneas afectadas 2016-2019. Formato shp.
- Superficie de masa de agua subterránea afectada por NO₃ 2016-2019.

Otros:

- Cuencas vertientes de las masas de agua superficiales (CHE 2016). Formato shp.
- Mapa geológico escala 1:200.000 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE 1999), dominios: Depresión del Ebro, Central Ibérico, Jalón-Jiloca, Demanda-Cameros, Jaca-Pamplona, Mastrazgo-Catalánides, Sinclinal de Tremp y Vasco-Cantábrico. Formato shp.
- Mapa Geológico Continuo de España a escala 1:50.000 (IGME 2004). Formato wms
- Mapa Geológico Comarcal 1:50.000 (GenCat 2016). Formato wms
- Inventario de Puntos de Agua (IPA) (CHE 2020). Formato shp.

4. AGUAS SUBTERRÁNEAS

4.1. Análisis de los puntos de agua subterránea afectados por nitratos

4.1.1. Clasificación de los puntos de agua según su naturaleza

Para poder diferenciar por tipología de acuífero los resultados de la red de control subterránea en referencia al mapa de vulnerabilidad de nitratos, se ha procedido a la identificación del acuífero que controla cada uno de ellos, agrupados a grandes rasgos en:

- **Acuíferos aluviales** y otros cuaternarios, que incluye aluviales, terrazas, glaciares, coluviones, tobas, y otras formaciones del Pleistoceno y Holoceno.
- **Acuíferos carbonatados**, principalmente formaciones de calizas y dolomías del Devónico, Muschelkalk, Jurásico, Cretácico, Paleógeno y calizas lacustres del Neógeno.
- **Acuíferos detríticos**, que incluye fundamentalmente a los conglomerados, arenas y arcillas terciarias y otras formaciones cretácicas también detríticas.
- Y **otros acuíferos**, correspondientes con formaciones no incluidas en los grupos anteriores como son las formaciones paleozoicas de baja permeabilidad (cuarcitas, areniscas y pizarras), megacapas de flysh, granitos meteorizados y las formaciones del Keuper (margas, arcillas y yesos), entre otros.

Del total de puntos de agua subterránea reportados en el informe cuatrienal (1.361 puntos), 526 puntos de control no disponen de información sobre el acuífero que controlan, 109 se localizan en zonas sin masa de agua subterránea y 12 se localizan fuera de la cuenca de Ebro. Para todos aquellos puntos sin dato, se ha procedido a la identificación de la tipología de acuífero en función de su naturaleza (tipo de captación y profundidad) y ubicación, aplicando los siguientes criterios:

- Con base en la cartografía geológica 1:50.000 de la CHE, todos aquellos pozos/sondeos localizados sobre aluviales y otros cuaternarios con poca profundidad (entre 0-70 m según zonas y formaciones) se clasificaron como cuaternarios.
- Para el resto de pozos/sondeos de poca profundidad se clasificaron en función de la formación geológica sobre la que se asientan obtenida del mapa geológico 1:50.000 de la CHE y contrastada con el mapa geológico continuo 1:50.000 del IGME (IGME 2004) y con el mapa geológico comarcal 1:50.000 de Cataluña (GenCat 2016).
- Para los pozos/sondeos profundos, el dato se obtiene a partir de la columna litológica de las fichas IPA disponibles en SITEBRO, y si el punto no dispone de información litológica se localizan puntos cercanos de iguales características que presenten columna litológica. En el caso de no disponer de ningún tipo de información se identifica como acuífero el de la formación sobre la que se sitúa, teniendo en cuenta la posible superposición de formaciones acuíferas de diferente naturaleza.
- Para todos aquellos pozos/sondeos profundos que atraviesan formaciones acuíferas de diferente naturaleza se identifican como acuíferos superpuestos e incluyen: cuaternario-carbonatado; detrítico-carbonatado; cuaternario-detrítico y cuaternario-otros.
- Para el caso de los manantiales, el dato también se extrae de las fichas IPA, aplicando la tipología de acuífero en todos aquellos puntos que poseen información sobre litología y acuífero. Para el resto se asigna en función de su localización (formación permeable sobre la que se sitúa o más cercana), caudales de descarga y composición hidroquímica, entre otros.

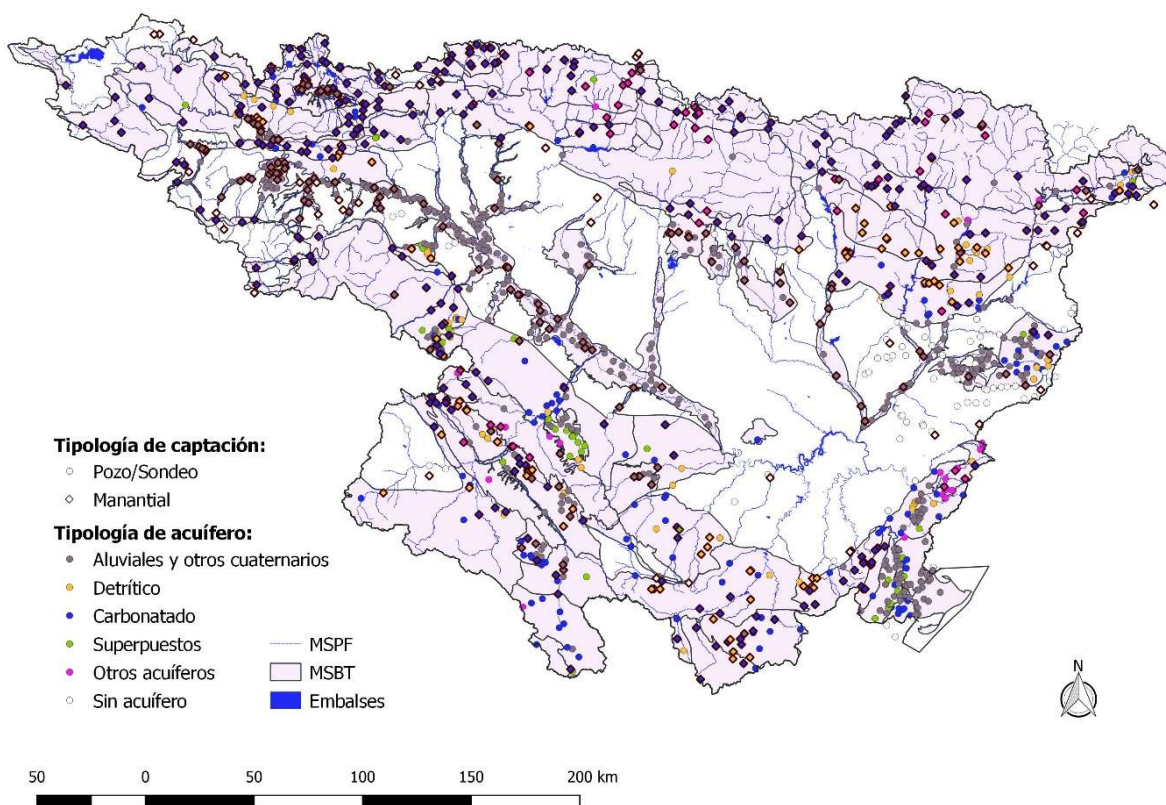


Figura 1. Clasificación de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19) por tipología de acuífero.

Tipología	Núm. puntos	Porcentaje
Ac. aluviales y otros cuaternarios	588	43%
Ac. carbonatado	415	30%
Ac. detrítico	136	10%
Ac. superpuestos	42	3%
Otros acuíferos	59	4%
Fuera de MSBT	121	9%
Total general	1361	

Tabla 1. Clasificación de los puntos de control de aguas subterráneas según tipología del acuífero

Encontramos que la mayor parte de estos puntos de agua subterránea están asociados a acuíferos cuaternarios, con el 43% del total, seguidos de los carbonatados, con el 30%. El grupo menos numeroso se identifica con pozos o sondeos que atraviesan formaciones acuíferas de distinta naturaleza y aquellos que se localizan sobre formaciones de baja permeabilidad (formaciones del Paleozoico, Keuper) o en granitos meteorizados.

Según el Informe Cuatrienal 2016-19, del total de puntos reportados, el 33% está valorado como afectado por nitratos, el 7% está en riesgo y el 60% no está afectado. Por acuíferos, encontramos que los aluviales son los que muestran un mayor porcentaje de puntos afectados con un 50% y en el otro extremo se encuentran los acuíferos carbonatados que tan solo presentan un 13% de puntos afectados (Figura 2).

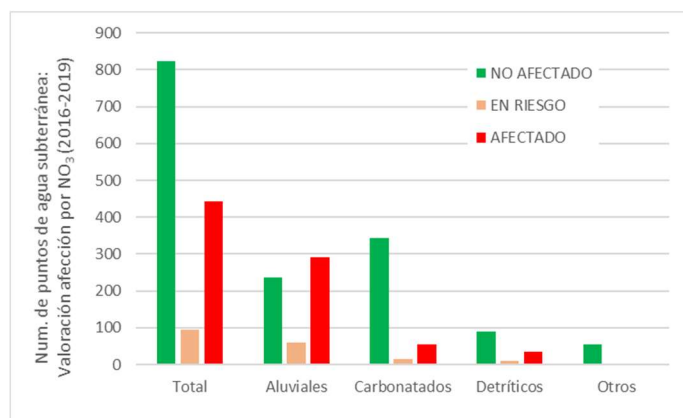


Figura 2. Distribución de los puntos de aguas subterráneas en función de la valoración de la afección a la contaminación por nitratos de origen agrario (Informe 2016-2019) y la tipología de acuífero al que pertenecen.

4.1.2. Contraste entre el MVN y los resultados de los puntos de agua subterránea

Dentro del análisis de las aguas subterráneas en referencia a los puntos de agua subterránea (PAS) y su relación con el MVN, se ha contrastado el número de puntos afectados/no afectados/ en riesgo, con el nivel de riesgo (NR) definido por el MVN junto con el promedio del contenido en nitratos obtenido en los años 2016-2019. El valor de NR para cada uno de estos puntos se ha establecido a partir del valor de la celda del MVN (pixel 25 m), sobre la que se sitúa.

Se ha realizado un análisis estadístico de los datos, en el cual se identifica si existe o no una relación entre los resultados de los puntos de agua subterránea del Informe Cuatrienal 2016-19 y el MVN. Se ha contrastado el número de puntos que engloba cada uno de los niveles de riesgo del MVN y su grado de afección (afectado, en riesgo y no afectado), la concentración media de nitrato de cada uno de los niveles de riesgo obtenida a partir del promedio de los años 2016-19 y la distribución de los valores de nitrato dentro de cada uno de estos niveles, diferenciando por tipología de acuífero.

Los objetivos de este análisis son (1) determinar si existe o no una relación entre los resultados del informe en cuanto a estado y contenido de nitrato de cada uno de los puntos de agua subterránea con el nivel de riesgo definido en el MVN (2) definir el nivel en el cual la mayor parte de los puntos se encuentran afectados (3) identificar si existe diferentes comportamientos en función de la tipología de los puntos.

En base al nivel de riesgo de los PAS, encontramos que el 55% de los puntos de agua subterráneas se localizan sobre zonas con un nivel de riesgo entre inapreciable y bajo (NR 1-4), el 12 % sobre zonas con un nivel intermedio (NR 5-6) y el 34% sobre zonas con un nivel de riesgo entre alto y extremo (NR 7-10).

Por acuíferos, dado que los aluviales son los que presentan los niveles de riesgo más elevado (soportan una gran superficie de cultivos de regadío y una vulnerabilidad intrínseca elevada), la mayor parte de los puntos

de control de esta tipología, el 51%, se localizan sobre zonas con un nivel de riesgo elevado (NR 7-10). Tan solo el 37 % de los puntos que controlan acuíferos aluviales y otros cuaternarios se localizan sobre zonas de riesgo clasificado entre inapreciable o bajo. En el otro extremo se encuentran los acuíferos carbonatados donde la mayor parte de los puntos de control (75%) están en zonas de riesgo inapreciable o bajo (NR 1-4) y el 16% en zonas clasificadas como de riesgo alto y extremo (Figura 3).

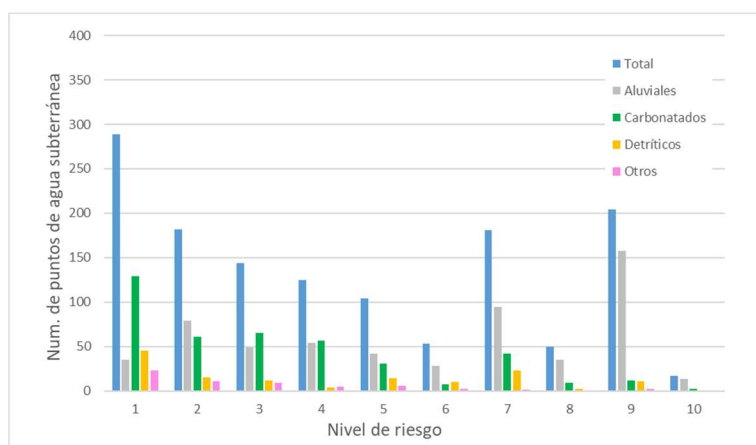


Figura 3. Distribución de los puntos de aguas subterráneas en función del nivel de riesgo a la contaminación por nitrato y tipología de acuífero.

Al contrastar el grado de afección de los puntos de agua subterránea con el nivel de riesgo, encontramos que existe cierta correlación a partir del nivel de riesgo 6, donde el porcentaje de puntos afectados queda por encima del porcentaje de puntos no afectados, un 47% (25 puntos) frente a un 43% (23 puntos). Esta diferencia se hace mayor en los grados 7 y 9, donde la diferencia entre afectados y no afectados es del 57% (103 puntos) frente a 34% (62 puntos) y del 50% (101 puntos) frente al 40% (82 puntos), respectivamente (Figura 4).



Figura 4. Distribución de los puntos de aguas subterráneas por tipología de acuífero en función del nivel de riesgo de vulnerabilidad a la contaminación por nitrato y su estado de afección (Informe Cuatrienal 2016-19).

Sin embargo, existen ciertos niveles de riesgo alto y extremo (NR 8 y 10), que si bien son pocos los puntos que quedan en estas zonas, la mayor parte de ellos son puntos no afectados.

Por otro lado, en zonas clasificadas como de riesgo inapreciable o bajo (NR 1-4), la mayoría de los puntos se identifican como no afectados, el 73 % (539 puntos) frente al 22% que están afectados (162 puntos).

Por acuíferos, se observa que la mejor correlación entre la proporción de número de puntos afectados con respecto al nivel de riesgo lo muestran los puntos de control de los acuíferos carbonatados ((N=10; $R^2=0,7026$; $\alpha=14,200$ (p-valor=0,0025)); cuanto mayor es el grado de vulnerabilidad a la contaminación, mayor es la proporción de puntos afectados (Figura 5). Para el resto de acuíferos esta relación es no significativa, presentan un comportamiento más errático.

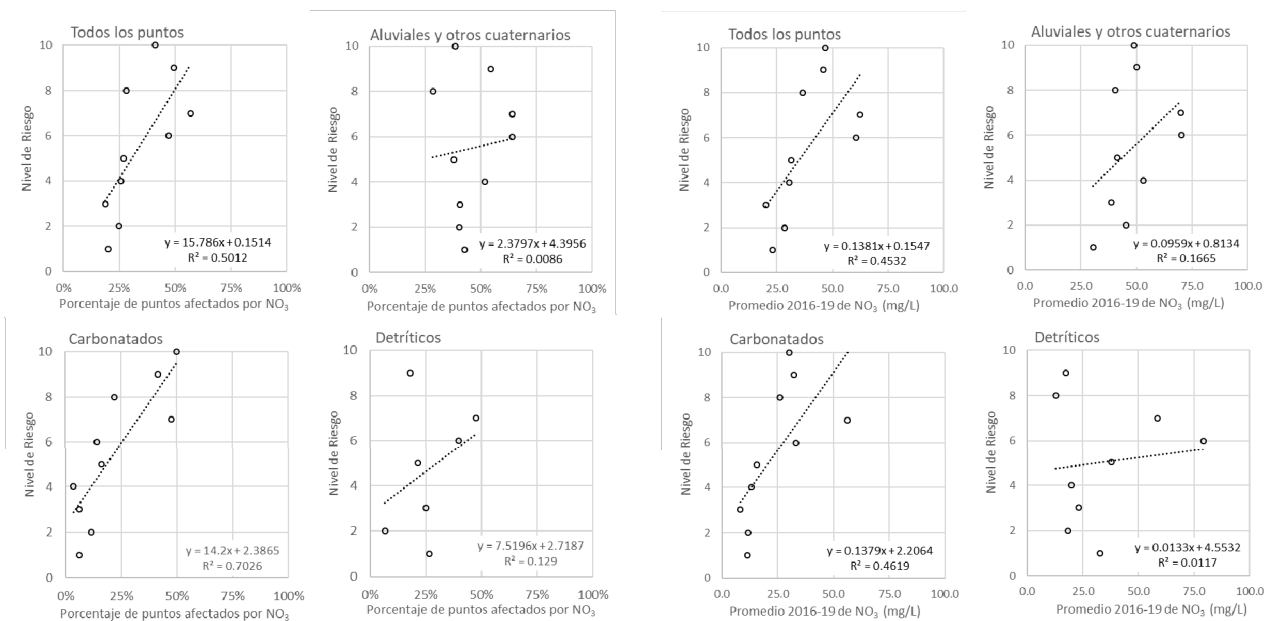


Figura 5. Análisis por regresión lineal entre del porcentaje de número de puntos afectados y el nivel de riesgo. Se representa por separado cada tipología de acuífero captado por el punto de control.

Figura 6. Análisis por regresión lineal entre la concentración media de NO₃ de las aguas subterráneas y el nivel de riesgo. Se representa por separado cada tipología de acuífero captado por el punto de control.

En los aluviales, el grupo más numeroso en cuanto a puntos de control, muestra un incremento del número de puntos afectados frente a los no afectados a partir del nivel de riesgo 6 (64% frente al 21%) y un incremento del número de puntos afectados a partir del nivel 7 (61 puntos afectados frente a 22 puntos no afectados) (Figura 4). Esta diferencia también queda reflejada en el nivel de riesgo 9 (86 puntos afectados/55 puntos no afectados). Por otro lado, dentro de esta tipología de acuífero los niveles de riesgo bajo (NR 1-4), llevan asociados una mayor proporción de puntos no afectados, de media un 47% frente a un 44% (Figura 4). Sin embargo, la relación entre nivel de riesgo y el porcentaje de puntos afectados/no afectados no es significativa (N=10; $R^2=0,0086$; $\alpha=2,3797$ (p-valor>0,05)) (Figura 5), se observa un nivel de corte a partir de 7 por encima del cual se incrementa el número de puntos afectados, pero sin una relación significativa entre la cuantificación del riesgo y el incremento de los puntos afectados.

En el resto de acuíferos, existen pocos puntos de control para poder realizar un análisis que sea representativo. Los únicos puntos de control afectados en el grupo de otros acuíferos se localizan en los niveles 4 al 6, y en los acuíferos detríticos, el número de puntos afectados más numeroso (12 puntos) se encuentra en el nivel de riesgo más bajo.

En cuanto a los puntos clasificados como en riesgo, no se identifica un rango de valores de NR en el cual este grupo sea más numeroso, el porcentaje más alto de puntos se alcanza en el NR 8 y el más bajo en el NR 3. Tan solo en los acuíferos carbonatados sí que se observa un aumento de los puntos en riesgo cuando se localizan sobre NR de 6 y en los detríticos sobre NR de 5.

Finalmente, cabe indicar que los puntos de agua subterránea que presenta un nivel de riesgo incoherente con el estado de afección definido en el Informe Cuatrienal 2016-19 corresponden: 184 puntos (14% del total) que estando localizados sobre un nivel de riesgo clasificado entre elevado y extremo (NR 7-10) no están afectados; y 162 puntos (12% del total) que se encuentran en zona de riesgo bajo o inapreciable y están afectados por nitrato (Figura 10).

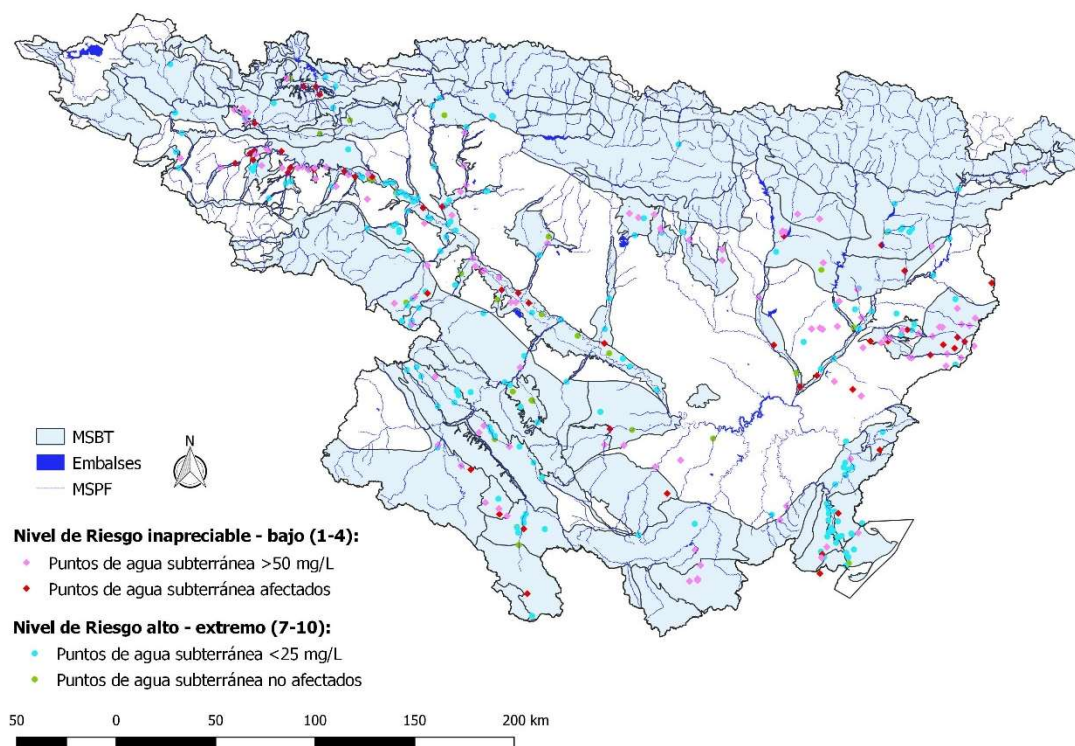


Figura 7. Localización de los puntos de agua subterránea en los que el nivel de riesgo del MVN no se ajusta a su estado de afección o contenido en nitrato.

En cuanto al contenido en nitrato de los puntos de agua subterránea en cada uno de los niveles de riesgo, se observa que tanto la media como la mediana de los promedios de NO_3 2016-19 aumentan a partir del nivel de riesgo 6 hasta alcanzar una media de 60,6 mg/L (mediana 46,7 mg/L) (Figura 8, Tabla 2). Sin embargo, a partir del nivel de riesgo 8, la concentración media de nitrato desciende hasta 36,8 mg/L (mediana 21,4 mg/L), manteniendo valores más bajos en los niveles de riesgo extremo (9 y 10) que los alcanzados en los niveles de riesgo medio y alto (NR 6-7) (Figura 8).

En el análisis de regresión lineal por acuíferos (Figura 6), tan solo los puntos en acuíferos carbonatados son los que muestran una relación significativa entre la media de la concentración de nitrato y el nivel de riesgo (N=10; $R^2=0,4619$; $\alpha=0,1379$ (p-valor= 0,030)): un aumento del nivel de riesgo supone un incremento del promedio de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas. En el resto de acuíferos, tanto la media como la mediana de algunos de los niveles de riesgo bajo, quedan por encima de los valores obtenidos para los niveles de riesgo alto y extremo (Figura 8).

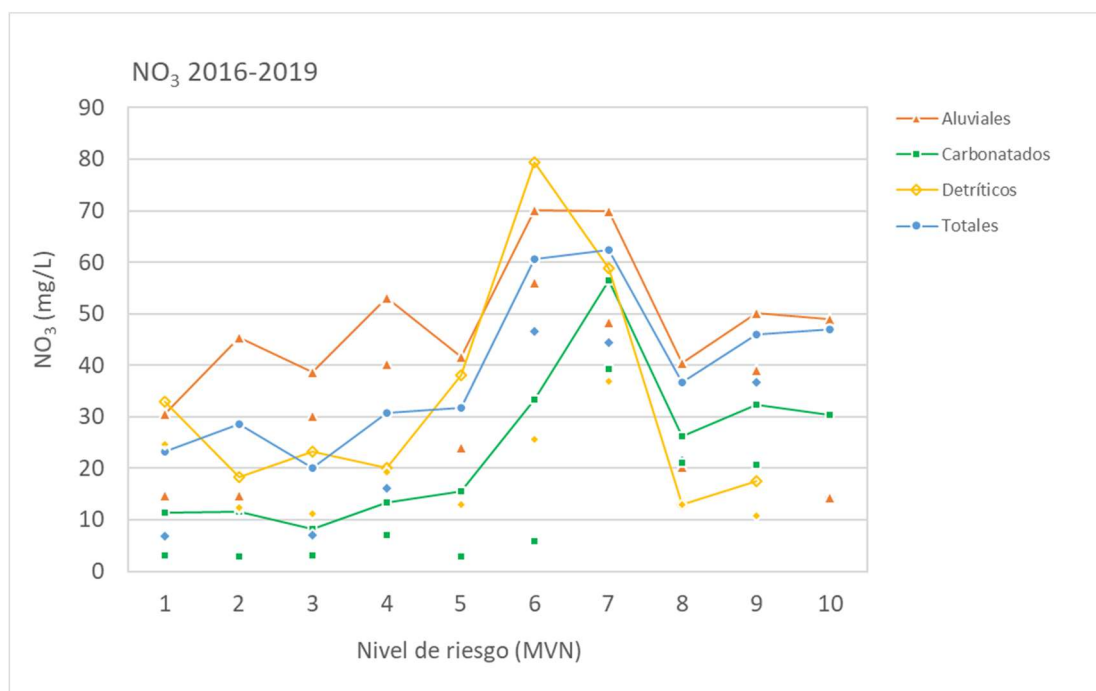


Figura 8. Promedio y mediana del contenido en nitrato obtenido en cada uno de los niveles de riesgo del MVN. Dato obtenido del promedio 2016-2019 de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19). Los valores con línea corresponden a la media y el marcador sin línea a la mediana.

En la Figura 9 se muestra la distribución de los puntos de agua subterránea en función de los valores promediados 2016-19 y el nivel de riesgo al que pertenecen. Se puede observar como en el nivel de riesgo 7 (alto) existe un elevado número de puntos con valores especialmente elevados de nitrato >75 mg/L, seguido del nivel de riesgo 9 (extremo). Sin embargo, en los niveles 8 y 10, si bien son niveles en los que apenas se localizan puntos de control de agua subterránea, los que hay presentan valores bajos de nitrato, y por tanto la media y mediana para estos niveles es menor que la mostrada en niveles de riesgo más bajos.

		Nivel de riesgo MVN										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Núm. de puntos agua sub. total		289	182	144	125	104	53	181	50	204	17	1349
Afectados	Num. ptos.	58	45	27	32	28	25	103	14	101	7	440
	Porcentaje	20%	25%	19%	26%	27%	47%	57%	28%	50%	41%	33%
En riesgo	Num. ptos.	12	13	5	9	8	5	16	6	21	0	95
	Porcentaje	4%	7%	3%	7%	8%	9%	9%	12%	10%	0%	7%
No afectados	Num. ptos.	219	124	112	84	68	23	62	30	82	10	814
	Porcentaje	76%	68%	78%	67%	65%	43%	34%	60%	40%	59%	60%
Media		23.3	28.6	20.1	30.8	31.7	60.6	62.4	36.8	46.0	46.9	35.9
Mediana		6.9	12.4	7.0	16.2	12.9	46.7	44.5	21.4	36.7	14.3	19.3
Desviación estándar		37.8	38.5	28.9	49.5	44.0	67.9	63.1	41.8	44.7	56.4	47.8
Media de valores max.		29.5	39.4	27.1	40.6	43.1	70.7	78.8	49.5	67.0	62.6	47.4
Media de valores min.		18.6	20.9	15.3	22.7	22.5	48.7	49.2	28.2	32.4	34.0	27.0

Tabla 2. Distribución de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19) según el nivel de riesgo a la contaminación por nitratos (MVN) y principales estadísticos del contenido en nitrato de cada uno de estos niveles de riesgo.

Dentro de este análisis encontramos un total de 173 puntos (13% del total) que se encuentran en una zona de riesgo entre alto y extremo (NR 7-10) y que presentan valores de nitrato bajo (<25 mg/L) y un total de 112 puntos (8%) que estando en una zona con un nivel de riesgo entre inapreciable o bajo (NR 1-4), presentan una concentración media del contenido en nitrato (2016-19) por encima de la norma de calidad (>50mg/L) de los cuales, 43 puntos (3%), presentan valores especialmente altos (>100 mg/L).

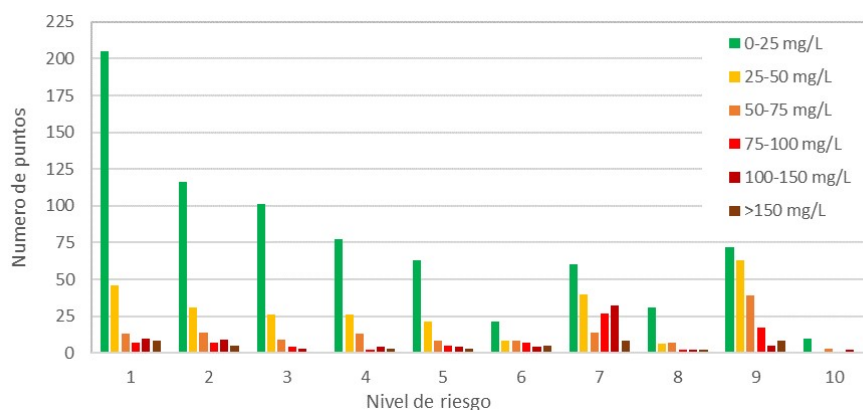


Figura 9. Distribución de los puntos de aguas subterráneas en función del nivel de riesgo de vulnerabilidad a la contaminación por nitrato y el promedio de la concentración de nitrato en los años 2016-19.

Buena parte de estos resultados incoherentes corresponden a puntos sobre aluviales y otros cuaternarios donde la parcela de ubicación no se emplea para el cultivo, pero el entorno más cercano posee amplias superficies de regadío (aluviales del Ebro, aluvial de Vitoria, los sasos y glacis al norte de Huesca) (Figura 7), así como también algunos de los puntos sobre acuíferos carbonatados de calizas terciarias (Huerva-Perejiles y Calizas de Tárrega) (Figura 7). También en otros casos, estos puntos se sitúan en zonas donde si

bien no existen cultivos intensivos, la carga ganadera es importante, ejemplos son los puntos de control de la Litera Alta, la Sierras Marginales Catalanas, Puertos de Beceite o el Alto Maestrazgo (Figura 7). Y finalmente, también corresponden con puntos situados sobre formaciones de vulnerabilidad intrínseca baja y por tanto con un nivel de riesgo bajo (NR=1), y sin embargo se localizan sobre zonas con una importante actividad agrícola como es el caso de los puntos localizados sobre los terciarios poco permeables de la Depresión del Ebro, fuera de MBST (Figura 7).

NOTA: La falta de coherencia observada entre los niveles de riesgo y los resultados de los puntos de agua subterránea puede responder a cuestiones relacionadas con las características propias del punto de control: si se trata de una manantial o pozo/sondeo, la profundidad del pozo y el nivel de captación, los usos del suelo en la zona de recarga del acuífero captado, etc. Los puntos de control, en función de sus características, no tiene por qué ser representativo del entorno más próximo. Manantiales que representan descargas regionales o puntos de control en acuíferos profundos pueden aportar resultados alejados al grado de vulnerabilidad definido por el MVN en la zona de ubicación del punto. Es por este motivo que el contraste por superficies afectadas y masas de agua subterránea (MSBT) podría resultar más representativo de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas y por tanto más coherente con el MVN.

4.2. Análisis de las superficies de agua subterránea afectada por nitratos.

Para el análisis del MVN en relación a los resultados de las aguas subterráneas del Informe Cuatrienal 2016-19 con datos de superficie, se ha normalizado la información aplicando valores porcentuales de superficie de ocupación de los niveles de riesgo del MVN dentro de las MSBT, *Zonas Vulnerables* y envolventes de aguas subterránea afectadas. Solo se ha tenido en cuenta los horizontes superiores (Mioceno de Alfamén y Mesozoico de la Galera quedan recogidos en los niveles superiores), y la parte española de la cuenca del Ebro.

Se han aplicado herramientas GIS (QGIS: “*histograma zonal*”) para obtener la superficie que corresponde a cada NR y se han analizado estadísticamente los resultados a partir de regresión lineal simple. Se ha contrastado el porcentaje de ocupación de las *Zonas Vulnerables* y las envolventes de aguas subterráneas afectadas (*Zonas Afectadas*) en cada una de las MSBT con el porcentaje de ocupación de diferentes rangos de niveles de riesgo del MVN. A su vez se ha analizado la superficie de ocupación de cada uno de estos niveles dentro de las *Zonas Vulnerables*, las envolventes y las MSBT, diferenciado estas últimas según su tipología.

Los objetivos de este análisis son (1) determinar si existe una relación entre los resultados del MVN con la superficie de las *Zonas Afectadas* y las *Zonas Vulnerables*; (2) definir que valores del nivel de riesgo son más representativos del estado de la masa de agua, de las *Zonas Afectadas* y *Vulnerables* e (3) identificar todas aquellas MSBT, *Zonas Afectadas* y *Zonas Vulnerables* en las que existe discordancia entre su estado y el nivel de riesgo que presentan.

El MVN muestra una superficie en la cuenca del Ebro con un nivel de riesgo por encima de alto (NR>7) del 18.737 km² y de nivel de riesgo extremo (NR>9) de 6.986 km², lo que corresponde al 21,9% y 8,2 % de su cuenca de aportación (Tabla 3).

km ² /% ocupación	Total	NR 7-10	NR 9-10	km ² /% ocupación	Total	NR 7-10	NR 9-10
Masas de agua subterránea	54.006	11.510	3.615	Zonas Vulnerables NO₃ sobre MSBT	11.416	4.960	2.217
	63,2%	21,3%	6,7%		21,1%	43,4%	19,4%
Aluviales	5.924	3.757	2.236	Aluviales	3.772	2.732	1.728
	11,0%	63,4%	37,7%		63,7%	72,4%	45,8%
Carbonatadas	24.882	3.999	552	Carbonatadas	5.003	1.330	203
	46,1%	16,1%	2,2%		20,1%	26,6%	4,1%
Detríticas	13.119	2.827	710	Detríticas	2.307	854	280
	24,3%	21,5%	5,4%		17,6%	37,0%	12,2%
Otras tipologías	10.081	927	117	Otras tipologías	334	44	6
	18,7%	9,2%	1,2%		3,3%	13,1%	1,8%
MSBT en riesgo químico (NUT)	36.353	10.230	3.427	Envolventes de aguas subterráneas afectadas	3.614	2.257	1.207
	67,3%	28,1%	9,4%		6,7%	62,5%	33,4%
Aluviales	5.693	3.649	2.160	Aluviales	1.922	1.386	1.007
	96,1%	64,1%	37,9%		32,4%	72,1%	52,4%
Carbonatadas	16.405	3.475	488	Carbonatadas	1.238	582	45
	65,9%	21,2%	3,0%		5,0%	47,0%	3,7%
Detríticas	13.119	2.827	710	Detríticas	441	285	154
	100,0%	21,5%	5,4%		3,4%	64,5%	34,8%
Otras tipologías	1.135	279	70	Otras tipologías	13	5	2
	11,3%	24,6%	6,1%		0,1%	35,6%	11,6%
				Cuenca del Ebro	85.445	18.737	6.986
						21,9%	8,2%
				Zonas Vulnerables NO₃ totales en la C. del Ebro	21.618	8.410	4.216
					25,3%	38,9%	19,5%

Tabla 3. Superficies totales de las MSBT de la cuenca del Ebro, de las MSBT en riesgo químico por contaminación difusa, las Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos y las envolventes de aguas subterráneas afectadas. Para cada una de estas zonas se indica la superficie del nivel de riesgo alto- extremo (NR 7-10) y nivel extremo (NR 9-10) que presentan, clasificadas por tipología de MSBT.

Con respecto a la superficie de las masas de agua, 11.510 km² (21,3%) presenta un nivel de riesgo por encima de alto y 3.615 km² (6,7%) presentan un nivel de riesgo extremo. Las masas de agua correspondiente a los aluviales son las que presentan una mayor proporción de superficie con niveles de riesgo por encima de alto (NR>7) con 3.757 km², lo que supone el 63,4% de la superficie total de esta tipología, y 2.236 km² de riesgo extremo, que corresponde al 37,7% (Tabla 3). Por otro lado, se encuentran las masas de agua carbonatadas y las agrupadas dentro de otras tipologías (MSBT silíceas, paleozoicas y mixtas), donde la mayor parte de su superficie, 77% y 79% respectivamente, corresponden a niveles de riesgo bajo e inapreciable (NR<4).

4.2.1. Envoltentes de aguas subterráneas afectadas por nitrato (2016-19)

A partir de los datos del Informe Cuatrienal 2016-19, obtenemos que en la cuenca del Ebro las envoltentes de aguas subterráneas afectadas por nitratos ocupan una superficie de 3.614 km², lo que corresponde al 4,2% de su cuenca de aportación, y el 6,7% de la superficie de las MSBT que conforman esta cuenca del Ebro (Tabla 3, Figura 10). De entre todas ellas, las masas de agua correspondientes con aluviales son las que presentan la mayor superficie afectada por nitrato, con 1.922 km² (32,4%) (Tabla 3).

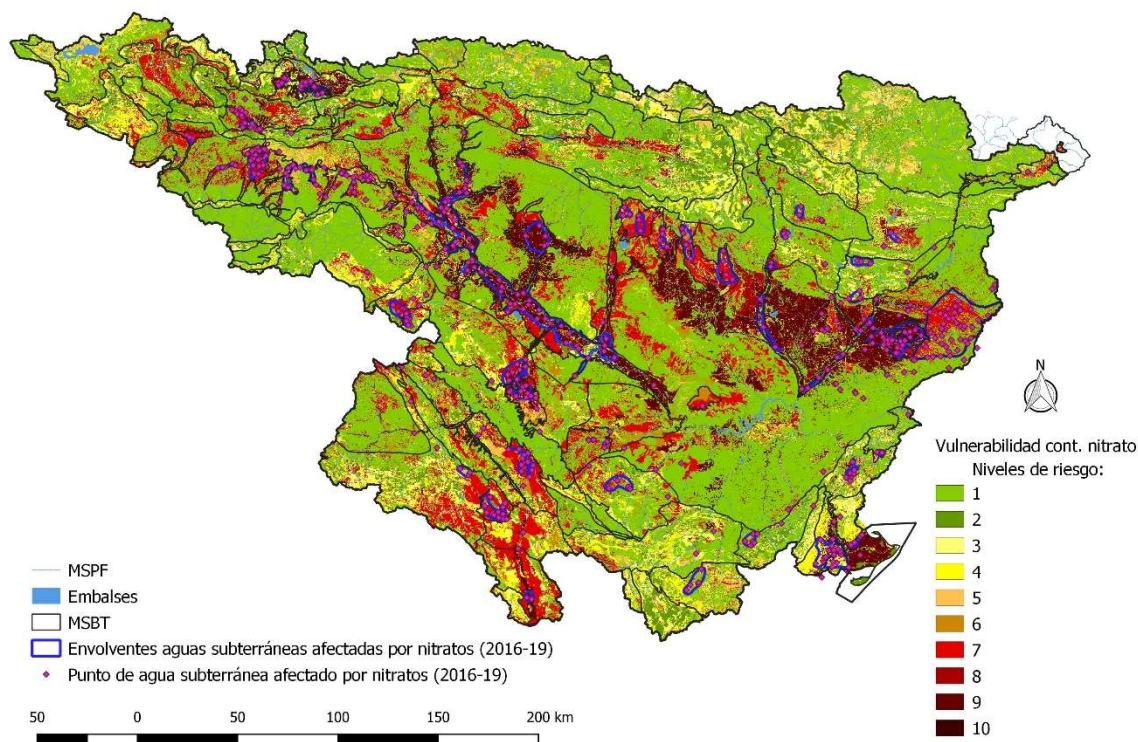


Figura 10. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020) y puntos de control de agua subterránea afectados por nitratos y envoltentes de agua subterránea afectadas por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19). NR 1-2: riesgo inapreciable; NR 3-4: riesgo bajo; NR 5-6: medio o moderado; NR 7-8: riesgo alto; NR 9-10: riesgo extremo

Tras analizar las *Zonas Afectadas* por nitrato con respecto al MVN, se observa que existe una relación entre el porcentaje de la superficie afectada de las MSBT en riesgo y el porcentaje de niveles de riesgo elevados. En el análisis por regresión lineal entre ambas variables, se puede ver como en buena parte de estas masas de agua, un incremento de la superficie de los niveles de riesgo alto conlleva un incremento de *Zona Afectada* con un mejor ajuste a la línea 1:1, de los niveles de riesgo 8 al 10 (Figura 11(a), envoltente azul). Sin embargo, existen algunas masas de agua que muestran ciertas discrepancias (Figura 11(a), envoltentes rojas):

- 053 Arbas, 057 Aluvial del Gállego, 060 Aluvial del Cinca, 061 Aluvial del Bajo Segre y 105 Delta del Ebro, MSBT que presentan una superficie de ocupación muy alta de niveles de riesgo elevados frente a una *Zona Afectada* muy pequeña.

- 009 Aluvial de Miranda de Ebro, 045 Aluvial del Oja, 047 Aluvial del Najerilla-Ebro, 064 Calizas de Tárrega, 087 Gallocanta o 104 Sierra de Montsiá, MSBT que presentan una superficie muy grande de *Zona Afectada* frente a una baja superficie de niveles de riesgo elevados.

Este análisis nos viene a indicar, que salvo excepciones y de forma generalizada, cuanto mayor es el área de entrada de estos contaminantes, zonas amplias de cultivos con un elevado exceso de nitrógeno y alta vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, mayor es su área de afección. El porcentaje de superficie afectada dentro de una MSBT, es similar al definido por los niveles del riesgo de 8 al 10 y éstos incluyen cereales de regadío, forrajeras, frutales y hortalizas.

Tras eliminar del análisis por regresión lineal las MSBT que muestran valores extremos entre ambas variables se obtienen una relación significativa entre el porcentaje de superficie de las *Zonas Afectadas* dentro de la MSBT con la de los niveles de riesgo del 8 al 10 (Figura 11(b)): $N=33$; $R^2=0,8167$; $\alpha=1,017$ (p -valor=0,00); $\beta=0,0059$ (p -valor>0,05). Este mismo análisis realizado para el porcentaje de ocupación de los NR 9 al 10 mostró ajustes algo inferiores: ($R^2=0,8016$).

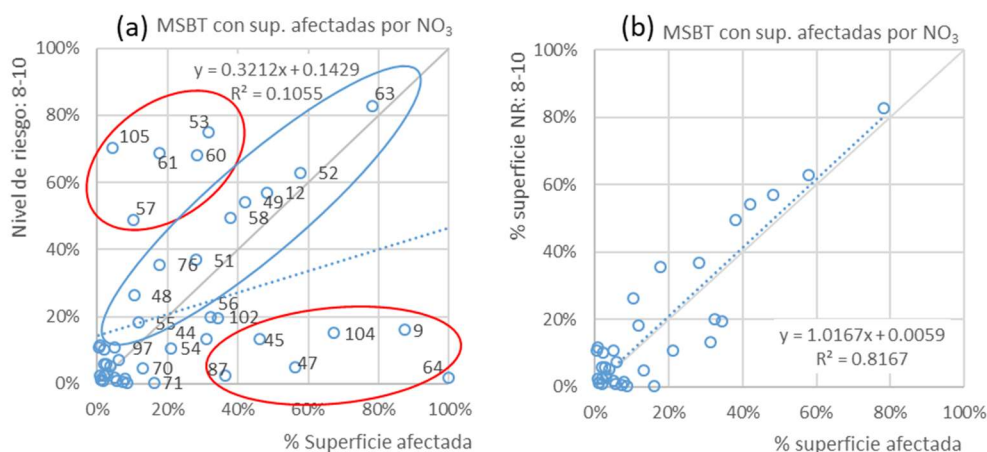


Figura 11. Regresión lineal entre el porcentaje de superficie de envolvente de aguas subterráneas afectadas dentro de las MSBT y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo del 8 al 10 para todas las MSBT (a) y para las que presentan un buen ajuste (b).

En cuanto a la distribución de los niveles de riesgo dentro de las envolventes de aguas subterráneas afectadas por nitratos encontramos que de los 3.614 km² que ocupan las envolventes de estas zonas, 2.257 km² (63%) presentan un nivel de riesgo alto - extremo (NR>7) y 1.207 km² (33%) presentan niveles de riesgo extremo (NR>9) (Tabla 4).

En algunas de las envolventes como las que presentan las masas de agua del aluvial del Oca, Cella-Ojos de Monreal, Aluvial de Urgell o Arbas, más del 90% de su superficie posee un nivel de riesgo entre alto y extremo, sin embargo en otras como las localizadas en las MSBT de Alto Maestrazgo, Puertos de Beceite o el Aluvial del Najerilla-Ebro, los niveles de riesgo alto-extremo apenas superan el 20% de su superficie (Tabla 4). En 26 de las 44 MSBT que presentan *Zonas Afectadas*, más del 60% de la superficie de estas zonas poseen un nivel de riesgo por encima de 7 y en 12 MSBT, esta superficie queda por debajo del 40% (Tabla 4). Esto viene a indicar, que no siempre las *Zonas Afectadas* se localizan sobre áreas de elevado riesgo a la contaminación por nitrato.

Se trata de MSBT en las que habría que revisar la amplitud y límite de estas *Zonas Afectadas* y analizar si la distribución de los puntos de las redes de control de las aguas subterráneas, es representativo del estado de los acuíferos, si existen zonas de elevado riesgo que carecen de puntos de control y de si los que están activos, se concentran en los acuíferos y zonas más afectadas de las masas de agua.

En aquellas envolventes de aguas subterráneas afectadas que presentan un porcentaje especialmente bajo de niveles de riesgo elevado es necesario revisar si la ubicación y límites se adapta a los niveles de riesgo definidos por el MVN, o de si el origen de esta afección, responde a variables no contempladas en el MVN.

MSBT con envolventes de aguas subterráneas afectadas Cod	Superficie (km ²) MSBT Z. Afect.	% DE OCUPACIÓN DE LOS NR EN LAS ENVOLVENTES DE AGUAS SUBT. AFECTADAS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NR 7-10	NR 8-10	
ARBAS 53	390 123.7	0%	5%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	90%	0%	91.3%	90.5%	
SIERRA DE CANTABRIA 22	252 1.0	0%	3%	3%	0%	5%	0%	0%	4%	86%	0%	90.2%	90.2%	
ALUVIAL DE URGELL 63	276 215.3	0%	4%	3%	1%	1%	1%	4%	4%	83%	0%	91.0%	86.7%	
ALUVIAL DEL GÁLLEGO 57	271 27.9	0%	8%	2%	2%	0%	1%	6%	26%	56%	0%	86.8%	81.2%	
ALUVIAL DEL BAJO SEGRE 61	182 32.3	2%	6%	4%	2%	1%	1%	3%	4%	76%	0%	83.9%	80.7%	
ALUVIAL DE VITORIA 12	108 52.3	1%	11%	4%	2%	1%	1%	4%	4%	73%	0%	81.1%	77.1%	
PLIOCUATERNARIO DE ALFAMÉN 76	276 49.2	0%	3%	0%	3%	7%	1%	11%	3%	73%	0%	86.5%	75.9%	
ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN 52	642 371.3	1%	11%	3%	2%	2%	1%	6%	3%	72%	0%	80.2%	74.0%	
ALUVIAL DEL CIDACOS 51	61 17.0	1%	8%	4%	2%	11%	2%	1%	1%	70%	0%	72.7%	71.8%	
DELTA DEL EBRO 105	334 14.9	0%	10%	5%	5%	2%	3%	5%	8%	54%	6%	73.5%	68.6%	
ALUVIAL DEL CINCA 60	271 76.6	2%	17%	10%	5%	1%	0%	1%	15%	48%	0%	64.6%	63.8%	
CAMPO DE CARIÑENA 75	801 30.4	4%	9%	2%	3%	5%	6%	8%	4%	60%	0%	71.0%	63.3%	
ALUV. EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA 49	643 270.4	2%	10%	3%	2%	14%	2%	4%	2%	60%	0%	65.3%	61.0%	
CELLA-OJOS DE MONREAL 89	858 17.8	0%	4%	0%	0%	0%	0%	35%	0%	59%	0%	94.5%	59.4%	
ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA 58	632 240.2	1%	20%	12%	5%	2%	3%	3%	6%	48%	0%	57.0%	53.9%	
FOSA DE MORA 97	580 29.1	5%	9%	5%	5%	10%	6%	7%	9%	44%	0%	60.6%	53.6%	
SOMONTANO DEL MONCAYO 72	1311 79.1	7%	3%	4%	5%	2%	2%	24%	15%	38%	0%	77.6%	53.6%	
LITERA ALTA 41	905 27.4	33%	5%	6%	0%	0%	0%	9%	7%	39%	0%	55.2%	45.8%	
ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA 48	188 19.7	8%	10%	6%	3%	21%	4%	11%	8%	29%	0%	48.2%	37.3%	
PLANA DE LA GALERA 102	358 115.9	0%	4%	6%	45%	3%	2%	6%	4%	4%	27%	39.9%	34.3%	
HUERVA-PEREJILES 82	762 14.9	0%	7%	0%	0%	0%	7%	52%	0%	34%	0%	85.5%	33.8%	
PRIORATO 98	299 8.1	14%	5%	9%	10%	22%	7%	6%	11%	16%	0%	33.2%	26.8%	
SIERRA DEL MONTSIÁ 104	94 63.7	14%	3%	29%	24%	6%	2%	4%	3%	5%	9%	21.6%	17.4%	
ALUVIAL DEL OJA 45	213 98.1	5%	4%	3%	2%	10%	2%	57%	2%	15%	0%	74.3%	17.0%	
CUBETA DE AZUARA 80	381 7.3	38%	5%	1%	4%	4%	8%	24%	0%	16%	0%	40.0%	16.3%	
ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO 9	47 41.4	2%	20%	12%	5%	5%	3%	37%	0%	16%	0%	53.5%	16.2%	
TREMP-ISONA 38	1598 12.5	7%	7%	32%	0%	3%	5%	30%	3%	12%	0%	44.6%	15.1%	
ALUVIAL DEL TIRÓN 44	30 9.2	3%	12%	3%	3%	1%	1%	62%	3%	12%	0%	77.1%	15.0%	
SASOS DE ALCANADRE 56	488 167.2	1%	6%	3%	2%	6%	12%	57%	3%	11%	0%	70.1%	13.5%	
SASO DE BOLEA-AYERBE 54	292 61.2	3%	4%	2%	4%	3%	10%	66%	8%	0%	0%	75.1%	8.8%	
GALLOCANTA 87	223 80.8	1%	2%	5%	1%	2%	10%	73%	0%	7%	0%	79.3%	6.6%	
HOYA DE HUESCA 55	211 24.8	1%	7%	10%	3%	2%	16%	54%	2%	4%	0%	60.7%	6.3%	
SIERRAS MARGINALES CATALANAS 42	762 60.0	62%	5%	11%	1%	1%	0%	16%	2%	3%	0%	21.0%	4.7%	
SINCLINAL DE TREVIÑO 8	579 5.0	48%	2%	4%	3%	2%	2%	35%	0%	4%	0%	39.5%	4.1%	
ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO 47	117 65.6	9%	11%	5%	2%	50%	3%	16%	1%	2%	0%	18.7%	3.1%	
CUBETA DE OLIETE 91	1215 69.6	43%	1%	1%	6%	3%	6%	38%	2%	0%	0%	39.9%	2.1%	
CALIZAS DE TÁRREGA 64	793 794.7	38%	2%	2%	1%	2%	1%	51%	1%	1%	0%	52.9%	1.9%	
PUERTOS DE BECEITE 96	644 32.3	41%	13%	6%	2%	2%	16%	18%	0%	1%	0%	19.5%	1.0%	
PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN 86	2285 23.9	39%	1%	18%	16%	2%	1%	22%	0%	1%	0%	22.6%	1.0%	
ALTO MAESTRAZGO 95	859 62.3	62%	3%	3%	12%	7%	6%	5%	0%	0%	0%	5.5%	0.4%	
SINCLINAL DE GRAUS 40	1055 19.3	62%	4%	5%	1%	2%	3%	23%	0%	0%	0%	23.2%	0.4%	
ALUVIAL DEL OCA 43	92 8.0	0%	0%	1%	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	98.1%	0.0%	
AÑAVIEJA-VALDEGUTUR 70	414 54.4	11%	8%	2%	3%	1%	0%	75%	0%	0%	0%	75.2%	0.0%	
ARAVIANA-VOZMEDIANO 71	112 18.2	3%	14%	10%	2%	1%	0%	70%	0%	0%	0%	69.8%	0.0%	
	22901 3614											Promedio	61%	35%
												Mediana	68%	22%
												Máximo	98%	91%
												Mínimo	6%	0%

Tabla 4. Porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo del MVN dentro de las envolventes de aguas subterráneas afectadas. Se identifican a partir de la MSBT a la que pertenecen y se encuentra ordenadas por el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgos alto-extremo (NR 8-10).

4.2.2. Zonas Vulnerables a la contaminación por nitrato.

En cuanto a las *Zonas Vulnerables* a la contaminación por nitrato se ha actualizado la superficie a fecha de 2021, incorporando las ampliaciones de Aragón (DGA 2021), Cataluña (GenCat 2021) y Comunidad Valenciana (GenVal 2018). Entre las últimas ampliaciones cabe destacar las llevadas a cabo por la Comunidad Autónoma de Aragón (ORDEN AGM/83/2021, de 15 de febrero, BOA N°47 04/03/2021) donde se amplía la superficie de *Zona Vulnerable* definida en el PHE 2021-27 (12.145 km²) en más de 8.800 km².

Tras esta ampliación, actualmente se encuentra dentro de la cuenca del Ebro designada como *Zona Vulnerable* (ZV) una superficie de 21.618 km², lo que supone el 25,3% de su cuenca de aportación (Tabla 3, Figura 12). De esta superficie, 11.416 km² se localizan sobre MSBT, lo que equivale al 21,1% de la superficie total de las MSBT de la cuenca. Las MSBT correspondientes a la tipología de aluviales son las que presentan una mayor superficie de ZV, el 63,7% de su superficie, seguidas de las carbonatadas con el 20,1% (Tabla 3).

Al igual que ocurre con las envolventes de aguas subterráneas afectadas, se observa una relación entre el porcentaje de superficie de las *Zonas Vulnerables* y los niveles de riesgo alto y extremo (Figura 13): cuanto mayor es la superficie de los niveles de riesgo elevados (acuíferos vulnerables a la contaminación por nitrato y que soportan cultivos con un mayor exceso de nitrógeno), mayor es la superficie declarada como vulnerable. Pero a diferencia de la superficie de las envolventes de aguas subterráneas afectadas, las *Zonas Vulnerables* presentan una mayor variabilidad, y su superficie se ajusta mejor a unos niveles de riesgo más amplios, correspondiente con los NR 6-10 que incluye hortalizas, frutales, forrajeras, cereales en regadío y secano, viña y leguminosas en regadío.

De nuevo se observan algunas MSBT en las que está relación no se cumple (Figura 13(a)):

- 105 Delta del Ebro y 081 Aluvial del Jalón-Jiloca, MSBT que presentan una amplia superficie con niveles de riesgo elevados, sin embargo, la superficie declarada como vulnerable es pequeña
- 042 Sierras Marginales Catalanas, 071 Araviana-Vozmediano, 096 Puertos de Beceite, 100 Boix-Cardó, 102 Plana de la Galera y 104 Sierra de Montsiá MSBT que presentan una importante superficie declarada como vulnerable, pero muy baja superficie de niveles de riesgo elevados.

El análisis por regresión lineal entre ambas variables, sin tener en cuenta los valores extremos (Figura 13(b)), permite obtener un coeficiente de determinación (R^2) por encima de 0,500, con un mejor resultado para el sumatorio de porcentajes de ocupación de los niveles 6 al 10 (N= 62; $R^2= 0,6549$; $\alpha= 0,6693$ (p-valor=0,00); $\beta= 0.1390$ (p-valor=0,00)), algo superior al obtenido para los niveles de 7 al 10 ($R^2=0,6313$). Para el resto de niveles de riesgo el coeficiente de determinación es menor y los resultados de este análisis por tipología de MSBT, no son satisfactorios ($R^2<0,500$), salvo para las MSBT detríticas.

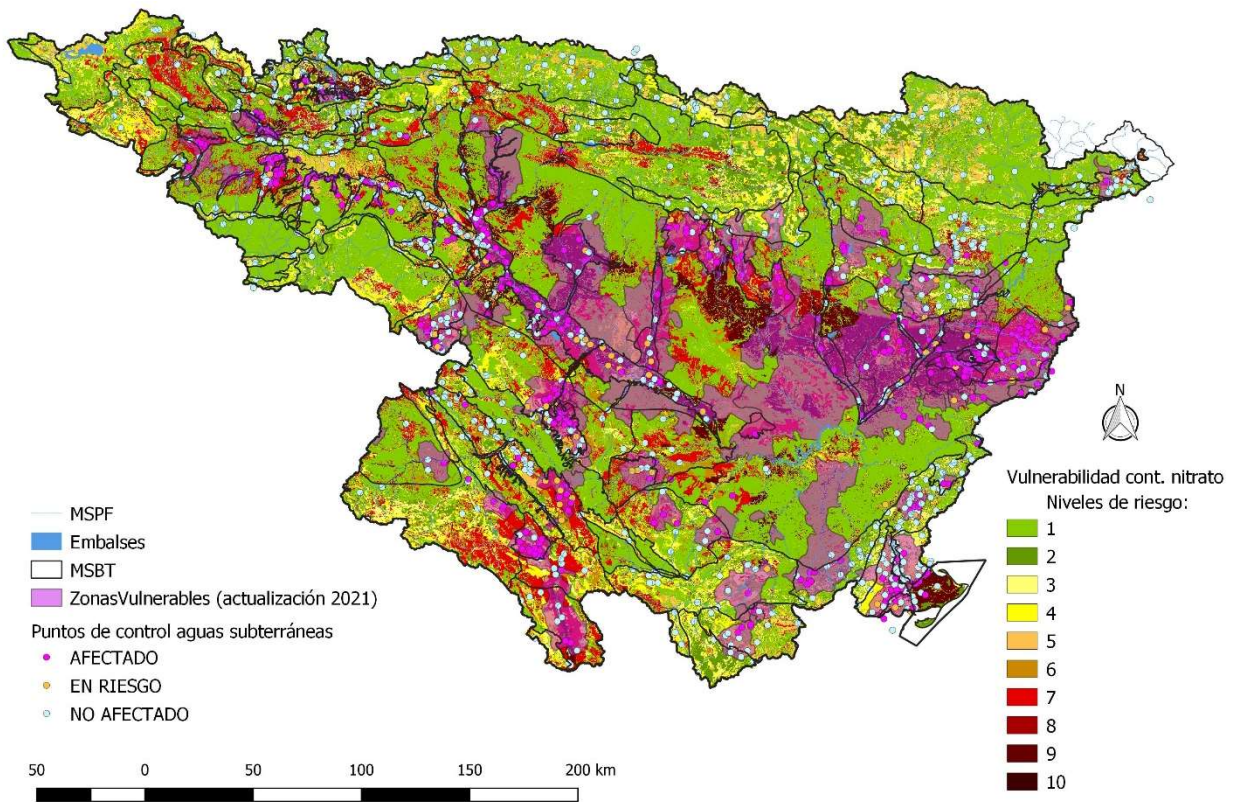


Figura 12. Mapa de las de las Zonas Vulnerables de la cuenca del Ebro actualizado (2021) junto con el mapa de la vulnerabilidad a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020). NR 1-2: riesgo inapreciable; NR 3-4: riesgo bajo; NR 5-6: medio o moderado; NR 7-8: riesgo alto; NR 9-10: riesgo extremo. Se muestra el resultado de los puntos de agua subterránea (Informe Cuatrienal 2016-19)

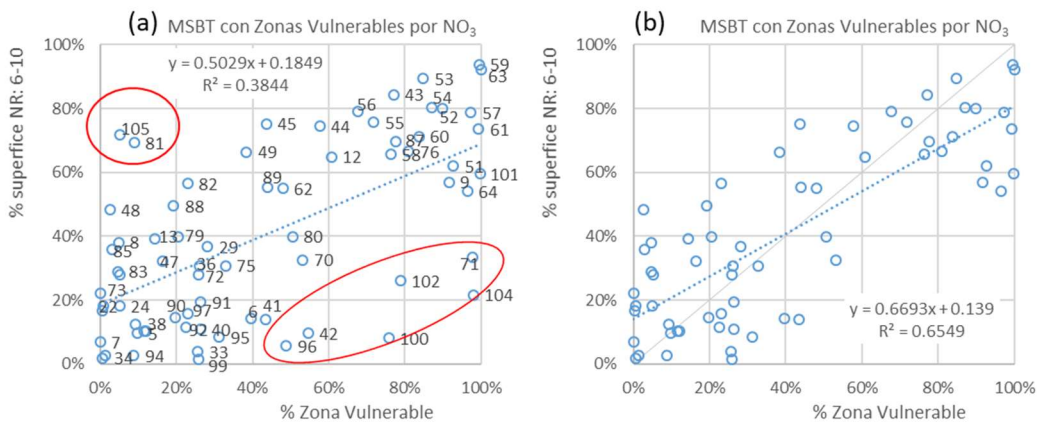


Figura 13. Regresión lineal entre el porcentaje de superficie declarada como vulnerables a la contaminación por NO_3 y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo del 6 al 10 para todas las MSBT con Zonas Vulnerables (a) y limitada a las MSBT sin valores extremos (b).

La falta de ajuste a la línea 1:1 nos viene a indicar que, para porcentajes de ocupación de *Zonas Vulnerables* pequeñas, existe una mayor proporción de niveles de riesgo elevados (NR>6) y para porcentajes de ocupación de *Zonas Vulnerables* altas, la ocupación de niveles de riesgo elevado es menor (Figura 13 (b)).

Debido a que los límites de las *Zonas Vulnerables* responden en su mayor parte a límites administrativos (términos municipales), no siempre las *Zonas Vulnerables* corresponden con NR elevados. La mayor parte de la superficie de las ZV, el 55,8%, se sitúa sobre niveles de riesgo bajo o inapreciable (NR 1-4), mientras que el 38,9% lo hace sobre niveles de riesgo alto y extremo (NR 7-10). Si centramos estos datos solo sobre la superficie de *Zonas Vulnerables* en las MSBT, el porcentaje de niveles de riesgo alto y extremo aumentan hasta el 43,4%, y las zonas de riesgo bajo e inexistente (NR 1-4) descienden hasta el 49,3%. Por tipología de MSBT, puesto que la vulnerabilidad intrínseca es alta en los aluviales, y son las masas que soportan importantes superficies de cultivos de regadío, son las *Zonas Vulnerables* de estas masas de agua las que poseen por lo general un mayor porcentaje de niveles de riesgo alto- extremo, con el 72,4% de su superficie seguida de las detríticas con el 37,0% (Tabla 3).

En algunas MSBT como la del 063 Aluvial de Urgel, 053 Arbas, 022 Sierra de Cantabria, 043 Aluvial del Oca o 052 Aluvial del Ebro: Tudela – Alagón, más del 80% posee niveles de riesgo >6, sin embargo, otras ZV como las de las MSBT del 047 Aluvial del Najerilla-Ebro, 095 Alto Maestrazgo, 100 Boix Cardó, 092 Aliaga – Calanda, 038 Tremp-Isona, o 096 Puertos de Beceite presentan un porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo alto-extremo por debajo del 10% (Tabla 5). En estos casos se debe revisar si esta respuesta se debe a que las ZV no están bien definidas o de si el MVN no caracteriza bien estas zonas, dado que se trata de MSBT que no poseen amplias superficies de cultivos, pero si una importante carga ganadera.

MSBT con Zonas Vulnerables a la contaminación por NO ₃ Cod	Superficie (km ²)		% DE OCUPACIÓN DE LOS NR DENTRO DE LAS Z. VULNERABLES											
	MSBT	ZV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NR 6-10	NR 9-10
LAGUNAS DE LOS MONEGROS 59	104	103.9	0.2%	4.9%	0.0%	0.2%	0.9%	43.9%	47.3%	2.6%	0.0%	0.0%	93.8%	0.0%
ALUVIAL DE URGELL 63	276	275.7	0.0%	3.7%	2.6%	0.9%	0.7%	0.6%	8.8%	3.4%	79.2%	0.0%	92.1%	79.2%
ARBAS 53	390	330.4	0.8%	4.9%	1.9%	1.4%	0.5%	1.1%	7.2%	2.5%	79.7%	0.0%	90.5%	79.7%
ALUVIAL DEL OCA 43	92	71.0	0.4%	8.0%	1.9%	2.4%	0.2%	1.0%	86.1%	0.0%	0.1%	0.0%	87.2%	0.1%
SIERRA DE CANTABRIA 22	252	1.9	5.5%	3.3%	1.7%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	7.5%	79.6%	0.0%	87.2%	79.6%
HUERVA-PEREJILES 82	762	175.2	4.3%	5.5%	2.2%	1.0%	4.0%	11.1%	66.1%	0.3%	5.6%	0.0%	83.0%	5.6%
SASO DE BOLEA-AYERBE 54	292	253.9	1.5%	6.9%	3.1%	5.4%	0.9%	20.2%	51.2%	7.2%	3.6%	0.0%	82.2%	3.6%
ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN 52	642	576.4	1.0%	10.3%	2.4%	2.4%	2.4%	1.5%	15.7%	5.4%	58.9%	0.0%	81.5%	58.9%
ALUVIAL DEL TIRÓN 44	30	17.0	1.8%	9.8%	4.3%	1.6%	2.8%	2.1%	66.2%	3.3%	8.1%	0.0%	79.7%	8.1%
ALUVIAL DEL GÁLLEGO 57	271	264.2	0.7%	12.2%	4.4%	3.1%	0.7%	1.9%	28.5%	4.2%	44.2%	0.0%	79.0%	44.2%
ALUVIAL DE VITORIA 12	108	65.8	0.8%	13.4%	4.6%	2.1%	0.9%	1.4%	4.0%	4.4%	68.4%	0.0%	78.2%	68.4%
SASOS DE ALCANADRE 56	488	329.9	1.3%	6.0%	4.0%	3.8%	6.8%	11.2%	50.0%	5.1%	11.8%	0.0%	78.1%	11.8%
ALUVIAL DEL OJA 45	213	92.9	4.2%	4.1%	2.3%	2.2%	11.2%	2.4%	56.4%	2.0%	15.2%	0.0%	75.9%	15.2%
HOYA DE HUESCA 55	211	151.4	2.7%	8.8%	5.1%	3.5%	4.1%	15.9%	48.8%	1.8%	9.4%	0.0%	75.8%	9.4%
ALUVIAL DEL BAJO SEGRE 61	182	180.6	4.0%	11.2%	6.8%	2.3%	2.1%	1.3%	3.5%	5.6%	63.2%	0.0%	73.7%	63.2%
ALUVIAL DEL CINCA 60	271	226.7	1.1%	10.2%	5.6%	7.3%	2.2%	1.6%	1.8%	12.4%	57.8%	0.0%	73.6%	57.8%
PLIOCUATERNARIO DE ALFAMÉN 76	276	223.3	1.0%	3.7%	0.9%	2.0%	19.5%	14.3%	16.7%	3.4%	38.6%	0.0%	73.0%	38.6%
ALUVIAL JALÓN-JILOCA 81	82	7.3	0.1%	7.7%	5.0%	6.4%	10.7%	8.4%	13.1%	3.7%	45.1%	0.0%	70.2%	45.1%
GALLOCANTA 87	223	173.2	2.1%	11.4%	11.5%	2.3%	2.8%	6.4%	60.2%	0.0%	3.2%	0.0%	69.8%	3.2%
ALUV. EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA 49	643	246.6	2.6%	10.0%	3.1%	2.0%	12.8%	1.5%	4.5%	0.5%	63.0%	0.0%	69.5%	63.0%
CELLA-OJOS DE MONREAL 89	859	377.6	5.9%	4.2%	8.4%	13.5%	0.5%	0.5%	48.5%	0.2%	18.3%	0.0%	67.5%	18.3%
CUARTANGO-SALVATIERRA 13	594	85.9	12.9%	11.3%	8.4%	2.2%	1.2%	1.1%	3.5%	8.0%	51.4%	0.0%	63.9%	51.4%
ALUVIAL DEL CIDACOS 51	61	56.3	4.2%	9.9%	8.8%	4.5%	9.3%	1.6%	21.8%	0.7%	39.1%	0.0%	63.2%	39.1%
ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA 58	632	482.6	0.7%	19.8%	9.9%	4.9%	1.5%	3.9%	14.2%	4.0%	41.1%	0.0%	63.2%	41.1%
DELTA DEL EBRO 105	343	17.9	0.2%	13.9%	8.3%	12.2%	3.3%	5.0%	6.8%	9.2%	35.7%	5.5%	62.1%	41.1%
ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE 62	18	8.6	16.8%	10.9%	6.6%	2.6%	2.9%	0.5%	6.8%	5.1%	48.0%	0.0%	60.4%	48.0%
ALUVIAL DE TORTOSA 101	67	66.9	1.7%	18.8%	12.2%	4.5%	3.1%	2.7%	4.8%	5.4%	18.0%	28.7%	59.6%	46.8%
MONREAL-CALAMOCHA 88	745	143.3	8.8%	5.9%	7.8%	18.4%	1.5%	7.2%	44.4%	1.5%	4.5%	0.0%	57.6%	4.5%
ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO 9	47	43.4	2.3%	20.2%	11.2%	4.8%	4.6%	2.9%	38.2%	0.2%	15.4%	0.0%	56.8%	15.4%
CALIZAS DE TÁRREGA 64	793	765.1	38.0%	2.2%	2.3%	1.3%	1.7%	1.2%	51.4%	0.7%	1.3%	0.0%	54.6%	1.3%
SIERRA DE MIÑANA 85	194	5.9	3.1%	20.9%	22.8%	4.6%	0.4%	48.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	48.3%	0.0%
AÑAVIEJA-VALDEGUTUR 70	414	220.3	31.0%	8.5%	5.1%	8.9%	1.7%	2.5%	37.1%	1.3%	3.7%	0.0%	44.6%	3.7%
SINCLINAL DE TREVIÑO 8	579	27.9	47.1%	4.5%	2.7%	0.7%	0.7%	5.2%	32.6%	0.0%	6.5%	0.0%	44.4%	6.5%
ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA 48	188	4.9	3.6%	14.8%	11.9%	1.9%	25.0%	4.6%	19.7%	8.8%	9.7%	0.0%	42.8%	9.7%
CAMPO DE CARIÑENA 75	801	263.2	43.8%	3.8%	1.0%	2.8%	7.5%	6.9%	20.7%	1.1%	12.5%	0.0%	41.2%	12.5%
SOMONTANO DEL MONCAYO 72	1311	337.7	36.6%	3.8%	6.1%	11.4%	2.7%	4.5%	17.8%	5.3%	11.7%	0.0%	39.4%	11.7%
CUBETA DE AZUARA 80	381	192.8	61.6%	0.9%	0.6%	0.4%	1.5%	1.7%	30.4%	0.4%	2.5%	0.0%	35.0%	2.5%
PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN 86	2285	117.9	22.0%	5.1%	15.0%	18.4%	4.9%	1.8%	32.4%	0.1%	0.4%	0.0%	34.6%	0.4%
ARAVIANA-VOZMEDIANO 71	112	109.9	26.8%	8.2%	22.1%	7.3%	1.6%	0.6%	33.1%	0.1%	0.2%	0.0%	34.0%	0.2%
FOSA DE MORA 97	580	133.2	30.3%	9.8%	16.4%	6.0%	5.2%	3.2%	4.0%	5.7%	19.3%	0.2%	32.3%	19.5%
PLANA DE LA GALERA 102	358	281.9	3.5%	2.8%	7.4%	51.3%	3.3%	2.1%	5.1%	3.3%	5.2%	16.0%	31.7%	21.2%
CAMPO DE BELCHITE 79	1038	212.7	62.3%	0.9%	0.5%	7.2%	1.9%	4.8%	19.1%	0.4%	3.0%	0.0%	27.2%	3.0%
CUBETA DE OLIETE 91	1215	321.0	52.2%	7.4%	4.1%	6.2%	3.5%	4.0%	21.7%	0.6%	0.3%	0.0%	26.6%	0.3%
LA CERDANYA 36	257	67.2	54.7%	4.4%	12.0%	2.2%	3.8%	6.7%	16.2%	0.0%	0.0%	0.0%	22.9%	0.0%
SIERRA DEL MONTSÍ 104	94	93.9	18.9%	3.2%	29.7%	21.1%	5.5%	2.2%	4.4%	3.8%	5.0%	6.3%	21.6%	11.3%
LITERA ALTA 41	905	394.0	52.5%	14.8%	11.9%	2.7%	0.8%	0.7%	10.6%	1.2%	4.8%	0.0%	17.3%	4.8%
PRIORATO 98	299	34.8	61.4%	3.0%	5.7%	3.6%	9.6%	3.1%	2.8%	4.6%	6.3%	0.0%	16.8%	6.3%
SINCLINAL DE GRAUS 40	1055	276.8	69.4%	7.6%	5.7%	2.0%	0.7%	2.0%	11.8%	0.0%	0.8%	0.0%	14.6%	0.8%
SIERRAS MARGINALES CATALANAS 42	762	416.0	59.6%	9.7%	17.1%	0.7%	1.2%	0.5%	9.7%	0.5%	1.0%	0.0%	11.7%	1.0%
ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO 47	117	19.3	4.1%	6.2%	4.4%	2.6%	71.6%	2.2%	7.3%	1.1%	0.5%	0.0%	11.2%	0.5%
ALTO MAESTRAZGO 95	859	268.2	40.9%	8.7%	6.6%	24.1%	11.0%	4.1%	4.1%	0.4%	0.1%	0.0%	8.7%	0.1%
BOIX-CARDÓ 100	276	209.5	19.2%	7.2%	33.4%	29.3%	2.3%	0.6%	1.9%	1.6%	2.2%	2.4%	8.6%	4.6%
ALIAGA-CALANDA 92	1858	419.1	46.8%	7.9%	17.7%	12.0%	7.0%	2.7%	3.7%	0.4%	1.8%	0.0%	8.6%	1.8%
PUERTOS DE BECEITE 96	644	314.6	40.6%	32.3%	15.3%	3.0%	0.9%	2.7%	3.7%	1.1%	0.4%	0.0%	7.9%	0.4%
TREMP-ISONA 38	1598	149.6	44.3%	18.1%	26.8%	1.4%	1.6%	1.2%	5.4%	0.5%	0.7%	0.0%	7.9%	0.7%
PUERTOS DE TORTOSA 99	203	52.6	18.8%	11.9%	60.1%	7.0%	1.3%	0.1%	0.3%	0.5%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%
SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA 30	4066	18.5	28.4%	10.2%	29.6%	29.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Promedio 50% 20%
 Mediana 57% 8%
 Máximo 94% 80%
 Mínimo 0% 0%

Tabla 5. Porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo del MVN dentro de las Zonas Vulnerables a la contaminación por NO₃. Se identifican por la MSBT a la que pertenecen y se presentan ordenadas por el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgos alto-extremo (NR 6-10).

4.2.3. Clasificación del riesgo de las MSBT a la contaminación por nitratos (PHE 2021-27).

Por otro lado, el análisis entre el riesgo de contaminación difusa de las MSBT como resultado del IMPRESS (PHE 2021-27) y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo elevado, muestra los siguientes resultados (Tabla 6):

- Por encima de un porcentaje de superficie de ocupación de los niveles 7-10 del **22,5%**, la mayor parte de las masas de agua se encuentran en riesgo químico por presiones de tipo difuso (impacto NUT y QUAL) (41 MSBT). Las excepciones corresponden al aluvial del 050 Arga Medio, 081 Aluvial Jalón-Jiloca, 062 Aluvial del Medio Segre, 029 Sierra de Alaiz y 003 Sinclinal de Villarcayo, que siendo masas en las que se identifica una amplia superficie de cultivos con un elevado aporte de nitrato, son masas de agua que no se encuentran en riesgo químico por contaminación de nutrientes.
- En el otro extremo, encontramos que por debajo de una superficie de ocupación de menos de **5%** de estos niveles (7-10), la mayor parte de las masas de agua no se encuentran en riesgo químico por contaminación difusa (19 MSBT). Dentro de este grupo se encuentra la excepción de las masas de agua de 096 Puertos de Beceite y 099 Puertos de Tortosa, que con una superficie de ocupación de los niveles de riesgo 7-10 del 3,9 y 1 %, es una masa de agua que se encuentra en riesgo químico por nutrientes. La única presión identificada sobre estas masas de agua corresponde a la carga ganadera.
- En este sentido cabría señalar otro porcentaje de superficie de ocupación de los niveles 7-10 del **12%**, por debajo del cual la mayor parte de las MSBT que se encuentran en riesgo por contaminación difusa corresponde a MSBT donde la principal presión que soportan es la de la carga ganadera. Es el caso de la 041 Litera Alta, 096 Puertos de Beceite o 042 Sierras Marginales Catalanas.

Hay que señalar que la mejor relación entre el riesgo definido para las masas de agua subterránea y el porcentaje de ocupación lo muestra el porcentaje de ocupación de los niveles del 7 al 10 (alto y extremo).

COD	MSBT	Sup Afect.	Zona Vuln.	En mal estad. quím.	En riesgo químico	Situación impacto NUT	Tipo de presión significativa	NR 7-10	NR 9-10	2016-19 NO ₃
063	ALUVIAL DE URGELL	78%	100%	SI	SI	Comprobado	2,2, 2,10	91.4%	79.2%	74.1
053	ARBAS	32%	85%	SI	SI	Comprobado	2,2, 2,10	86.3%	71.3%	44.6
043	ALUVIAL DEL OCA	9%	77%	NO	SI	Probable	1,5, 2,2	83.2%	0.1%	97.3
052	ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN	58%	90%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	77.8%	57.7%	44.8
057	ALUVIAL DEL GÁLLEGO	10%	97%	SI	SI	Probable	2,2, 2,10	76.8%	44.5%	35.2
045	ALUVIAL DEL OJA	46%	44%	SI	SI	Comprobado	2,2	73.0%	11.7%	48.9
044	ALUVIAL DEL TIRÓN	31%	58%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2	72.9%	10.3%	60.8
061	ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	18%	99%	NO	SI	Probable	2,2, 2,10	72.3%	63.1%	35.5
050	ALUVIAL DEL ARGA MEDIO	-	-	NO	NO	Sin presión		71.5%	55.9%	14.2
105	DELTA DEL EBRO	4%	5%	NO	SI	Probable	2,2	71.4%	66.8%	115.4
060	ALUVIAL DEL CINCA	28%	84%	NO	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	69.9%	56.5%	50.1
056	SASOS DE ALCANADRE	34%	68%	SI	SI	Comprobado	2,2, 2,10	67.5%	13.0%	98.5
081	ALUVIAL JALÓN-JILOCA	-	9%	NO	SI	Sin presión		65.8%	48.2%	11.5
087	GALLOCANTA	36%	78%	SI	SI	Comprobado	2,2	63.8%	2.5%	71.9
049	ALUVIAL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	42%	38%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	63.8%	49.8%	36.1
012	ALUVIAL DE VITORIA	48%	61%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	62.1%	52.8%	29.1
058	ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA	38%	76%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	62.1%	45.3%	32.2
051	ALUVIAL DEL CIDACOS	28%	93%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	60.6%	36.3%	83.2
054	SASO DE BOLEA-AYERBE	21%	87%	SI	SI	Comprobado	2,2, 2,10	59.9%	3.6%	88.6
055	HOYA DE HUESCA	12%	72%	SI	SI	Probable	1,5, 2,2, 2,10	57.4%	14.9%	67.4
101	ALUVIAL DE TORTOSA	nd	100%	NO	SI	Probable	2,2, 2,10	56.9%	46.7%	18.3
009	ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	87%	92%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	53.8%	15.8%	70.8
062	ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	-	48%	NO	NO	Sin presión		53.7%	41.5%	19.5
064	CALIZAS DE TÁRREGA	100%	96%	SI	SI	Comprobado		52.9%	1.3%	85.1
089	CELLA-OJOS DE MONREAL	2%	44%	NO	SI	Probable	2,2	52.0%	10.0%	28.4
076	PLIOCUARTERNARIO DE ALFAMÉN	18%	81%	SI	SI	Probable	2,2, 2,10	50.7%	32.6%	53.5
059	LAGUNAS DE LOS MONEGROS	nd	100%	NO	SI	Probable	2,2	49.6%	0.0%	40.6
082	HUERVA-PEREJILES	2%	23%	SI	SI	Probable	2,2, 2,10	47.3%	3.7%	36.2
048	ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA	11%	3%	NO	SI	Probable	1,5, 2,2, 2,10	43.8%	20.4%	42.4
088	MONREAL-CALAMOCHA	nd	19%	NO	SI	Probable	2,2, 2,10	39.8%	2.5%	29.2
080	CUBETA DE AZUARA	2%	51%	SI	SI	Probable	2,2	38.2%	1.6%	40.3
013	CUARTANGO-SALVATIERRA	nd	14%	NO	SI	Probable	2,2, 2,10	36.4%	26.3%	13.6
008	SINCLINAL DE TREVIÑO	1%	5%	NO	SI	Probable	2,2	36.3%	9.6%	40.1
029	SIERRA DE ALAIZ	-	28%	NO	SI	Sin presión		36.0%	3.2%	26.2
003	SINCLINAL DE VILLARCAYO	-	-	NO	NO	Sin presión		33.5%	0.9%	9.2
067	DETRÍTICO DE ARNEDO	nd	-	NO	SI	Probable	2,2	33.4%	20.5%	14.3
071	ARAVIANA-VOZMEDIANO	16%	98%	SI	SI	Probable	1,5, 2,2, 2,10	32.8%	0.3%	47.4
079	CAMPO DE BELCHITE	nd	20%	SI	SI	Probable	1,5, 2,2, 2,10	32.4%	5.9%	33.4
085	SIERRA DE MIÑANA	nd	3%	NO	SI	Probable	2,2	30.8%	1.5%	25.0
070	AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	13%	53%	SI	SI	Probable	2,2, 2,10	30.4%	3.5%	43.9
023	SIERRA DE LÓQUIZ	nd	-	NO	SI	Probable	1,5, 2,2, 2,10	30.2%	5.6%	23.2
047	ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	56%	16%	SI	SI	Comprobado	1,5, 2,2, 2,10	28.9%	2.3%	45.6
078	MANUBLES-RIBOTA	nd	-	SI	SI	Probable	2,2	27.3%	3.1%	19.3
086	PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	1%	5%	SI	SI	Probable	2,2	26.1%	0.6%	36.4
102	PLANA DE LA GALERA	32%	79%	SI	SI	Comprobado	2,2, 2,10	24.2%	17.2%	42.6
072	SOMONTANO DEL MONCAYO	6%	26%	SI	SI	Probable	1,5, 2,2	22.7%	4.1%	32.3
083	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	-	5%	NO	NO	Sin presión		22.5%	1.2%	3.4
035	ALTO URGELL	-	-	NO	NO	Sin presión		22.0%	12.7%	11.7
073	BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	-	0%	NO	NO	Sin presión		20.9%	0.2%	16.6
075	CAMPO DE CARIÑENA	4%	33%	NO	SI	Probable	1,5, 2,2	20.8%	4.4%	33.2
021	IZKI-ZUDAIRE	-	-	NO	NO	Sin presión		20.2%	1.5%	2.4
104	SIERRA DEL MONTSIÁ	67%	100%	SI	SI	Comprobado	2,2, 2,10	19.5%	11.3%	55.0
084	ORICHE-ANADÓN	-	-	NO	NO	Sin presión		18.1%	0.2%	9.4
011	CALIZAS DE SUBIJANA	-	-	NO	NO	Sin presión		17.9%	7.6%	8.9
024	BUREBA	-	5%	NO	NO	Sin presión		17.8%	0.0%	7.4
036	LA Cerdanya	nd	26%	NO	SI	Probable	2,2, 2,10	17.4%	1.4%	10.6
066	FITERO-ARNEDILLO	-	-	NO	NO	Sin presión		16.4%	5.1%	6.8
022	SIERRA DE CANTABRIA	0%	1%	NO	SI	Probable	2,2	16.3%	9.9%	20.7
091	CUBETA DE OLIETE	6%	26%	SI	SI	Probable	2,2	15.4%	0.6%	31.0
030	SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	nd	0%	NO	SI	Probable	1,5, 2,2	14.6%	1.5%	3.3
046	LAGUARDIA	nd	-	NO	SI	Probable	2,2	14.2%	1.2%	3.4
002	PÁRAMO DE SEDANO Y LORA	-	-	NO	SI	Probable	1,5	14.1%	0.2%	8.4
006	PANCORBO-CONCHAS DE HARO	-	40%	NO	SI	Sin presión		13.8%	1.0%	3.4
097	FOSA DE MORA	5%	23%	NO	SI	Probable	2,2	13.3%	7.7%	18.4
018	SIERRA DE ANDÍA	-	-	NO	NO	Sin presión		13.3%	0.9%	4.1
090	POZODÓN	-	20%	NO	NO	Sin presión		13.0%	0.3%	14.9

COD MSBT	Sup Afect.	Zona Vuln.	En mal estad. quím.	En riesgo químico	Situación impacto NUT	Tipo de presión significativa	NR 7-10	NR 9-10	2016-19 NO ₃
041 LITERA ALTA	3%	44%	NO	SI	Probable	2.10	12.0%	2.3%	64.0
038 TREMP-ISONA	1%	9%	NO	SI	Probable	2.2	10.9%	2.0%	11.0
010 CALIZAS DE LOSA	-	-	NO	SI	Sin presión		10.8%	0.5%	4.7
093 ALTO GUADALOPE	-	-	NO	NO	Sin presión		9.9%	0.4%	10.8
005 MONTES OBARENES	-	10%	NO	NO	Sin presión		9.3%	1.3%	3.3
042 SIERRAS MARGINALES CATALANAS	8%	55%	SI	SI	Probable	2.10	9.1%	1.1%	34.0
074 SIERRAS PZCA. LA VIRGEN Y VICORT	-	12%	NO	NO	Sin presión		8.9%	2.2%	11.8
004 MANZANEDO-OÑA	-	-	NO	SI	Sin presión		8.9%	1.0%	15.1
092 ALIAGA-CALANDA	nd	23%	SI	SI	Probable	2.2 , 2.10	8.8%	1.2%	12.7
040 SINCLINAL DE GRAUS	2%	26%	NO	SI	Probable	1.5 , 2.10	8.8%	0.5%	42.5
098 PRIORATO	3%	12%	SI	SI	Probable	2.2	8.2%	3.5%	22.6
100 BOIX-CARDÓ	nd	76%	NO	SI	Probable	2.2 , 2.10	7.4%	3.9%	11.5
031 SIERRA DE LEYRE	-	-	NO	NO	Sin presión		6.5%	0.4%	1.0
007 VALDEREJO-SOBRÓN	-	0%	NO	NO	Sin presión		6.3%	2.6%	0.6
069 CAMEROS	nd	-	NO	SI	Probable	1.5, 2.2	6.1%	0.5%	8.3
095 ALTO MAESTRAZGO	7%	31%	SI	SI	Probable	2.2, 2.10	6.1%	0.3%	49.4
096 PUERTOS DE BECEITE	5%	49%	SI	SI	Probable	2.10	3.9%	1.0%	94.3
017 SIERRA DE URBASA	-	-	NO	NO	Sin presión		3.8%	1.8%	4.0
015 ALTUBE-URKILLA	-	-	NO	SI	Sin presión		3.7%	1.9%	1.3
033 SANTO DOMINGO-GUARA	-	26%	NO	NO	Sin presión		2.7%	0.1%	2.3
016 SIERRA DE AIZKORRI	-	-	NO	NO	Sin presión		2.6%	1.7%	2.3
037 COTIELLA-TURBÓN	-	-	NO	NO	Sin presión		2.5%	0.1%	1.0
065 PRADOLUENGO-ANGUIANO	-	-	NO	NO	Sin presión		2.1%	0.0%	2.8
025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI	-	-	NO	SI	Sin presión		1.8%	0.0%	1.7
039 CADÍ-PORT DEL COMTE	-	1%	NO	NO	Sin presión		1.5%	0.2%	1.7
094 PITARQUE	-	9%	NO	NO	Sin presión		1.0%	0.0%	1.9
099 PUERTOS DE TORTOSA	-	26%	NO	SI	Probable	2.10	1.0%	0.1%	3.6
001 FONTIBRE	-	-	NO	SI	Sin presión		0.6%	0.0%	3.9
068 MANSILLA-NEILA	-	-	NO	NO	Sin presión		0.6%	0.0%	1.7
020 BASABURÚA-ULZAMA	-	-	NO	NO	Sin presión		0.5%	0.0%	3.5
034 MACIZO AXIAL PIRENAICO	-	1%	NO	NO	Sin presión		0.4%	0.0%	0.5
019 SIERRA DE ARALAR	-	-	NO	NO	Sin presión		0.3%	0.2%	3.8
032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	-	-	NO	NO	Sin presión		0.3%	0.0%	1.3
027 EZCAURRE-PEÑA TELERA	-	-	NO	NO	Sin presión		0.1%	0.0%	1.0
014 GORBEA	-	-	NO	NO	Sin presión		0.0%	0.0%	2.0
026 LARRA	-	-	NO	NO	Sin presión		0.0%	0.0%	0.6
028 ALTO GÁLLEGO	-	-	NO	NO	Sin presión		0.0%	0.0%	1.0

Tabla 6. Clasificación de las masas de agua según el porcentaje de superficie de ocupación de los niveles de riesgo 7-10. Se indica el porcentaje de ocupación de la superficie de las envolventes de aguas afectadas (Informe Cuatrienal 2016-19), el de las Zonas Vulnerables, el estado y riesgo químico, las presiones significativas de tipo difuso identificadas (PHE 2021-27), el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo del 7 al 10 y del 9 al 10 (MVN) y el promedio de la concentración de nitrato 2016-19 de todos los puntos de agua subterránea pertenecientes a la MSBT. El color responde a la situación del impacto por nutrientes. Tipo de presión significativa (Impacto tipo NUT y QUAL): 2.2 Agricultura, superficie de regadío >5% de la MSBT, superficie agrícola >30% de la MSBT; 2.10 Carga ganadera en la MSBT >25 kg N/ha y año; 1.5. Suelos contaminados, presión identificada por el área de Calidad de Aguas Subterráneas con afección significativa a las aguas subterráneas.

Esta relación también queda reflejada en el contenido medio de nitrato de las MSBT, cuanto mayor es el porcentaje de niveles de riesgo altos y extremos, la concentración media de los puntos de aguas subterránea (promedio 2016-19) de cada MSBT, aumenta. Esta relación toma valores del coeficiente de determinación $R^2 > 0,500$ al eliminar todas aquellas masas de agua cuya principal presión corresponde a la carga ganadera: 041 Litera Alta, 042 Sierras Marginales Catalanas, 095 Alto Maestrazgo y 096 Puertos de Beceite.

Este análisis muestra un resultado significativo, con una mejor relación para los niveles de riesgo 6-10 ($N=98$; $R^2=0,5924$; $\alpha=0,0082$ ($p\text{-valor}=0,00$); $\beta=0,1216$ ($p\text{-valor}=0,00$)) y 7-10 ($N=98$; $R^2=0,5834$; $\alpha=0,0076$ ($p\text{-valor}=0,00$); $\beta=0,1014$ ($p\text{-valor}=0,00$)).

Por tipología de MSBT, se observa una buena relación entre las MSBT carbonatadas y las detríticas junto con otras tipologías ($R^2 > 0,600$) (Figura 14(b) y 15(c)), sin embargo para el caso de las MSBT aluviales, esta relación también es buena pero diferenciando dos familias con un comportamiento lineal distinto: MSBT con un porcentaje de ocupación $>60\%$ de niveles de riesgo alto-extremo donde el aumento de la superficie de riesgo lleva asociado un incremento del contenido en nitrato más moderado y MSBT con porcentajes de ocupación de $<60\%$, donde pequeños aumentos de la superficie de riesgo alto-extremo suponen incrementos más elevados de la concentración media de nitrato de la MSBT (Figura 14(a)).

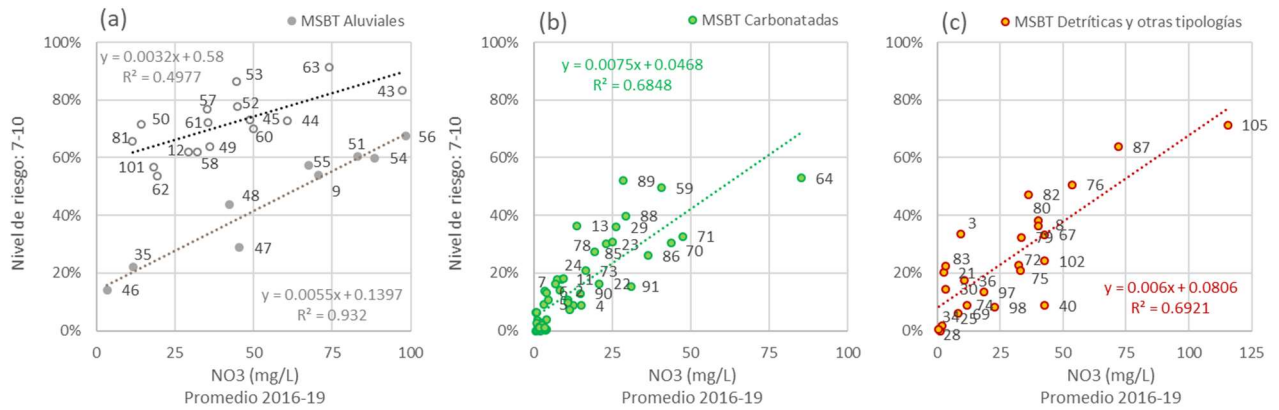


Figura 14. Regresión lineal entre el promedio de la concentración de NO_3 de las MSBT (puntos de agua subterránea 2016-19) y el porcentaje de superficie con niveles de riesgo del 7 al 10, diferenciando por tipología de MSBT: (a) aluviales, (b) carbonatadas y (c) detríticas y otras tipologías. No se incluyen las MSBT carbonatadas donde la carga ganadera corresponde a la principal presión difusa (041, 042, 095 y 096). La etiqueta de los puntos corresponde al código de la MSBT.

5. AGUAS SUPERFICIALES

Dentro del análisis de las aguas superficiales en contraste con el MVN se ha tomado como unidad de referencia la *cuenca de aportación* de cada una de los tramos de ríos que definen las masas de agua superficial (MSPF) (CHE 2016). Para cada una de ellas se ha calculado el porcentaje de ocupación de los distintos niveles de riesgo del MVN, tratadas de forma independiente, sin tener en cuenta la cuenca de aportación de los tramos superiores del río que configuran otras MSPF.

Para el caso concreto de las MSPF afectadas, todas aquellas que presentan más de un punto de control de nitrato, se ha seleccionado el más representativo, que corresponde al localizado en el tramo más bajo. En el resto de MSPF se ha calculado el promedio de valores de nitrato (máximos, mínimos y promedio 2016-19) de todos los puntos de control localizados dentro de una misma MSPF.

A partir de estos datos se ha hecho un análisis estadístico en el que se contrasta el porcentaje de ocupación en diferentes rangos de nivel de riesgo (medio, algo y extremo) con el contenido en nitrato mostrado en las redes de control superficial y estado de afección de las MSPF.

Los objetivos de este análisis son (1) definir si los usos del suelo y la vulnerabilidad intrínseca de la cuenca de aportación de las MSPF se ve reflejado en su estado (2) identificar en que MSPF el contenido medio de nitrato en los puntos de control de aguas superficiales, no se ajusta a los porcentajes de ocupación de los niveles de riesgo del MVN.

En el Informe Cuatrienal 2016-19 se identifica un total de 35 masas de agua superficial afectadas por nitrato. Las cuencas de aportación de estas MSPF (CHE 2016) no siempre presentan un elevado porcentaje de niveles de riesgo alto y extremo (Figura 15). De las 35 MSPF afectadas, tan solo 6 de ellas, poseen una superficie de ocupación con niveles de riesgo alto y extremo de más del 60%, corresponden con los ríos Alcanadre, Clamor Amarga, Zamaca, Sió y Arba (Tabla 7). En el otro extremo, se encuentra un total de 12 MSPF afectadas, donde más del 70% de su superficie de ocupación posee niveles de riesgo bajos o inexistentes como es el caso de los ríos Mezquín, Tastavins, Boix, Regallo, Riomayor o el Oroncillo (Tabla 8).

A nivel general, de las 823 cuencas de aportación de MSPF en la cuenca del Ebro (CHE 2016), tan solo 28 poseen una superficie por encima del 60% de niveles de riesgo alto y extremo (NR 7-10), dentro de las cuales 11, poseen más del 60% de su superficie con un riesgo definido como extremo (NR 9-10). Son MSPF pertenecientes a las cuencas del Cinca, Segre, Alcanadre, Arba y algunos tramos del río Ebro (Tabla 7). De estas últimas, tan solo 2 MSPF se encuentran afectadas por nitrato: el Clamor Amarga en la cuenca del Cinca, y el Arba de Luesia.

COD	MSPF	Cuenca	Afec	Sup (km ²)	NIVEL DE RIESGO			Cod Est	NO ₃ (2016-19)		
					1-4	7-10	9-10		Med	Min	Max
893	Bahía de Los Alfaques	EBRO	NO	175	12%	86%	82%	-	-	-	-
450	Río Ebro desde el río Huecha hasta el río Arba de Luesia	EBRO	NO	64	19%	80%	65%	-	-	-	-
428	Río Segre desde el río Cervera hasta el río Corp	SEGRE	NO	47	17%	80%	68%	0207-FQ	9.1	2.4	18.1
895	Delta Sur	EBRO	NO	103	21%	78%	76%	-	-	-	-
869	Río Cinca desde el río Clamor II Amarga hasta el río Alcanadre	CINCA	NO	141	21%	76%	72%	0549-FQ	5.8	2.2	10.2
431	Río Noguera Ribagorzana desde la toma de canales en Alfarrás hasta desemb. en el río Segre	NOGUERA RIBAGORZANA	NO	331	26%	72%	60%	0627-FQ	12.1	5.9	30.2
437	Río Cinca desde el río Sosa hasta el río Clamor I	CINCA	NO	72	27%	72%	61%	0562-FQ	2.7	1.6	3.2
161	Río Alcanadre desde el río Guatzalema hasta el río Flumen	ALCANADRE	SI	180	22%	72%	42%	1143-FQ	21.4	3.7	49.3
438	Río Cinca desde el río Clamor I de Fornillos hasta el río Clamor II Amarga	CINCA	NO	161	25%	71%	43%	-	-	-	-
160	Río Guatzalema desde el río Botella hasta su desembocadura en el río Alcanadre	ALCANADRE	NO	132	12%	71%	15%	0032-FQ	18.6	3.9	37.1
166	Clamor Amarga desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Cinca	CINCA	SI	783	27%	71%	62%	0225-FQ	47.6	23.7	83.6
894	Delta Norte	EBRO	NO	196	30%	70%	62%	-	-	-	-
268	Río Zamaca desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Ebro	EBRO	SI	98	24%	69%	11%	3022-FQ	107.9	87.4	146.0
365	Río Conqués desde el río Abellá hasta su desembocadura en el río Noguera Pallaresa	NOGUERA PALLARESA	NO	6	25%	69%	45%	3024-FQ	21.7	5.9	50.9
105	Arba de Riguel desde la población de Sádaba hasta su desembocadura en el Arba de Luesia	ARBA	SI	409	30%	69%	54%	1276-FQ	28.1	17.7	41.0
968	Laguna de Sariñena	ALCANADRE	NO	13	32%	67%	67%	-	-	-	-
254	Río Ayuda desde el río Rojo hasta su desembocadura en el río Zadorra	ZADORRA	NO	18	30%	67%	51%	1032-FQ	10.7	4.9	21.6
104	Río Arba de Luesia desde el río Arba de Biel hasta el río Arba de Riguel	ARBA	SI	133	33%	66%	61%	3016-FQ	24.2	11.6	59.4
548	Río Arga desde el río Juslapeña hasta el río Araquil	ARGA	NO	32	33%	65%	0%	0217-FQ	10.0	4.5	24.8
478	Río Trueba desde el río Salón hasta su desembocadura en el río Nela	NELA	NO	23	33%	64%	9%	1440-FQ	3.3	0.5	6.1
156	Río Clamor II Amarga desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Cinca	CINCA	NO	115	29%	63%	29%	-	-	-	-
989	Laguna de la Playa	EBRO	NO	58	32%	63%	0%	-	-	-	-
148	Río Sió desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Segre	SEGRE	SI	508	36%	63%	9%	1304-FQ	31.0	11.1	62.2
957	Río Segre desde el río Sió hasta el río Cervera	SEGRE	NO	61	36%	62%	41%	0096-FQ	10.9	3.9	26.0
406	Río Zadorra desde el río Ayuda hasta su desembocadura en el río Ebro	ZADORRA	NO	3	38%	61%	49%	0074-FQ	12.9	5.7	21.2

Tabla 7. MSPF con porcentajes de ocupación en sus cuencas de aportación de más del 60% de niveles de riesgo altos-extremos (NR 7-10). Se indica la cuenca a la que pertenecen, si se encuentran afectados por nitrato (Informe Cuatrienal 2016-19), la superficie de la cuenca de aportación, el porcentaje de la superficie de ocupación en los diferentes rangos de niveles de riesgo (MVN) dentro de la cuenca de aportación: inapreciables a bajos (NR 1-4), altos a extremos (NR 7-10) y extremos (NR 9-10), y se indica el código de la estación de control de aguas superficiales que caracteriza su estado y el contenido en nitrato medio, máximo y mínimo para el periodo 2016-19. Se presentan ordenadas según el rango NR 7-10 y se muestran en negrita las MSPF afectadas por nitrato según el Informe Cuatrienal 2016-19.

COD	MSPF	Cuenca	Afec	Sup (km ²)	NIVEL DE RIESGO			Cod Est	NO ₃ (2016-19)		
					1-4	7-10	9-10		Med	Min	Max
244	R. Alegría desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Zadorra	ZADORRA	SI	189	43%	54%	45%	2215-FQ	17.5	2.3	44.8
151	R. Corp desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Segre	SEGRE	SI	1005	45%	53%	31%	1119-FQ	39.4	12.2	64.7
164	R. Flumen desde el R. Isuela hasta su desembocadura en el R. Alcanadre	FLUMEN	SI	1172	40%	52%	39%	0094-FQ	30.5	14.6	48.5
106	R. Arba de Luesia desde el R. Arba de Riguel hasta su desembocadura en el R. Ebro	ARBA	SI	427	52%	47%	35%	0060-FQ	34.4	13.6	45.9
157	R. Alcanadre desde el puente nuevo de la carretera en Lascellas hasta el R. Guatizalema	ALCANADRE	SI	271	41%	47%	6%	0033-FQ	15.0	3.7	41.2
120	Barranco de la Violada desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Gállego	GALLEGO	SI	387	42%	46%	18%	2060-FQ	47.4	34.8	66.0
238	R. Oroncillo desde su nacimiento hasta el R. Vallarta	ORONCILLO	SI	48	56%	44%	0%	2087-FQ	37.4	16.0	58.7
821	R. Huerva desde su nacimiento hasta la cola del Embalse de Las Torcas	HUERVA	SI	438	55%	40%	3%	1219-FQ	40.5	21.4	58.3
298	R. Añamaza desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Alhama	ALHAMA	SI	238	61%	37%	3%	1269-FQ	30.3	15.3	50.0
165	R. Alcanadre desde el R. Flumen hasta su desembocadura en el R. Cinca	ALCANADRE	SI	518	61%	34%	17%	0193-FQ	32.1	11.1	55.3
95	R. Robo desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Arga	ARGA	SI	83	67%	31%	10%	2053-FQ	56.6	42.9	66.3
271	R. Tuerto desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Najerilla	NAJERILLA	SI	81	60%	31%	2%	2099-FQ	26.9	7.9	53.3
231	R. Salón desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Trueba	NELA	SI	203	66%	30%	2%	0609-FQ	17.9	11.7	40.4
496	R. Bañuelos desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Tirón	TIRON	SI	146	70%	29%	0%	2224-FQ	27.7	0.5	54.4
146	Barranco de la Valcuerna desde su nacimiento hasta su entrada en el Embalse de Mequinenza	EBRO	SI	665	66%	29%	12%	0231-FQ	106.9	48.1	127.0
365	R. Conqués desde el R. Abellá hasta su desembocadura en el R. Noguera Pallaresa	NOGUERA PALLARESA	SI	6	67%	29%	4%	3024-FQ	21.7	5.9	50.9
284	R. Iranzu desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Ega I	EGA	SI	79	69%	28%	1%	2102-FQ	34.0	9.5	55.5
94	R. Zidacos desde el R. Cembroain hasta su desembocadura en el R. Aragón	ARAGON	SI	327	69%	27%	21%	3015-FQ	46.0	19.3	75.2
256	R. Retorto desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Tirón	TIRON	SI	60	73%	26%	1%	3056-FQ	43.5	14.8	79.8
260	R. Reláchigo desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Tirón	TIRON	SI	61	75%	24%	3%	2095-FQ	47.7	20.1	153.0
259	R. Encemero desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Tirón y la cola del Embalse de Leiva	TIRON	SI	37	77%	22%	1%	2094-FQ	35.3	10.0	57.1
147	R. Llobregós desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Segre	SEGRE	SI	605	77%	21%	1%	0544-FQ	25.6	7.6	48.0
239	R. Oroncillo desde el R. Vallarta hasta su desembocadura en el R. Ebro	ORONCILLO	SI	138	80%	19%	1%	0189-FQ	19.3	4.8	47.6
292	R. Zidacos desde su nacimiento hasta el R. Cemborain	ARAGON	SI	79	80%	18%	0%	1307-FQ	59.4	10.0	96.7

COD	MSPF	Cuenca	Afec	Sup (km ²)	NIVEL DE RIESGO			Cod Est	NO ₃ (2016-19)		
					1-4	7-10	9-10		Med	Min	Max
92	Arroyo de Riomayor desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Ega	EGA	SI	115	81%	17%	0%	2051-FQ	39.1	13.6	70.0
914	R. Regallo desde su nacimiento hasta el cruce del canal de Valmuel	REGALLO	SI	207	83%	13%	1%	2204-FQ	18.0	6.7	41.9
362	R. Boix desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Segre	SEGRE	SI	84	85%	12%	0%	2113-FQ	27.9	0.5	51.1
396	R. Tastavins desde el R. Monroyo hasta su desembocadura en el R. Matarraña	MATARRANA	SI	81	93%	3%	1%	3020-FQ	55.3	13.1	125.0
144	R. Mezquín desde su nacimiento hasta su desembocadura en el R. Guadalope	GUADALOPE	SI	116	98%	2%	1%	2071-FQ	22.4	0.5	45.4

Tabla 8. MSPF afectadas por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19) con porcentajes de ocupación en sus cuencas de aportación de menos del 60% de niveles de riesgo altos-extremos (NR 7-10). Se indica la cuenca a la que pertenecen, el porcentaje de la superficie de ocupación en los diferentes rangos de niveles de riesgo (MVN): inapreciables a bajos (NR 1-4), altos a extremos (NR 7-10) y extremos (NR 9-10), y se indica el código de la estación de control de aguas superficiales que caracteriza su estado y el contenido en nitrato medio, máximo y mínimo para el periodo 2016-19. Se presentan ordenadas según el rango NR 7-10.

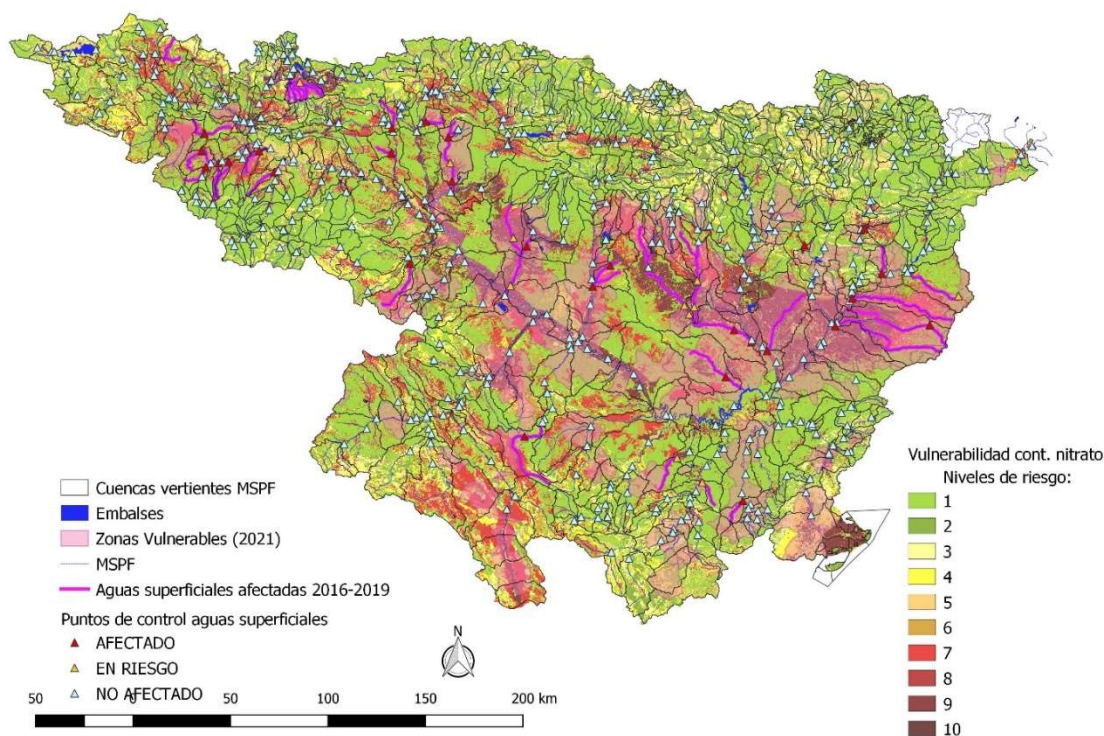


Figura 15. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos (Arauzo et al 2020) y valoración de los puntos de control de agua superficial en relación con la afección por nitratos de origen agrario (Informe 2016-2019). NR 1-2: riesgo inapreciable; NR 3-4: riesgo bajo; NR 5-6: medio o moderado; NR 7-8: riesgo alto; NR 9-10: riesgo extremo

En el análisis estadístico de las MSPF con respecto al MVN no se identifica ninguna relación entre porcentajes de ocupación en diferentes rangos de niveles de riesgo medio, alto o extremo de las cuencas de aportación de las MSPF, con los valores del contenido medio, máximo o mínimo de nitrato definido por los puntos de control de las aguas superficiales, tanto para las MSPF afectadas como para la totalidad de MSPF de la cuenca del Ebro ($R^2 < 0,250$). La distribución de los diferentes niveles de riesgo dentro de las

cuencas de aportación de las MSPF no queda reflejada en el estado de afección de las MSPF. En la mayor parte de las MSPF afectadas, el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo alto-extremo (NR 7-10) se sitúa entre el 20 y el 30 % (Figura 16).

Un gran número de MSPF afectadas corresponden con ríos donde la mayor parte de su cuenca de aportación se localiza sobre la depresión del Ebro. Se trata de ríos con unas bajas aportaciones de agua, donde el principal componente de los caudales en los meses de verano corresponde al de los retornos de riego procedentes de los grandes sistemas de riego. Ejemplos son el río Arba (canal de Bardenas), el barranco de la Violada y el de La Valcuerna (canal de Monegros), el Clamor Amarga (canal de Aragón y Cataluña), el río Tuerto y Zamaca (Canal de la MD del Najerilla), el tramo bajo del Zidacos (Canal de Navarra) o los ríos Corb y Sió (Canal de Urgell).

En muchos casos estas MSPF abarcan litologías terciarias de baja permeabilidad, lo que disminuye su vulnerabilidad intrínseca. Encontramos casos como los del río Arba, con una amplia superficie de cuaternarios (sasos y aluviales), cubiertos en su totalidad por cultivos de regadío con un importante aporte de nitrógeno, y que por tanto presentan valores muy elevados de NR (MVN) en la mayor parte de su cuenca de aportación, sin embargo en otras MSPF como la de La Valcuerna, uno de los ríos donde se alcanzan las concentraciones más elevadas de nitrato, los niveles de riesgo elevado del MVN (NR 7-10) apenas suponen el 30% de su cuenca de aportación. La vulnerabilidad intrínseca de esta cuenca no supera el nivel 6 (vulnerabilidad moderada).

Nota: El MVN se define a partir de variables que favorecen la entrada de contaminantes en los acuíferos, lo que incluye la litología, el espesor de la zona no saturada, las precipitaciones o la pendiente del terreno, sin embargo para el caso de las aguas superficiales, hay variables importantes que no se están teniendo en cuenta y algunas de ellas como la pendiente, tiene efectos contrapuestos; si para las aguas subterráneas elevadas pendientes reducen la infiltración, para las aguas superficiales favorece la escorrentía, lo que limita la capacidad de retención y absorción natural del nitrógeno en el suelo.

Para definir el riesgo debido a las entradas de agua, el MVN tiene en cuenta las precipitaciones y los retornos de riego, para el caso de las aguas superficiales es importante también tener en cuenta el efecto de dilución de los ríos que depende de la carga contaminante y del caudal.

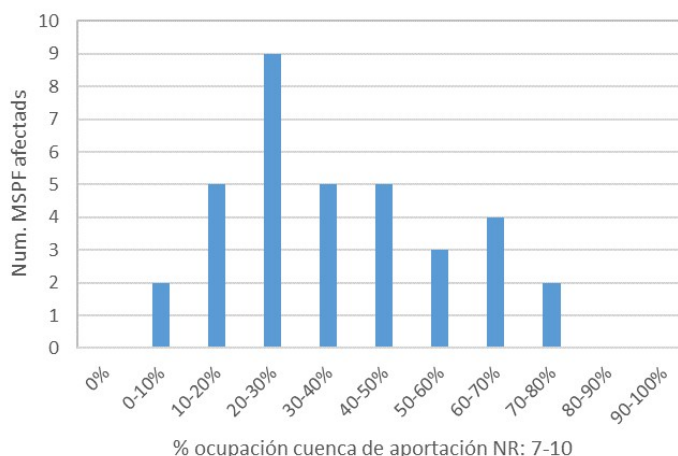


Figura 16. Distribución de las MSPF afectadas a partir del porcentaje de superficie de ocupación de su cuenca de aportación de los niveles de riesgo alto –extremo (NR 7-10).

En algunas MSPF, la cuenca tomada como referencia incluye la totalidad de su cuenca de aportación, en otras cada tramo se analiza de forma independiente, de modo que su análisis no tiene en cuenta el nivel de riesgo de los tramos superiores. Tramos del río Segre, Cinca, Noguera Ribagorzana o Arga presentan unos porcentajes de ocupación de niveles de riesgo muy elevados, son cuencas con una importante actividad agrícola, sin embargo, los resultados de las redes de control no muestran concentraciones elevadas de nitrato. Son ríos cuyo recurso puede asimilar la carga de nitrógeno de los tramos inferiores donde se localizan la mayor parte de la actividad agrícola.

Por otro lado, también son varias las MSPF en cuya cuenca de aportación apenas existen cultivos (poca superficie agrícola y la que hay está dedicada al secano), la vulnerabilidad intrínseca es baja, y sin embargo los resultados de las redes de control muestran afecciones por nitrato. Es el caso de los ríos Mezquín, Tastavins, Boix o Llobregós, que al igual que ocurre con las MSBT, en sus cuencas de aportación, existe una importante carga ganadera.

Otras MSPF afectadas como la cabecera del Zidacos, los ríos Oroncillo, Retorto, Encemero, Reláchigo, Bañuelos, Robo o el arroyo de Ríomayor son ríos en cuya cuenca de aportación predomina el secano, la presión por carga ganadera no siempre es significativa y la vulnerabilidad a la contaminación por nitratos se distribuye entre inexistente y alta. Son ríos con bajos aportes de agua (no existen grandes acuíferos ni elevadas precipitaciones en toda su cuenca de aportación), en donde las lluvias por lo general escasas permiten lavar los nutrientes almacenados en los primeros metros del suelo, procedentes de los cultivos de secano.

6. MODELO PATRICAL

El MVN emplea como base para el cálculo del riesgo asociado a los usos del suelo el mapa de Ocupación del Suelo de España (SIOSE 2011) al cual se le aplican diferentes valores de excedentes anuales de N por tipo de cultivo obtenidos de los informes anuales sobre balances de N en la agricultura española, calculados para el periodo 2011-15 (MAPA 2016).

El modelo PATRICAL en sus cálculos, también emplea el dato de exceso de nitrógeno (ExN) para cada cultivo (MAPA 2016), con el cual elabora un mapa ráster con un tamaño de celda de 1000 m. Este mismo mapa, el referente al promedio anual de la serie 2011-15, se ha empleado para el análisis y contraste con el MVN (Figura 17).

Para determinar el valor de exceso de nitrógeno que aplica el modelo PATRICAL en relación a los niveles de riesgo del MVN, se ha generado una cobertura de puntos aleatorios con más de 1 millón de entradas a los cuales se les ha añadido el dato de nivel de riesgo del MVN y el de exceso de nitrógeno del modelo PATRICAL, en función de las celdas sobre las que se sitúan.

Los objetivos de este análisis son (1) determinar los valores medios de exceso de nitrógeno del modelo PATRICAL para cada uno de los niveles de riesgo del MVN, (2) identificar qué zonas y MSBT presentan valores dispares entre los cálculos aplicados por el modelo PATRICAL y los del MVN, (3) y cuál de estas zonas y MSBT no se ajustan a los resultados de las redes de control del Informe 2011-16.

Según el mapa de exceso de nitrógeno obtenido del modelo PATRICAL para los años 2011-15 (ExN PATRICAL), en la cuenca del Ebro de media se genera un exceso de nitrógeno de 18,4 kg/ha al año, con valores que oscilan entre 0 y 355 kg/ha (DS: 18,4 kg/ha). Dentro de la superficie que configura las MSBT, estos valores son algo inferiores, con un promedio de 15,9 kg N/ha (DS: 16,4 kgN/ha). La media de excedente de nitrógeno anual calculado para toda España para los años 2011-15 se sitúa en 21,8 kgN/ha (MAPA 2016).

Por tipología de MSBT, son los aluviales los que muestran los valores más elevados con una media de 40,1 kgN/ha (DS: 32,4 kgN/ha). Es en esta tipología donde se alcanza el mayor exceso de nitrógeno de toda la cuenca con valores que superan los 200 kg/ha en el Aluvial de Urgell (063), en el del Bajo Segre (061) o en el aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa -Tudela (049).

En segundo lugar, se encuentran las masas de agua detríticas con un promedio de 15,1 kgN/ha (DS: 12,5 kgN/ha), seguidas por las carbonatadas y las englobadas dentro de grupo de otras MSBT que presentan valores en torno a 12,0 kgN/ha (DS: 7,5 kgN/ha).

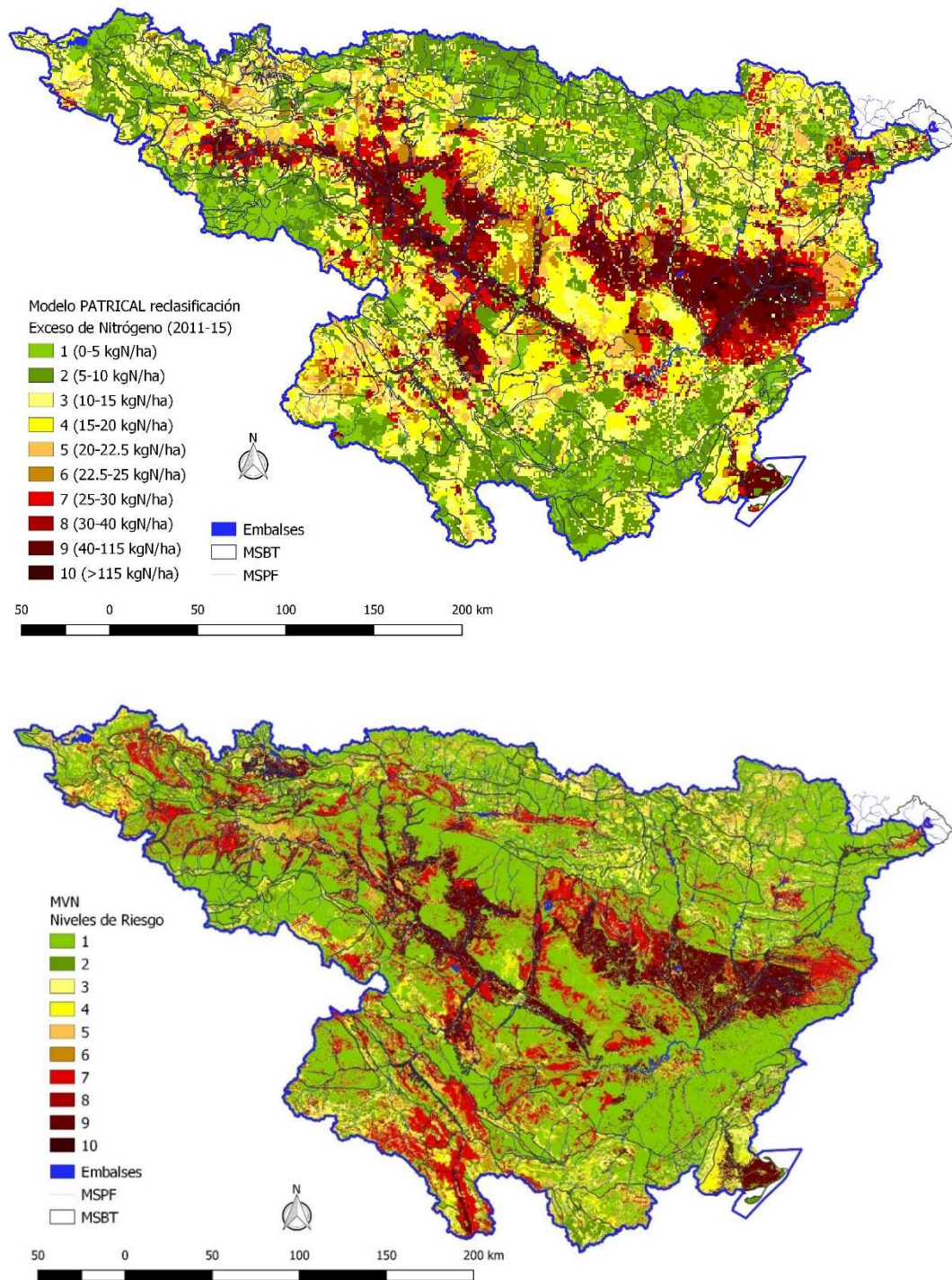


Figura 17. Comparación de los valores de exceso de nitrógeno definidos por el Modelo PATRICAL para los años 2011-15 con el mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro (Arauzo et al 2020). NR 1-2 riesgo inapreciable; NR 3-4 riesgo bajo; NR 5-6 medio o moderado; NR 7-8 riesgo alto; NR 9-10 riesgo extremo.

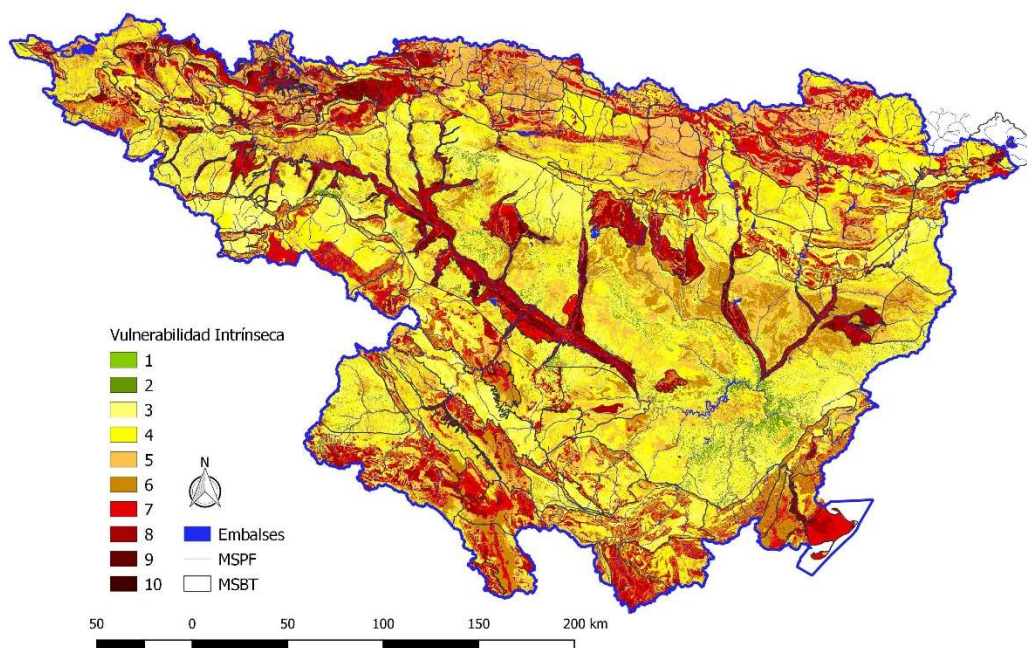


Figura 18. Mapa de vulnerabilidad intrínseca de la cuenca del Ebro (Arauzo et al 2020). Niveles 1-2 vulnerabilidad inapreciable; niveles 3-4 vulnerabilidad baja; niveles 5-6 vulnerabilidad media o moderada; niveles 7-8 vulnerabilidad alta; niveles 9-10 vulnerabilidad extrema.

Los valores de exceso de nitrógeno del modelo PATRICAL promediado para cada uno de los niveles de riesgo del MVN son muy similares en los niveles inferiores (NR 1-4) con una media de 13,4 kgN/ha y un margen de variación de entre 2 y 37 kgN/ha (P_5 ; P_{95}) (Figura 19(a), Tabla 9). Corresponde con los niveles que incluyen zonas de usos del suelo con bajo exceso de nitrógeno (bosques, matorrales y terrenos no cultivados) o que presentan una vulnerabilidad intrínseca baja (1-4). A partir del nivel de riesgo 4, el promedio de exceso de nitrógeno incrementa de forma moderada con una media para los niveles de riesgo medio y alto (NR 5-7) de 18,6 kgN/ha y una variación de 3 y 48 kgN/ha (P_5 ; P_{95}), y partir del nivel de riesgo 8, se produce un incremento acusado que alcanza su máximo valor en el nivel 9, con una media de 50,4 kgN/ha y una amplia variación de entre 10 y 116 kgN/ha (P_5 ; P_{95}) (Figura 19(a)).

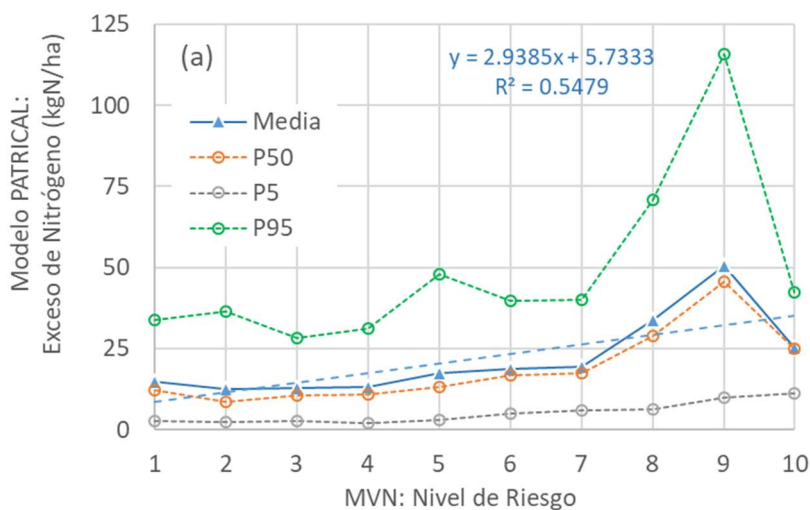
A la hora de contrastar el mapa de exceso de nitrógeno de la cuenca del Ebro (PATRICAL) y el MVN (Figura 17), hay que tener en cuenta que no representan lo mismo. El MVN es un mapa que muestra el riesgo a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas y que por tanto tiene en cuenta la vulnerabilidad intrínseca de las mismas (Figura 18), mientras que el mapa obtenido del modelo PATRICAL, es un mapa de presiones que define las zonas donde se genera un mayor exceso de nitrógeno y que vendría a corresponder con el mapa de usos del suelo que incorpora el MVN en sus cálculos (Arauzo et al 2020).

Es por este motivo que las principales diferencias en los resultados (Figura 17), se localizan sobre terciarios poco permeables de la Depresión del Ebro en las que no se identifican MSBT, en las cuales el exceso de nitrógeno definido por el modelo PATRICAL con unos niveles entre medio-altos, no quedan reflejados en el nivel de riesgo del MVN, que se mantiene con valores de riesgo bajos. Corresponden por lo general con zonas de secano y en menor medida regadíos, sobre superficies de vulnerabilidad intrínseca baja (niveles 1-4) (Figura 18) y un exceso de nitrógeno calculado por el modelo PATRICAL de entre 25 y 60 kgN/ha. En las

MSBT, estas diferencias se localizan sobre todo en masas con acuíferos de baja permeabilidad como es el caso de las 074 Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort, o en afloramientos de litologías poco permeables como es el caso de las arcillas y lutitas terciarias del 075 Campo de Cariñena o las formaciones paleozoicas de la cuenca alta del Segre (034 Macizo Axial Pirinaico). Esta variación en la respuesta, solo es un reflejo de las diferencias conceptuales existentes entre ambos mapas.

Rango	NR (MVN)	PATRICAL ExN (kgN/ha)	
		Promedio	Mediana
1	Inapreciable	14,8	12,3
2	Inapreciable	12,5	8,8
3	Bajo	12,9	10,6
4	Bajo	13,2	10,9
5	Medio	17,6	13,3
6	Medio	18,8	16,9
7	Alto	19,3	17,4
8	Alto	34,0	29,0
9	Extremo	50,4	45,6
10	Extremo	25,4	25,0

Tabla 9. Promedio y exceso de nitrógeno definido en el Modelo PATRICAL (Años 2011-15) obtenido para cada uno de niveles de riesgo del MVN.



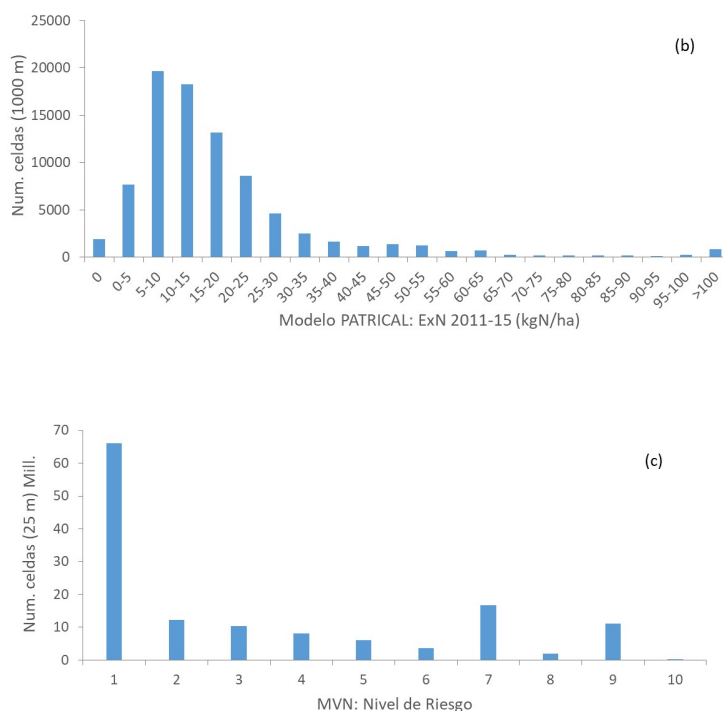


Figura 19. (a) Promedio y percentiles 50, 5 y 95 de los valores de exceso de nitrógeno obtenidos del Modelo PATRICAL en cada uno de los niveles de riesgo del MVN, (b) distribución de los valores de exceso de nitrógeno obtenidos del Modelo PATRICAL y (c) distribución de los niveles de riesgo del MVN dentro de la cuenca del Ebro.

Por otro lado, existen MSBT donde los niveles de riesgo elevado del MVN no presentan valores altos de exceso de nitrógeno en el modelo PATRICAL. Los ejemplos más relevantes corresponden con la MSBT de Gallocanta (087), cuaternarios de la cuenca del Jiloca (081 Aluvial del Jalón-Jiloca, 089 Cella-Ojos de Monreal, 088 Monreal-Calamocha), franja suroccidental de los Parámos del Alto Jalón (086), norte del Detrítico de Arnedo (067), cuenca del Zadorra, (012 Aluvial de Vitoria, 013 Cuartango-Salvatierra), algunos aluviales del Ebro (003 Aluvial de Miranda de Ebro) y del Oca (043) y los depósitos de glaciares y aluviales al sur de la sierra de Guara (054 Sasos de Bolea-Ayerbe). El modelo PATRICAL calcula para estas zonas un exceso de nitrógeno por debajo de 20 kg/ha y el nivel de riesgo definido por el MVN se encuentra en la mayor parte de estas superficies por encima de 7 (riesgo entre alto y extremo).

Para estas masas de agua y en estas zonas en concreto, si contrastamos con el resultado de las redes de control, Gallocanta (087), el aluvial de Miranda de Ebro (009), aluvial del Oca (043) o los Sasos de Bolea-Ayerbe (054) muestran una clara afección a las aguas subterráneas por nitratos. En estas MSBT las salidas del balance de nitratos del modelo PATRICAL en los años 2015 y 2018 muestra resultados por debajo de los obtenidos en los puntos de control de aguas subterráneas (Figura 20(a) y 20(b)). Sin embargo, en otras como los cuaternarios de la cuenca alta del Jiloca (088 y 089), o el Detrítico de Arnedo (067) son pocos los puntos afectados y se localizan en zonas concretas. Todas ellas son MSBT en riesgo por contaminación difusa, de las cuales están en mal estado químico (PHE 2021-27), el Aluvial de Miranda de Ebro (09), Aluvial de Vitoria (012), Gallocanta (087) y los Sasos de Bolea-Ayerbe (054).

Finalmente, cabe citar las masas de agua subterráneas carbonatadas cuya única presión difusa significativa identificada corresponde con la carga ganadera. Dentro de este grupo, el exceso de nitrógeno que muestra el modelo PATRICAL en las *Zonas Afectadas* de 096 Puertos de Beceite, 095 Alto Maestrazgo y 040 Sinclinal de Graus no supera los 20 kgN/ha y las definidas en las masas de agua de la 041 Litera Alta y 042 Sierras Marginales Catalanas quedan en su mayor parte por debajo de 40 kgN/N. En estas *Zonas Afectadas* el MVN tan solo alcanza valores con un nivel de riesgo extremo en la envolvente que delimita los regadíos del río Cinca y del Canal de Aragón y Cataluña de la masa de agua de la 041 Litera Alta.

Son MSBT que presentan valores bajos de exceso de nitrógeno en ambos mapas y sin embargo los puntos de control de aguas subterráneas muestran concentraciones o cercanas o por encima de 100 mg/L (Informe Cuatrienal 2016-19). En estas MSBT no existe relación entre el porcentaje de ocupación de los niveles de riesgo alto y extremo con los resultados de las redes de control.

Esto indica que tanto el mapa de vulnerabilidad a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, como el aportado por el modelo PATRICAL de exceso de nitrógeno, no son sensibles a la carga ganadera.

Nota: Las zonas con una elevada carga ganadera son aquellas en las cuales se aporta una gran cantidad de nitrógeno en un área muy limitada. En ciertas zonas de la cuenca del Ebro es muy numeroso el número de cabezas de ganado, en especial de ganado porcino, y la fertilización orgánica responde más, a una forma de eliminar el excedente, que a cubrir las necesidades de los cultivos.

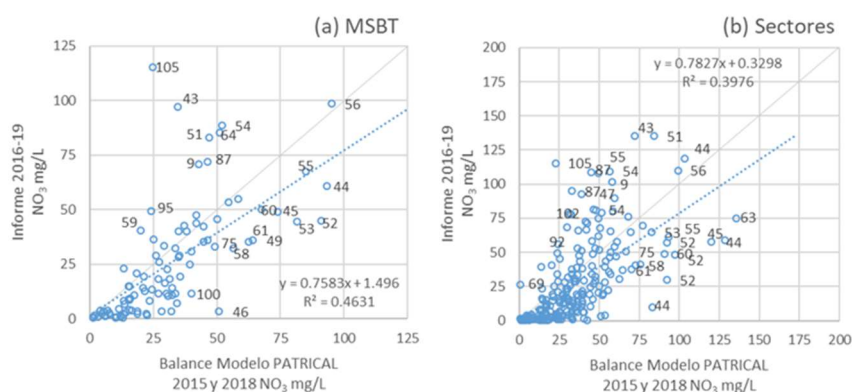


Figura 20. Análisis por regresión lineal de la concentración media de nitrato obtenido de los puntos de agua subterránea (Informe 2016-2019) y la concentración de nitrato media de los años 2015 y 2018 simulada por el Modelo PATRICAL para cada MSBT (a) y sector de estudio (b). Se han eliminado las MSBT cuya única presión difusa significativa corresponde a la carga ganadera: 041 Litera Alta, 042 Sierras Marginales Catalanas, 040 Sinclinal de Graus, 096 Puertos de Beceite y 099 Puertos de Tortosa. La etiqueta corresponde al código de la MSBT.

El MVN y el modelo PATRICAL, toman como referencia para el cálculo de exceso de nitrógeno los informes anuales del Balance de Nitrógeno en la Agricultura de España (MAPA, 2016) y en estos se aportan el exceso de nitrógeno por grandes grupos de cultivo, teniendo en cuenta el censo ganadero. Sin embargo, dentro del MVN, los valores que se aplican para el mapa de usos del suelo son valores acotados (1-10) en función sólo del tipo de cultivo. No se tiene en cuenta que, en algunas zonas concretas con elevada carga ganadera, el cereal de secano, los pastizales u otros cultivos de menor demanda de nitrógeno reciben un mayor aporte del requerido, lo que genera un mayor exceso de nitrógeno y que por tanto debería corresponder

con un nivel de riesgo más elevado. Se desconoce si para el caso del modelo PATRICAL se introduce información de forma más disgregada (Pérez Martín 2019).

Un trabajo más detallado en el que se aplique valores normalizados de carga ganadera por municipio a los cálculos del riesgo debidos a los usos del suelo del MVN, permitiría elevar el nivel de riesgo de las zonas con bajos excedentes de nitrógeno hasta alcanzar niveles acordes con los resultados de las redes de control, así como también permitiría dar una mayor representación al nivel de riesgo 10, cuyos resultados no corresponden con el nivel de riesgo que representa.

Por otro lado, el MVN se ajusta a los datos de salida del balance de nitrógeno por grupo de cultivo (MAPA 2016) y usos del suelo del SIOSE, de modo que se trata igual a cultivos que poseen diferencias importantes en cuanto al exceso de nitrógeno como es el caso de la cebada y el trigo frente al maíz, todos ellos englobados dentro del grupo de cereales. El MVN aplica a este grupo un nivel de riesgo 7 para el caso del cereal de secano y 8 para el de regadíos (nivel de riesgo alto), con un promedio de exceso de nitrógeno de 25 ± 14 kgN/ha (Arauzo et al 2019). Los cereales corresponden con el grupo de cultivo más extenso de la cuenca Ebro y es por ello, que el nivel de riesgo 7 es el de mayor representatividad dentro de los niveles de riesgo elevados de la cuenca (Figura 19(c)).

Otra cuestión a tener en cuenta es el tratamiento que se le da a la vulnerabilidad intrínseca dentro del MVN. Después de calcular valores con un rango entre 1 y 10, el valor que se introduce al MVN se le asigna valores de 0 y 1, donde 1 corresponde a las zonas de vulnerabilidad intrínseca baja (1 -4) que pasan a tener dentro del MVN un nivel de riesgo 1 y el 0, corresponde a zonas de vulnerabilidad intrínseca alta (5-10) donde el valor de riesgo queda marcado por el que define el mapa de usos del suelo. Esta simplificación elimina la alta variabilidad de respuesta de un acuífero frente a la contaminación.

Nota: Una misma carga contaminante no se comporta igual en un acuífero formado por arenas y arcillas terciarias y un nivel piezométrico a más de 50 m de profundidad que un aluvial con un nivel piezométrico cercano a la superficie, siendo que ambos dentro del MVN están tratados con la misma vulnerabilidad intrínseca. Esta diferencia entre otras muchas cuestiones vendría a justificar por qué acuíferos con un nivel de riesgo alto no muestran en las redes resultados de afección y zonas con niveles de riesgo más moderado sí que están afectados. Otras cuestiones podrían corresponder con la aplicación de buenas prácticas agrarias, los riegos presurizados que permiten aplicar menos nitrógeno al suelo, la capacidad de atenuación natural del nitrato en función de la tipología de suelos y zonas, etc., variables que no se están teniendo en cuenta.

Finalmente cabe indicar que el empleo de escalas más detalladas del MVN frente al del modelo PATRICAL permite una mayor representación de las presiones debidas al exceso de nitrógeno de los cultivos, define un mayor rango de variación y muestra respuestas más sensibilidad a los cambios.

7. REVISIONES Y PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN.

A partir de los resultados obtenidos en los apartados anteriores se han definidos las MSBT y sectores en los que hay discrepancias entre los niveles de riesgo del MVN y los resultados del Informe Cuatrienal 2016-19, el riesgo de las MSBT definido por el PHE 2021-27 y las salidas del modelo PATRICAL. Estos resultados establecen que MSBT y zonas hay que revisar, así como el tipo de revisión que se debe llevar a cabo: (1) revisión de las redes de control (incorporación o eliminación de puntos de control de contaminación difusa en las aguas subterráneas), (2) revisión de los límites de las envolventes de aguas subterráneas afectadas y (3) revisión de los municipios y sectores incluidos en *Zonas Vulnerables*. Este trabajo queda resumido en la Tabla 12 donde se muestra una relación de todas las MSBT de la cuenca del Ebro y su grado de conformidad con los resultados de MVN.

Las MSBT que muestran mayores discrepancias, es decir, en la mayor parte de los datos contrastados no hay un buen ajuste con el MVN corresponden a (Tabla 12): (8) Sinclinal de Treviño, (9) Aluvial de Miranda de Ebro, (40) Sinclinal de Graus, (42) Sierras Marginales Catalanas, (45) Aluvial del Oja, (47) Aluvial del Najerilla-Ebro (57) Saso de Bolea-Ayerbe, (64) Calizas de Tárrega (71) Araviana-Vozmediano, (81) Aluvial Jalón-Jiloca, (86) Páramos del Alto Jalón, (87) Gallocanta, (88) Monreal-Calamocha (95) Alto Maestrazgo (96) Puertos de Beceite (98) Priorato, (100) Boix-Cardó, (102) Plana de La Galera, (104) Sierra de Montsiá y (105) Delta del Ebro. Se trata por lo general de MSBT complejas que poseen diferentes acuíferos, algunos superpuestos y en su mayor parte con importante carga ganadera.

En base a estos resultados se ha realizado una revisión pormenorizada de cada una de las MSBT que han mostrado discrepancias (69 MSBT), así como también en todas aquellas que se encuentran en riesgo por contaminación difusa (61 MSBT) o presentan una superficie de niveles de riesgo alto (NR 6-10) por encima del 20% (51 MSBT).

En esta revisión se ha analizado cada una de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (Informe cuatrienal 2016-19), adaptando los límites a las formaciones acuíferas y niveles de riesgo elevados e incorporando nuevas envolventes en zonas con puntos que muestran afección.

De forma más detallada, dado que los términos municipales son los que marcan los límites de las *Zonas Vulnerables* de algunas CCAA, la revisión y propuesta de ampliación de estas Zonas se ha realizado a nivel municipal. La propuesta de ampliación de las *Zonas Vulnerables* se plantea teniendo en cuenta la superficie de ocupación de niveles de riesgo elevados dentro de cada municipio, si poseen zonas o puntos de aguas subterránea afectados, o si se encuentran en la cuenca de aportación de MSPF afectadas.

COD	MSBT	Tipología	Sup (km ²)	Mal estado químico		Presión difusa	% Sup. Zona Afectada por NO ₃	% Sup. Zona Vulnerable	NR-7 (MVN) - Estado de afectación por aguas sub. (1)	% Sup. NR>8 (MVN) - % Sup. Afectada (2)	Distribución NR>8 en Zonas Afectadas (3)	% Sup. NR>6 (MVN) - % Sup. Zona Vulnerable (4)	Distribución de NR>6 en Zonas Vulnerables (5)	% Sup. NR>7 (MVN) - MSBT en riesgo (presión difusa) (6)	EXN PATRICAL-NR MVN (7)
1	FONTIBRE	Carbonatada	150	NO	SI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
2	PÁRAMO DE SEDANO Y LORA	Carbonatada	741	NO	SI	1.5	-	-	0	0	0	0	0	0	0
3	SINCLINAL DE VILLARCAYO	Mixta	879	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	+	+
4	MANZANEDO-OÑA	Carbonatada	232	NO	SI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
5	MONTES OBARENES	Carbonatada	270	NO	NO	-	-	9.7%	-	0	0	0	0	0	0
6	PANCORBO-CONCHAS DE HARO	Carbonatada	73	NO	SI	-	-	39.5%	0	0	0	0	0	0	0
7	VALDEREJO-SOBRÓN	Carbonatada	251	NO	NO	-	-	0.0%	0	0	0	0	0	0	0
8	SINCLINAL DE TREVIÑO	Mixta	579	NO	SI	2.2	0.9%	4.8%	+	+	+	+	-	0	0
9	ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	Aluvial	47	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	87.3%	91.6%	+	+	+	+	-	0	0
10	CALIZAS DE LOSA	Carbonatada	286	NO	SI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
11	CALIZAS DE SUBIJANA	Carbonatada	195	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
12	ALUVIAL DE VITORIA	Aluvial	108	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	48.3%	60.7%	+	+	+	+	+	0	+
13	CUARTANGO-SALVATIERRA	Carbonatada	594	NO	SI	2.2, 2.10	ND	14.5%	-	-	0	0	0	0	+
14	GORBEA	Carbonatada	34	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
15	ALTUBE-URKILLA	Carbonatada	270	NO	SI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
16	SIERRA DE AIZKORRI	Carbonatada	60	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
17	SIERRA DE URBASA	Carbonatada	358	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
18	SIERRA DE ANDÍA	Carbonatada	300	NO	NO	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
19	SIERRA DE ARALAR	Carbonatada	140	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
20	BASABURÚA-ULZAMA	Carbonatada	284	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
21	IZKI-ZUDAIRE	Mixta	158	NO	NO	-	-	-	-	0	0	0	0	+	0
22	SIERRA DE CANTABRIA	Carbonatada	252	NO	SI	2.2	0.4%	0.7%	0	0	0	0	0	0	0
23	SIERRA DE LÓQUIZ	Carbonatada	448	NO	SI	1.5, 2.2, 2.10	ND	-	0	-	0	0	0	0	0
24	BUREBA	Carbonatada	78	NO	NO	-	-	5.0%	0	0	0	0	0	0	0
25	ALTO ARGALTO IRATI	Mixta	1579	NO	SI	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
26	LARRA	Carbonatada	62	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
27	EZCAURRE-PEÑA TELERA	Carbonatada	376	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
28	ALTO GÁLLEGO	Silíceo	295	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
29	SIERRA DE ALAIZ	Carbonatada	279	NO	SI	-	-	28.2%	-	0	0	0	0	+	0
30	SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	Detrítica	4066	NO	SI	1.5, 2.2	ND	0.5%	0	-	0	0	+	0	0
31	SIERRA DE LEYRE	Carbonatada	490	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
32	SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	Carbonatada	571	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
33	SANTO DOMINGO-GUARA	Carbonatada	838	NO	NO	-	-	25.7%	0	0	0	0	0	0	0
34	MACIZO AXIAL PIRENAICO	Silíceo	4091	NO	NO	-	-	0.6%	0	0	0	0	0	0	0
35	ALTO URGELL	Aluvial	101	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	+	0
36	LA CERDANYA	Mixta	257	NO	SI	2.2, 2.10	ND	26.1%	0	-	0	0	-	0	0
37	COTIELLA-TURBÓN	Carbonatada	828	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
38	TREMP-ISONA	Carbonatada	1598	NO	SI	2.2	0.8%	9.4%	-	0	+	0	+	0	0
39	CADÍ-PORT DEL COMTE	Carbonatada	390	NO	NO	-	-	1.3%	0	0	0	0	0	0	0
40	SINCLINAL DE GRAUS	Detrítica	1055	NO	SI	1.5, 2.10	1.8%	26.2%	+	0	+	0	+	0	0
41	LITERA ALTA	Carbonatada	905	NO	SI	2.10	3.0%	43.5%	+	0	-	0	+	0	0
42	SIERRAS MARGINALES CATALANAS	Carbonatada	762	SI	SI	2.10	7.9%	54.6%	+	0	+	+	+	0	0
43	ALUVIAL DEL OCA	Aluvial	92	NO	SI	1.5, 2.2	8.6%	77.1%	-	0	+	0	0	0	+
44	ALUVIAL DEL TIRÓN	Aluvial	30	SI	SI	1.5, 2.2	31.2%	57.7%	+	0	+	0	0	0	0
45	ALUVIAL DEL OJA	Aluvial	213	SI	SI	2.2	46.1%	43.7%	+	+	+	0	0	0	0
46	LAGUARDIA	Aluvial	473	NO	SI	2.2	ND	-	+	-	0	0	0	0	0
47	ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	Aluvial	117	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	56.2%	16.5%	+	+	+	0	+	0	0
48	ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA	Aluvial	188	NO	SI	1.5, 2.2, 2.10	10.5%	2.6%	+	0	+	0	-	0	0
49	ALUVIAL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	Aluvial	643	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	42.1%	38.4%	+	0	0	0	0	0	0
50	ALUVIAL DEL ARGAL MEDIO	Aluvial	30	NO	NO	-	-	-	-	-	0	-	0	+	0
51	ALUVIAL DEL CIDACOS	Aluvial	61	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	28.1%	92.7%	+	0	0	0	0	0	0
52	ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN	Aluvial	642	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	57.8%	89.8%	+	0	0	0	0	0	0
53	ÁRBAS	Aluvial	390	SI	SI	2.2, 2.10	31.7%	84.8%	+	+	0	0	0	0	0
54	SASO DE BOLEA-AYERBE	Aluvial	292	SI	SI	2.2, 2.10	21.0%	87.0%	+	0	+	0	0	0	+
55	HOYA DE HUESCA	Aluvial	211	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	11.7%	71.8%	+	0	+	0	0	0	0
56	SASOS DE ALCANADRE	Aluvial	488	SI	SI	2.2, 2.10	34.3%	67.6%	+	0	+	0	0	0	0
57	ALUVIAL DEL GÁLLEGO	Aluvial	271	SI	SI	2.2, 2.10	10.3%	97.4%	+	+	0	0	0	0	0
58	ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA	Aluvial	632	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	38.0%	76.3%	-	0	-	0	0	0	0
59	LAGUNAS DE LOS MONEGROS	Carbonatada	104	NO	SI	2.2	ND	99.5%	0	-	0	0	0	0	0
60	ALUVIAL DEL CINCA	Aluvial	271	NO	SI	1.5, 2.2, 2.10	28.3%	83.6%	+	+	0	0	0	0	0
61	ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	Aluvial	182	NO	SI	2.2, 2.10	17.8%	99.4%	+	+	0	0	0	0	0
62	ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	Aluvial	18	NO	NO	-	-	48.0%	-	-	0	0	0	+	0
63	ALUVIAL DE URGELL	Aluvial	276	SI	SI	2.2, 2.10	78.1%	100%	+	0	0	0	0	0	0
64	CALIZAS DE TÁRREGA	Carbonatada	793	SI	SI	1.5, 2.2, 2.10	100%	96.4%	+	+	+	0	-	0	0
65	PRADOLUENGO-ANGUANO	Carbonatada	249	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
66	BITERO-ARNEDILLO	Carbonatada	97	NO	NO	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0

COD	MSBT	Tipología	Sup (km ²)	Mal estado químico	En riesgo químico	Presión difusa	% Sup. Afectada por NO3	% Sup. Zona Vulnerable	NR>7 (MVN) - Estado de afección pto. aguas sub. (1)	% Sup. NR>8 (MVN) - % Sup. Afectada (2)	Distribución NR>8 en Zonas Afectadas (3)	% Sup. NR>6 (MVN) - % Sup. Zona Vulnerable (4)	Distribución de NR>6 en Zonas Vulnerables (5)	% Sup. NR>7 (MVN) - MSBT en riesgo (presión difusa) (6)	EXN PATRICAL-NR MVN (7)
67	DETRÍTICA DE ARNEDO	Detrítica	124	NO	SI	2,2	ND	-	+	-	o	o	o	o	+
68	MANSILLA-NEILA	Carbonatada	198	NO	NO	-	-	-	o	o	o	o	o	o	o
69	CAMEROS	Detrítica	1811	NO	SI	1,5, 2,2	ND	-	o	-	o	o	o	o	o
70	AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	Carbonatada	414	SI	SI	2,2, 2,10	13.1%	53.2%	+	o	+	o	-	o	o
71	ARAVIANA-VOZMEDIANO	Carbonatada	112	SI	SI	1,5, 2,2, 2,10	16.1%	97.8%	+	o	+	+	-	o	o
72	SOMONTANO DEL MONCAYO	Detrítica	1311	SI	SI	1,5, 2,2	6.0%	25.8%	+	o	-	o	-	o	o
73	BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	Carbonatada	165	NO	NO	-	-	0.0%	o	o	o	o	o	+	o
74	SIERRAS PZCAS. VIRGEN Y VICORT	Paleozoico	1199	NO	NO	-	-	12.1%	o	o	o	o	o	o	o
75	CAMPO DE CARIÑENA	Detrítica/Carbonatada	801	NO	SI	1,5, 2,2	3.8%	32.9%	o	o	o	o	-	o	o
76	PLIQUATERNARIO DE ALFAMAMÉN	Detrítica	276	SI	SI	2,2, 2,10	17.8%	81.1%	+	o	o	o	o	o	o
78	MANUBLES-RIBOTA	Carbonatada	451	SI	SI	2,2	ND	-	+	-	o	o	o	o	o
79	CAMPO DE BELCHITE	Detrítica/Carbonatada	1038	SI	SI	1,5, 2,2, 2,10	ND	20.5%	+	-	o	o	-	o	o
80	CUBETA DE AZUARA	Detrítica/Carbonatada	381	SI	SI	2,2	1.9%	50.6%	+	o	+	o	-	o	o
81	ALUVIAL JALÓN-JILOCA	Aluvial	82	NO	SI	-	-	8.9%	o	-	o	+	o	+	+
82	HUERVA-PEREJILES	Detrítica	762	SI	SI	2,2, 2,10	2.0%	23.0%	+	o	+	o	o	o	o
83	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	Paleozoico	749	NO	NO	-	-	4.6%	-	o	o	o	o	+	o
84	ORICHE-ANADÓN	Carbonatada	162	NO	NO	-	-	-	-	o	o	o	o	o	o
85	SIERRA DE MIÑANA	Carbonatada	194	NO	SI	2,2	ND	3.0%	o	-	o	o	-	o	o
86	PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	Carbonatada	2285	SI	SI	2,2	1.0%	5.2%	+	o	+	o	-	o	+
87	GALLOCANTA	Detrítica	223	SI	SI	2,2	36.3%	77.7%	+	+	+	o	o	o	+
88	MONREAL-CÁLAMOCHA	Carbonatada	745	NO	SI	2,2, 2,10	ND	19.2%	+	-	o	o	-	o	+
89	CELLA-OJOS DE MONREAL	Carbonatada	859	NO	SI	2,2	2.1%	44.0%	+	o	-	o	o	o	+
90	POZONDÓN	Carbonatada	148	NO	NO	-	-	19.7%	o	o	o	o	o	o	o
91	CUBETA DE OLIETE	Carbonatada	1215	SI	SI	2,2	5.7%	26.4%	+	o	+	o	-	o	o
92	ALIAGA-CALANDA	Carbonatada	1858	SI	SI	2,2, 2,10	ND	22.6%	+	-	o	o	+	o	o
93	ALTO GUADALOPE	Carbonatada	116	NO	NO	-	-	-	o	o	o	o	o	o	o
94	PITARQUE	Carbonatada	526	NO	NO	-	-	8.8%	o	o	o	o	o	o	o
95	ALTO MAESTRAZGO	Carbonatada	859	SI	SI	2,2, 2,10	7.2%	31.2%	+	o	+	o	+	o	o
96	PUERTOS DE BECEITE	Carbonatada	644	SI	SI	2,10	5.0%	48.8%	+	o	+	+	+	o	o
97	FOSA DE MORA	Detrítica	580	NO	SI	2,2	5.0%	23.0%	+	o	-	o	-	o	o
98	PRIORATO	Paleozoico	299	SI	SI	2,2	2.7%	11.6%	+	o	+	o	+	o	o
99	PUERTOS DE TORTOSA	Carbonatada	203	NO	SI	2,10	-	25.9%	o	o	o	o	+	o	o
100	BOIX-CARDÓ	Carbonatada	276	NO	SI	2,2, 2,10	ND	75.8%	+	-	o	+	+	o	o
101	ALUVIAL DE TORTOSA	Aluvial	67	NO	SI	2,2, 2,10	ND	99.9%	-	-	o	o	-	o	o
102	PLANA DE LA GALERA	Detrítica	358	SI	SI	2,2, 2,10	32.3%	78.8%	+	o	+	+	-	o	o
104	SIERRA DEL MONTSIÁ	Carbonatada	94	SI	SI	2,2, 2,10	67.3%	100%	+	+	+	+	-	o	o
105	DELTA DEL EBRO	Detrítica	343	NO	SI	2,2	4.3%	5.2%	+	+	o	+	o	o	o

Tabla 10. Grado de ajuste entre los NR definidos por el MVN y los resultados de afección de los puntos de agua subterránea (1), envolventes de aguas subterráneas afectadas (2 y 3), Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos (4 y 5), riesgo de la MSBT a la contaminación por nitratos (6) y exceso de nitrógeno definido por el modelo PATRICAL (7) para cada una de las MSBT que configuran la cuenca del Ebro.

(1) Relación entre el nivel de riesgo del MVN y los resultados de afección definidos en los puntos de agua subterránea:

- o El resultado de los PAS se ajusta al nivel de riesgo. MSBT que no requiere revisión.
- Nivel de riesgo alto sin puntos afectados. Zonas de vulnerabilidad intrínseca alta y exceso de nitrógeno alto sin afección en los puntos de aguas subterráneas. Es necesario definir las características del punto de control y del acuífero. Posibles características intrínsecas no contempladas (mecanismos naturales de atenuación de la contaminación), relativas a los usos del suelo (aplicación de buenas prácticas agrarias, modernización del riego (fertirrigación), abandono de cultivos, etc.) o captación de acuíferos no afectados en profundidad.
- + Nivel de riesgo bajo con puntos afectados. Zonas de vulnerabilidad intrínseca baja y suelos con valores bajos de exceso de nitrógeno, pero con puntos de control que muestran afección. Necesario identificar el origen de la contaminación difusa. Posibilidad de variables no contempladas en el MVN como la carga ganadera o que la contaminación proceda de otras zonas.

(2) Relación entre el % de ocupación de la superficie con NR> 8 dentro de la MSBT y el % de ocupación de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (ZA):

- o Sin ZA o buen ajuste entre % de ocupación. MSBT que no requieren revisión.

- MSBT en la que la zona afectada no se puede estimar debido a que la afección se localiza en el entorno de los puntos de control (Informe Cuatrienal 2016-19) y zonas con un %NR>8 elevado (>40%) sin que se definan zonas afectadas. Revisar las zonas de riesgo elevado (NR>8) en el entorno de los puntos de control afectados. Posible incorporación de nuevas ZA en la MSBT. Incorporación de nuevos puntos de control.

+ MSBT con porcentajes de ocupación de NR>8 no ajustado % de ocupación de las ZA (análisis por regresión lineal). Para porcentajes elevados de NR>8 frente a ZA revisar distribución de las redes de control y resultados de las que hay, posible ampliación de las ZA e incorporación de nuevos puntos de control; para porcentajes pequeños de NR>8 e importantes envolventes, redibujar tamaño de las envolventes adaptadas a las redes, acuíferos y NR elevados.

(3) % de ocupación de la superficie con NR> 8 dentro de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (ZA):

o Sin ZA o buena distribución de NR dentro de las ZA. MSBT que no requieren revisión.

- ZA con una superficie NR >8 de entre 40% y 60%. Redibujar límites de las envolventes adaptadas a las redes, acuíferos y NR.

+ ZA con una superficie NR >8 de <40%. Redibujar límites de las envolventes adaptadas a las redes, acuíferos y NR. Revisar si la zona afectada por nitratos, su origen, responde a variables no contempladas en el MVN. Delimitación de la zona afectada a partir de niveles de riesgo más bajos.

(4) Relación entre el % de ocupación de la superficie con NR>6 dentro de la MSBT y el % de ocupación de las Zonas Vulnerables (ZV):

o Sin ZV o buen ajuste entre % de ocupación. MSBT que no requieren revisión.

- Zonas con un %NR>6 elevado (>40%) sin que se definan zonas vulnerables. Comprobar resultados de las redes de control y definir nuevos puntos si fuera necesario. Posible incorporación de ZV en la MSBT.

+ MSBT con % de ocupación de NR>6 no ajustado al % de ocupación de las ZV (análisis por regresión lineal). Para % de ocupación de NR>6 alto, frente a pequeña superficie de ZV, revisar resultados de redes de control, incluir nuevos puntos si fuera necesario y posible ampliación de ZV; Para zonas con porcentajes de ocupación de NR>6 bajos frente a superficies de ZV altas (solo MSBT en riesgo por contaminación difusa), revisar si existen variables no contempladas por el MVN o podría ser factible sacar términos municipales de las ZV.

(5) % de ocupación de la superficie con NR>6 dentro de las Zonas Vulnerables:

o Sin ZV o buena distribución de NR dentro de las ZV. MSBT que no requieren revisión.

- ZV con una superficie NR>6 de entre 40% y 60%. Redefinir los límites de las ZV adaptadas a los resultados de las redes si las hubiera, acuíferos y NR.

+ ZV con una superficie NR>6 de <40%. Valorar los límites de las ZV. Revisar si el origen de la contaminación responde a variables no contempladas en el MVN.

(6) Relación entre el riesgo de las MSBT a la contaminación difusa (PHE 2021-2027) y el porcentaje con NR>7:

o Sin ZV o buena distribución de NR dentro de las ZV. MSBT que no requieren revisión.

+ NR>7 con una superficie de ocupación de más del 20% y no están en riesgo. Revisar redes de control. Acuíferos/zonas con niveles de riesgo >7 deben de incluir algún punto de control.

(7) Relación entre los NR y los valores de exceso de nitrógeno (ExN) aplicado en el modelo PATRICAL:

+ MSBT que muestran NR elevado y valores de ExN por debajo de 20 kg/ha y año.

También se ha evaluado la representatividad de los puntos de aguas subterránea, proponiendo la incorporación de nuevos puntos en todas aquellas formaciones acuíferas que presentan niveles de riesgo elevado y no poseen puntos de control, así como también en zonas que permitan determinar el alcance de la contaminación en superficie, y en algunos casos en profundidad y la posible afección a otras formaciones

acuíferas cercanas. También se han identificado los puntos de agua que pueden ser prescindibles al estar cercanos a otros puntos de control de igual naturaleza y resultado en el contenido en nitratos.

Los resultados todas estas revisiones con los cambios propuestos para cada MSBT se recogen en la Tabla 15.

7.1. Revisión de las envolventes de aguas subterráneas afectadas y propuesta de modificación

Para la revisión de las envolventes de aguas subterráneas afectadas se ha empleado como base cartográfica el mapa geológico 1:50.000 del IGME (IGME 2004) junto con el servido por el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (Gencat 2016) y el MVN. A partir de esta cartografía se han redefinido los límites de las envolventes a modo de incorporar todas aquellas formaciones en las que los puntos de control mostraron afección en el periodo 2016-2019, y que presentan NR elevados.

Esta propuesta de modificación se presenta en formato cartográfico en el cual se indican cuales son las envolventes modificadas, las que se mantienen sin cambios, las que se definen a partir de un punto de control afectado, los criterios establecidos para las modificaciones de los mismos, así como las formaciones geológicas permeables (FGP) afectadas, los niveles de riesgo que delimitan estas zonas y la carga ganadera.

Para determinar la carga ganadera dentro de las envolventes de aguas subterráneas se han establecido tres valores (alta, media y baja) obtenidos a partir de la realización de un buffer de 3 km en el entorno a estas zonas afectadas, en el que se ha incluido el número de cabezas de ganado y la tipología de ganado de las granjas que alberga en su interior (PHE 2021-27), junto con el valor de excreción de nitrógeno por cabeza y tipo de ganado (MAPA, 2016). Estos datos han permitido calcular la cantidad de nitrógeno (kgN/ha y año) asociada a la ganadería que se genera en el entorno más próximo a la envolvente de aguas subterráneas afectada. La clasificación como carga ganadera alta, media y baja se ha establecido a partir de los percentiles obtenidos en los diferentes buffers de ZA. Esta clasificación por percentiles obtenidos solo en zonas que muestran afección, puede incurrir en aplicar valores más moderados de carga ganadera que los que se mostrarían si se aplicaran sobre percentiles obtenidos en toda la cuenca del Ebro.

Actualmente las envolventes de aguas subterráneas afectadas por contaminación difusa (ZA) presentan dentro de la cuenca del Ebro una superficie de 3.614 km² (Tabla 3). Los niveles de riesgo 8-10 del MVN son los que han presentado un mejor ajuste con estas zonas. Dentro de la cuenca del Ebro estos niveles de riesgo poseen una superficie de 4.263 km².

De las 58 envolventes de aguas subterráneas afectadas se han modificado un total de 38, en las cuales se han cambiado los límites para englobar niveles de riesgo elevado y formaciones acuíferas con puntos que mostraron afección por nitrato en los años 2016-2019. A su vez, se han incorporado otras 28 envolventes más (108 km²), definidas a partir de puntos aislados que mostraron contaminación en ese mismo periodo de tiempo.

Del total de puntos de agua subterránea que han mostrado contenidos elevados de nitratos (442 puntos afectados y 96 puntos en riesgo), 35 no se han podido asociar a ninguna envolvente de aguas subterráneas

afectadas, de los cuales, 9 están clasificados como afectados y 26 en riesgo. Corresponden con puntos localizados sobre zonas con NR bajos, de los cuales se desconoce las características constructivas y formación acuífera a la que pertenecen. Son puntos en los que no se han identificado criterios para delimitar el área de afección.

Se mantiene sin cambios una superficie de 2.020 km² correspondiente con 20 envolventes de aguas subterráneas afectadas, que por lo general corresponden con las envolventes más amplias de la cuenca y/o abarcan buena parte de la MSBT como es el caso de (64) Calizas de Tárrega, (52) Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón, (58) Aluvial del Ebro: Zaragoza o (49) Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela.

A partir de la revisión de estas zonas, la nueva superficie de envolventes de aguas subterráneas afectadas es algo mayor, 3.878 km² (Figura 21). Las formaciones del cuaternario (aluviales, glaciares, coluviales, piedemontes, etc.) son las que poseen la mayor superficie de *Zona Afectada*, con el 67% (2.610 km²) del total, seguidas de las formaciones de calizas terciarias con el 21% (820 km²), donde la envolvente de las Calizas de Tárrega (795 km²) incrementa considerablemente la superficie en este grupo. En menor medida se localizan las formaciones carbonatadas del Mesozoico, cuyas envolventes también incluyen otras formaciones del terciario y cuaternario y que muestran en su conjunto, una superficie afectada de 329 km² (8%).

En cuanto a los niveles de riesgo que se incluyen dentro de esta nueva delimitación, los NR>6 ocupan una superficie del 68% y para el caso de NR>8, del 37%. Por número de envolventes, el grupo más numeroso es el que presentan un elevado porcentaje de ocupación de NR>8 (28 ZA) y si ampliamos a NR altos y elevados (NR>6), el número aumenta hasta 56 ZA.

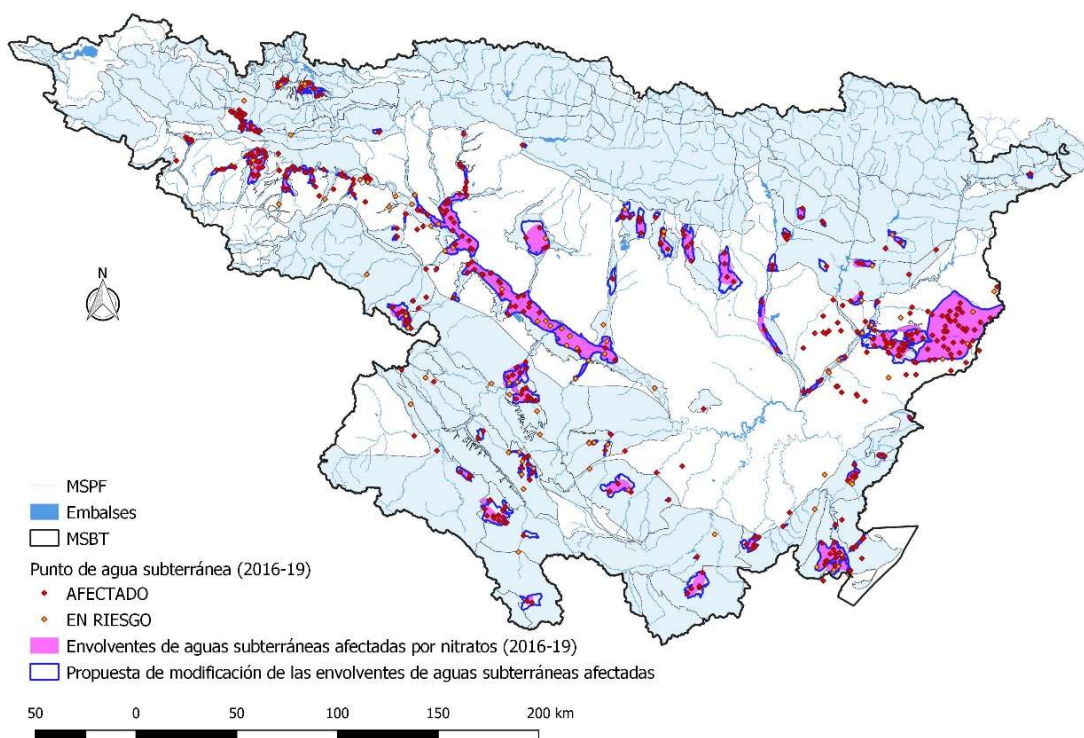


Figura 21. Mapa de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (Informe Cuatrienal 2016-19) y propuesta de modificación

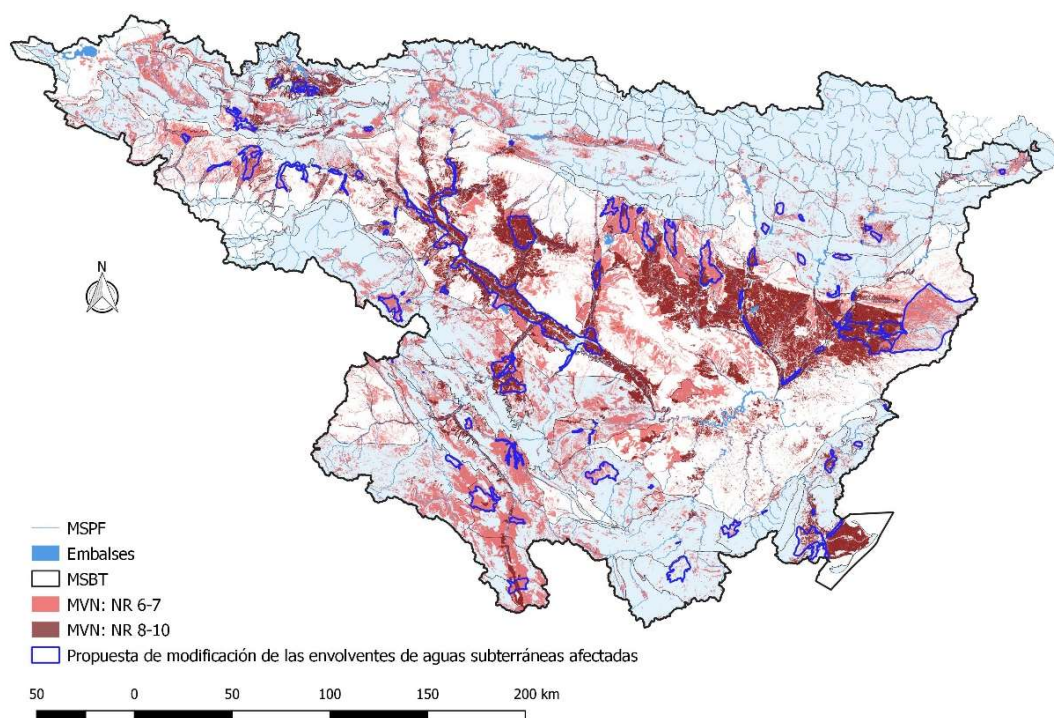


Figura 22. Mapa de la propuesta de modificación de las envolventes de aguas subterráneas. Se muestran diferentes rangos de niveles de riesgo entre moderado y extremo del MVN.

Sin embargo, todavía existen un total de 20 ZA (302 km²), donde la mayor parte de la superficie engloba niveles de riesgo bajos o muy bajos (NR<5) y donde no siempre se identifica una elevada carga ganadera (Figura 22). Es el caso de las envolventes del (8) Sinclinal de Treviño, (86) Páramos del Alto Jalón y (78) Manubles-Ribota. Son MSBT en las que no se identifica como presión significativa la carga ganadera (2.10), ni se ha obtenido un valor de excreción de N elevado en el entorno próximo a la envolvente. Para el caso de la MSBT de los Páramos del Alto Jalón y Manubles-Ribota, la envolvente se identifica con formaciones carbonatadas mesozoicas donde la contaminación puede proceder de otros sectores dentro de la propia MSBT o de MSBT colindantes. Para el caso del Sinclinal de Treviño, la mayor parte de la superficie de la envolvente lo configuran materiales de baja permeabilidad, de modo que el NR a la contaminación por nitratos se ajusta a NR de 1.

Nota: Los nuevos límites establecidos abarcan las formaciones geológicas que presentan puntos de control con afección por nitratos y cuya superficie presenta niveles de riesgo elevado. Sin embargo, para formaciones acuíferas muy extensas, con NR bajos o muy homogéneos, si no existen puntos cercanos que no muestren afección por nitratos, resulta difícil de establecer el límite y extensión de la zona afectada, así como tampoco se puede establecer si esta contaminación puede haber afectado a otras formaciones acuíferas cercanas.

Por ello se plantea la incorporación de un total de 94 puntos nuevos que permitan delimitar esta contaminación en superficie, en algunos casos también en profundidad y otros, en formaciones acuíferas cercanas y con niveles de riesgo elevados. Su localización y descripción se encuentra en el apartado correspondiente al de la revisión de puntos de agua subterránea.

7.2. Revisión de las *Zonas Vulnerables* y propuesta de modificación

Se ha revisado las **Zonas Vulnerables**, tomando como unidad de referencia los términos municipales. En algunas CCAA los límites de las ZV se establecen en función de límites administrativos de modo que se incluyen dentro de ZV la totalidad del término municipal independientemente de la extensión y zonas de mayor vulnerabilidad a la contaminación por nitratos.

Para la identificación de los términos municipales que deberían incorporarse o ampliar su superficie de ZV se ha tenido en cuenta:

- El porcentaje de ocupación de los NR del MVN definidos como representativos de estas zonas (NR 6- 10).
- Localización dentro del municipio de puntos de agua subterránea afectados o en riesgo por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19).
- Inclusión dentro de su territorio de envolventes de agua subterráneas afectadas (propuesta de modificación).
- Ubicación dentro de la cuenca de aportación de masas de aguas superficiales que muestran afección por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19).

En la cuenca del Ebro, actualmente se encuentra declaradas como *Zona Vulnerable* una superficie de 21.618 km² (Figura 23). Los niveles de riesgo 6-10 del MVN son los que han presentado un mejor ajuste con estas zonas. Dentro de la cuenca del Ebro estos niveles de riesgo poseen una superficie de 21.027 km².

Administrativamente, la cuenca del Ebro se reparte entre 1.808 municipios de los cuales, 335, presentan una superficie de más del 50% de NR 6-10. La mayor parte de ellos, 208 municipios, se encuentran en su totalidad o parcialmente, incluidos en *Zona Vulnerable*. Sin embargo, todavía existen 127 municipios, que teniendo una amplia superficie de niveles de riesgo elevados, no se encuentran incluidos dentro de estas zonas protegidas. De ellos, 106 incluyen MSBT en su territorio y 21 se localizan sobre formaciones geológicas sin designación de MSBT.

De los 127 municipios fuera de *Zonas Vulnerables*, 27 incluyen envolventes de aguas subterráneas afectadas, 37 se localizan dentro de la cuenca de aportación de ríos en los que existe afección por nitratos y en 10 se incluyen ambas zonas. En 9 de estos municipios existen puntos de agua subterránea que muestran afección y en 95 no hay ningún punto de control.

En base a la proporción de ocupación de los niveles de riesgo elevados (>50% de NR>6), y teniendo como referencia las zonas en las que se ha identificado afección por nitratos, deberían incorporarse a *Zona Vulnerable* un total de 58 municipios (ampliación de 2.178 km²) (Tabla 11). Se trata de municipios con una elevada superficie de NR>6 (Figura 24), que incluyen envolventes de aguas subterráneas en su territorio, que poseen puntos de aguas subterráneas afectadas y/o que constituyen el área de aportación de ríos con afección por nitratos.

Dentro de este grupo también deberían ser incluidos todos aquellos municipios, un total de 29 (ampliación de 546 km²), que ya tienen dentro de su territorio zonas declaradas *Vulnerables* pero que abarcan tan solo una pequeña parte, sin incluir la totalidad de las zonas de elevada vulnerabilidad a la contaminación por nitrato (NR>6). En estos casos se propone la incorporación de la totalidad del término municipal.

Se plantea también la incorporación a *Zona Vulnerable* de todos aquellos municipios donde el porcentaje de NR>6 es bajo, pero presentan *Zonas de Afección* de aguas subterráneas. Se trata de municipios grandes donde las zonas de riesgo elevado y la contaminación por nitratos se localiza en formaciones acuíferas y áreas muy localizadas. En estos municipios se plantea la incorporación a *Zona Vulnerables*, no la totalidad del municipio, sino todas aquellas zonas afectadas y formaciones acuíferas con NR altos (Tabla 11). Dentro de este grupo se encuentra un total de 61 municipios (ampliación de 1.138 km²).

La designación de todos estas zonas y municipios como *Zona Vulnerable*, va a suponer un aumento de 3.862 km² la superficie de estas zonas protegidas, alcanzando para toda la cuenca del Ebro un total de 25.473 km², lo que supone el 29,8% del total de esta cuenca hidrográfica, frente al actual 25,3% (Figura 23).

Buena parte de los municipios identificados para su incorporación en ZV se localizan en la comunidad autónoma de Aragón (1.990 km²) (Figura 23). Son municipios situados en la cuenca de aportación de ríos afectados por nitratos como el río Flumen (ES091MSPF164) o el barranco de La Violada (ES091MSPF120) situados sobre formaciones en las que no se han definido MSBT. Algunos más, se localizan en zonas de afección a las aguas subterráneas en la cuenca del Jiloca o en la de Gallocanta. Otras de las CCAA en las que se propone la ampliación de las ZV corresponden a La Rioja (504 km²) y Navarra (511 km²), en varios municipios que abarcan los grandes aluviales del Ebro o principales tributarios, pero estos casos, solo se proponen la incorporación de las zonas con NR elevados correspondientes con los aluviales. Finalmente, otra importante superficie de ampliación se localiza en algunos de los municipios de Cataluña (497 km²) en los que se ha identificado una elevada carga ganadera, relacionada con varias envolventes de aguas subterráneas localizadas en las masas de aguas subterránea de las 042 Sierras Marginales Catalanas, 038 Tremp-Isona o 036 La Cerdanya.

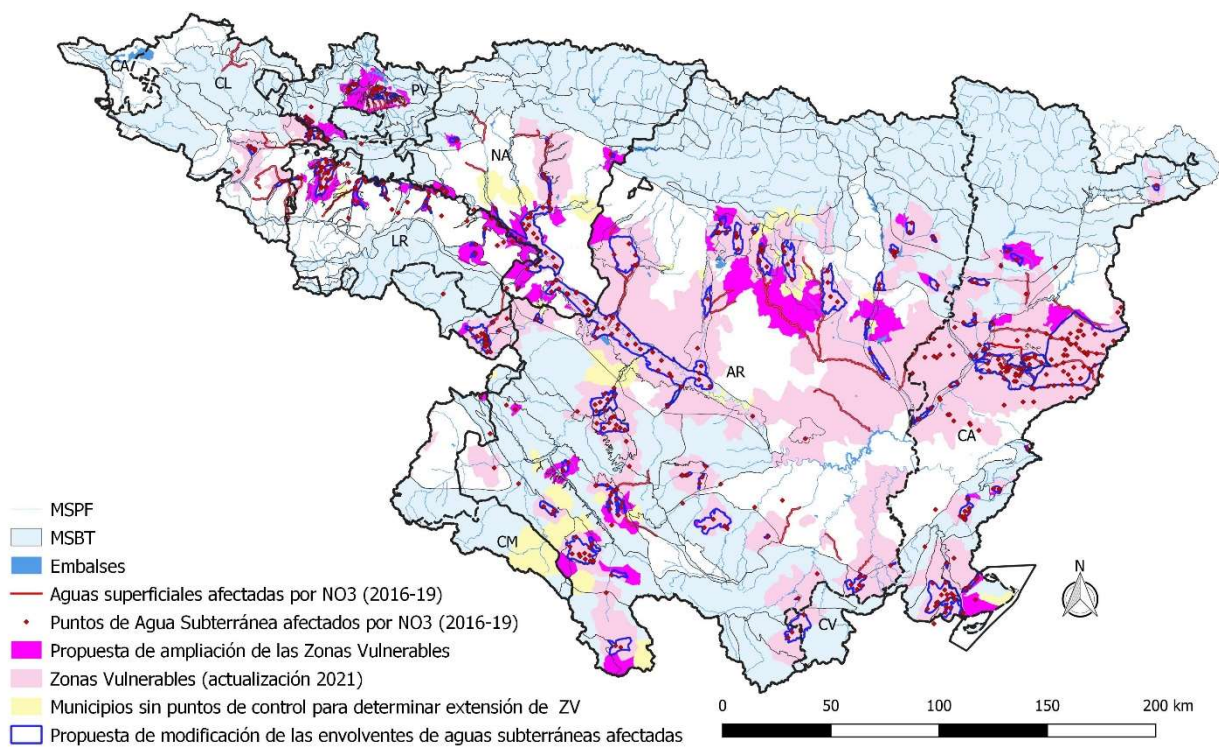


Figura 23. Mapa de la propuesta de modificación de las Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro en el que se recogen también las zonas afectadas por nitratos (2016-19).

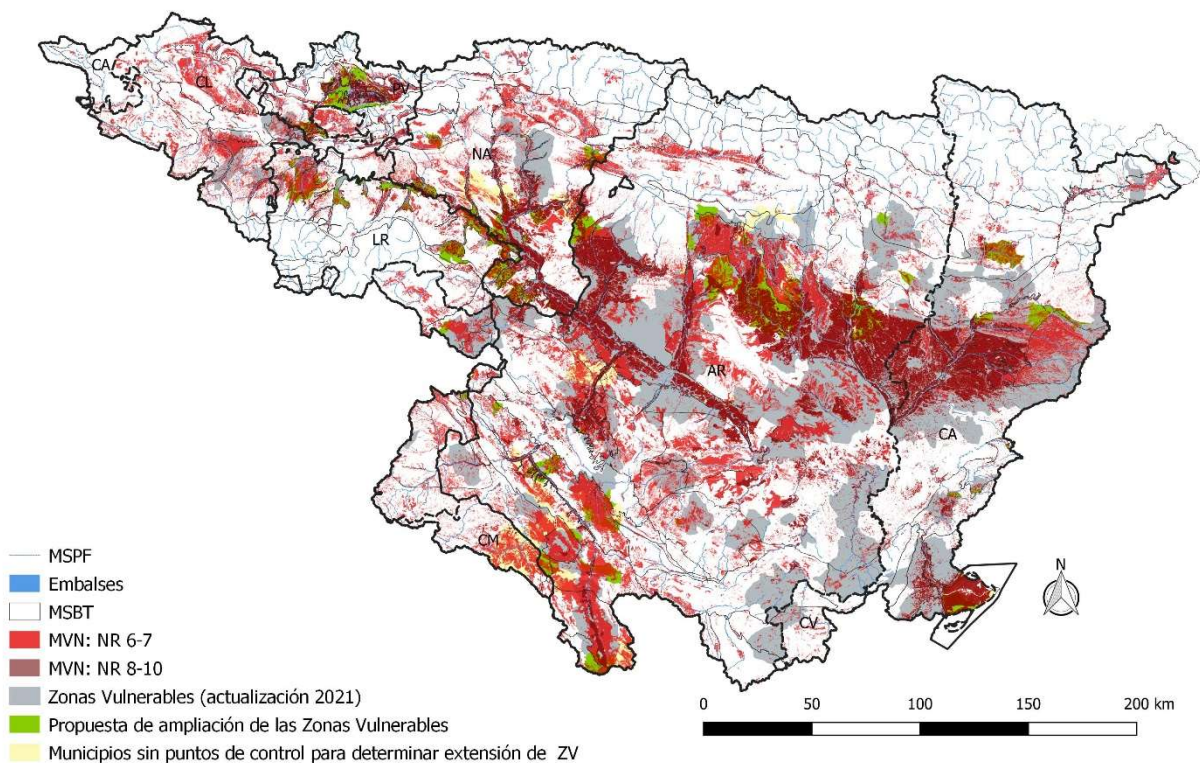


Figura 24. Mapa de la propuesta de modificación de las Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro. Se muestran diferentes rangos de niveles de riesgo moderado a extremo del MVN.

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

CCAA	MUNICIPIO	Sup. TM (km ²)	Sup. ZV actual (km ²)	Sup. ZV tras propuesta (km ²)	% Sup. NR>6	% con MSBT	% Sup. ZA	% MSPF afect.	
AR	Abiego	38.2	0.0	1.2	30%	8%	1%	1%	0
AR	Albero Alto	19.3	0.0	19.3	76%	5%	0%	4%	0
AR	Albero Bajo	22.2	0.0	22.2	82%	0%	0%	91%	0
AR	Alberuela de Tubo	20.8	0.0	20.8	66%	0%	0%	100%	0
AR	Almudévar	201.5	0.0	201.5	60%	2%	0%	97%	0
AR	Almuniente	37.6	0.0	37.6	82%	0%	0%	100%	0
AR	Antillón	22.4	0.0	22.4	69%	85%	0%	99%	0
AR	Azlor	15.9	0.0	1.1	36%	4%	3%	7%	0
AR	Barbués	19.6	0.0	19.6	84%	0%	0%	100%	0
AR	Benabarre	157.3	0.0	25.1	17%	100%	1%	0%	0
AR	Binaced	78.6	0.0	78.6	73%	8%	0%	15%	0
AR	Binéfar	25.1	0.0	25.1	76%	0%	0%	100%	0
AR	Biscarrués	30.2	0.0	30.2	35%	9%	2%	0%	0
AR	Capdesaso	17.7	0.0	17.7	82%	0%	0%	80%	0
AR	Estada	15.9	0.0	1.5	12%	100%	6%	0%	0
AR	Grañén	124.0	0.0	124.0	76%	2%	0%	99%	0
AR	Huerto	86.8	0.0	86.8	76%	65%	0%	51%	0
AR	Igriés	19.2	0.0	19.2	64%	59%	6%	12%	1
AR	Lalueza	88.2	0.0	88.2	78%	0%	0%	100%	0
AR	Loarre	74.4	0.0	74.4	33%	91%	9%	0%	0
AR	Monflorite-Lascasas	29.0	0.0	29.0	84%	55%	10%	3%	0
AR	Monzón	155.2	0.0	155.2	77%	11%	0%	5%	0
AR	Perarrúa	30.1	0.0	30.1	13%	100%	2%	0%	0
AR	Piracés	25.2	0.0	25.2	49%	18%	0%	77%	0
AR	Poleñino	33.0	0.0	33.0	77%	0%	0%	100%	0
AR	Salillas	28.3	0.0	28.3	70%	100%	0%	45%	0
AR	Sangarrén	32.2	0.0	32.2	78%	0%	0%	100%	0
AR	Torres de Barbués	13.9	0.0	13.9	86%	0%	0%	100%	0

CCAA	MUNICIPIO	Sup TM (km ²)	Sup. ZV actual (km ²)	Sup. ZV tras propuesta (km ²)	% Sup. NR>6	% con MSBT	% Sup. ZA	% MSPF afect.	PAS afectados
NA	Andosilla	51.5	0.0	11.4	24%	22%	3%	0%	1
NA	Azagra	33.7	4.3	15.7	21%	46%	33%	0%	2
NA	Cadreita	27.1	19.6	27.1	54%	70%	68%	0%	0
NA	Cascante	62.9	4.9	62.9	60%	24%	7%	0%	0
NA	Cintruénigo	37.3	0.3	37.3	52%	66%	3%	0%	1
NA	Corella	81.3	11.5	81.3	59%	39%	16%	0%	1
NA	Cortes	36.5	35.1	36.5	88%	93%	71%	0%	2
NA	Funes	52.4	8.4	52.4	63%	41%	36%	0%	1
NA	Legaria	4.9	0.0	4.9	84%	100%	28%	0%	0
NA	Marcilla	21.7	14.3	21.7	57%	72%	49%	0%	2
NA	Mendavia	78.1	1.0	47.7	33%	61%	12%	0%	4
NA	Milagro	28.4	9.2	28.4	63%	87%	72%	0%	1
NA	Murieta	4.5	0.0	4.5	53%	100%	59%	0%	0
NA	Murillo el Cuende	58.7	17.1	58.7	61%	24%	5%	19%	3
NA	Oco	3.3	0.0	3.3	93%	100%	2%	0%	0
NA	Olejua	4.4	0.0	4.4	59%	89%	0%	15%	0
NA	Peralta/Azkoien	88.6	8.4	30.7	47%	34%	10%	0%	1
NA	Ribaforada	28.9	23.0	28.9	82%	76%	55%	0%	1
NA	San Adrián	21.1	0.9	9.6	27%	45%	4%	0%	0
NA	Sangüesa/Zangoza	68.0	0.0	68.0	58%	52%	4%	0%	1
NA	Tudela	215.0	87.8	92.8	40%	39%	11%	0%	5
NA	Unzué/Untzue	18.9	14.9	17.0	16%	69%	5%	86%	0
PV	Alegría-Dulantzi	19.9	15.2	19.9	55%	100%	27%	100%	0
PV	Armiñón	13.0	0.0	13.0	57%	100%	0%	0%	0
PV	Arratzua-Ubarrundia	57.5	5.7	49.1	35%	100%	4%	12%	1
PV	Berantevilla	35.7	1.4	35.7	66%	100%	0%	0%	0
PV	Elburgo/Burgelu	32.1	18.0	32.1	55%	100%	18%	68%	3
PV	Elciego	16.2	0.0	3.3	0%	100%	19%	0%	0

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

CCAA	MUNICIPIO	Sup. TM (km ²)	Sup. ZV actual (km ²)	Sup. ZV tras propuesta (km ²)	% Sup. NR>6	% con MSBT	% Sup. ZA	% MSPF afect.	
AR	Tramaced	15.4	0.0	15.4	73%	7%	0%	93%	0
AR	Vicién	13.8	0.0	13.8	66%	1%	0%	100%	0
AR	Bañón	54.3	0.0	54.3	55%	100%	4%	0%	0
AR	Blesa	80.4	0.0	6.7	37%	100%	6%	0%	0
AR	Castejón de Tornos	30.9	0.0	30.9	54%	100%	11%	0%	0
AR	Cella	107.9	0.0	107.9	58%	97%	2%	0%	0
AR	Ferreruela de Huerva	20.4	0.0	20.4	88%	100%	0%	90%	0
AR	Fuentes Claras	36.9	0.0	36.9	89%	100%	19%	0%	0
AR	Lagueruela	26.3	0.0	26.3	65%	86%	0%	58%	0
AR	Odón	74.2	0.0	74.2	62%	100%	2%	0%	0
AR	Villahermosa d Campo	19.2	0.0	19.2	77%	100%	11%	100%	0
AR	Alpartir	32.3	0.0	7.3	17%	100%	6%	0%	0
AR	Anento	21.5	0.0	21.5	57%	100%	0%	20%	0
AR	Badules	20.1	0.0	20.1	58%	100%	9%	100%	1
AR	Belmonte de Gracián	43.7	0.0	21.3	29%	100%	10%	0%	1
AR	Clarés de Ribota	18.7	0.0	18.7	30%	100%	0%	0%	1
AR	Maluenda	40.1	0.0	40.1	41%	100%	4%	0%	0
AR	Mara	21.1	0.0	21.1	70%	100%	8%	0%	0
AR	Morata de Jiloca	23.1	0.0	23.1	39%	100%	6%	0%	0
AR	Nombrevilla	17.6	0.0	17.6	72%	100%	5%	57%	1
AR	Sádaba	129.5	0.0	129.5	51%	29%	1%	80%	0
CL	Reznos	13.6	0.0	11.7	35%	97%	3%	0%	1
CL	Trévago	19.6	0.0	19.6	29%	100%	12%	100%	0
CL	Valdelagua del Cerro	4.8	0.0	4.8	52%	100%	0%	37%	0
CA	Biosca	66.2	0.0	9.9	12%	5%	5%	100%	0
CA	Cabanabona	14.2	0.0	14.2	43%	8%	8%	100%	0
CA	Camarasa	157.6	1.0	41.2	14%	76%	0%	4%	0
CA	Gavet de la Conca	91.0	0.1	46.5	33%	100%	3%	6%	2

CCAA	MUNICIPIO	Sup TM (km ²)	Sup. ZV actual (km ²)	Sup. ZV tras propuesta (km ²)	% Sup. NR>6	% con MSBT	% Sup. ZA	% MSPF afect.	PAS afectados
PV	Iruraz-Gauna	47.1	18.4	47.1	56%	100%	8%	60%	2
PV	Laguardia	80.9	0.0	4.8	9%	100%	2%	0%	1
PV	Lapuebla de Labarca	6.0	0.0	0.9	1%	100%	14%	0%	0
PV	Erriberabeitia	25.3	0.0	14.1	43%	100%	1%	0%	0
PV	Vitoria-Gasteiz	276.4	85.2	241.2	42%	100%	8%	34%	12
PV	Zambrana	39.5	7.4	8.4	31%	100%	9%	0%	6
PV	Lantarón	67.4	26.9	32.9	31%	100%	12%	0%	13
LR	Agoncillo	34.9	0.0	17.0	27%	49%	2%	0%	1
LR	Alesón	6.5	0.0	3.2	24%	50%	13%	0%	0
LR	Alfaro	193.8	0.0	58.3	30%	32%	4%	0%	2
LR	Anguciana	5.0	4.4	5.0	58%	90%	74%	0%	0
LR	Arenzana de Abajo	8.4	0.0	1.5	9%	17%	11%	0%	0
LR	Arenzana de Arriba	5.9	0.0	1.4	11%	23%	19%	0%	0
LR	Arnedo	85.3	0.0	49.9	27%	59%	1%	0%	0
LR	Autol	85.2	0.1	21.3	19%	25%	1%	0%	0
LR	Bañares	29.6	15.8	29.6	93%	98%	64%	62%	2
LR	Baños de Rioja	9.2	0.0	3.9	41%	42%	16%	0%	0
LR	Bezares	4.6	0.0	1.1	22%	24%	8%	0%	0
LR	Calahorra	93.5	0.0	66.7	48%	71%	4%	0%	3
LR	Casalarreina	8.1	7.6	8.1	72%	94%	92%	0%	2
LR	Castañares de Rioja	10.9	4.7	10.9	80%	96%	68%	18%	2
LR	Cidamón	15.8	8.2	15.8	86%	93%	34%	73%	3
LR	Cihuri	9.8	2.6	4.2	34%	43%	21%	0%	2
LR	Cirueña	12.1	0.0	12.1	54%	46%	0%	100%	0
LR	Cuzcurrita Río Tirón	19.2	2.5	9.6	30%	50%	13%	0%	0
LR	Fuenmayor	34.2	4.8	12.9	7%	38%	34%	0%	2
LR	Herramélluri	10.9	2.5	10.9	73%	18%	6%	18%	1
LR	Hervías	14.1	0.3	14.1	81%	80%	12%	46%	0

CCAA	MUNICIPIO	Sup. TM (km ²)	Sup. ZV actual (km ²)	Sup. ZV tras propuesta (km ²)	% Sup. NR>6	% con MSBT	% Sup. ZA	% MSPF afect.	
CA	Isona i Conca Dellà	140.2	0.6	81.1	38%	100%	2%	0%	0
CA	Llimiana	41.0	0.0	3.6	20%	100%	6%	0%	0
CA	Oliola	86.4	0.6	73.9	29%	1%	1%	89%	0
CA	Sanaüja	33.0	0.0	18.9	24%	25%	25%	100%	0
CA	Torà	93.6	0.4	18.1	14%	6%	6%	100%	0
CA	Tremp	303.0	0.2	16.6	11%	100%	1%	0%	0
CA	Vilanova de l'Aguda	53.7	0.1	17.2	20%	6%	6%	98%	0
CA	Amposta	138.8	41.1	138.8	66%	99%	7%	0%	2
CA	Garcia	51.9	0.2	14.3	16%	100%	3%	0%	0
CA	Marçà	16.2	0.0	8.8	23%	100%	15%	0%	0
CA	Prades	20.4	0.0	4.4	18%	99%	9%	0%	1
CA	Sant Carles d Ràpita	48.2	10.6	22.6	23%	92%	7%	0%	2
CA	Camarles	29.9	21.8	29.9	45%	100%	18%	0%	1
CA	L'Aldea	30.2	22.4	30.2	54%	100%	19%	0%	3
CA	L'Ampolla	15.2	9.8	15.1	39%	100%	15%	0%	1
NA	Abáigar	4.9	0.0	4.9	71%	100%	10%	0%	1
NA	Ablitas	77.4	2.5	14.5	35%	19%	2%	0%	0
NA	Ancín/Antzin	9.5	0.0	9.5	44%	100%	16%	0%	0

CCAA	MUNICIPIO	Sup TM (km ²)	Sup. ZV actual (km ²)	Sup. ZV tras propuesta (km ²)	% Sup. NR>6	% con MSBT	% Sup. ZA	% MSPF afect.	PAS afectados
LR	Lagunilla del Jubera	34.3	0.1	4.3	14%	53%	5%	0%	0
LR	Logroño	78.9	0.0	34.6	21%	54%	9%	0%	4
LR	Manjarrés	6.2	0.0	6.2	28%	71%	8%	0%	0
LR	Murillo de Río Leza	46.0	3.8	10.7	27%	23%	9%	0%	3
LR	Nájera	37.4	0.0	10.6	20%	29%	21%	11%	1
LR	Navarrete	28.5	2.0	5.8	18%	20%	20%	0%	2
LR	Quel	54.7	0.0	35.1	33%	64%	3%	0%	2
LR	Ribafrecha	34.6	0.0	6.5	19%	23%	1%	0%	0
LR	Rincón de Soto	19.8	0.3	19.8	53%	65%	3%	0%	1
LR	Rodezno	14.3	7.9	14.3	57%	69%	30%	57%	1
LR	San Asensio	32.3	0.1	0.0	9%	10%	0%	0%	1
LR	Sto. Domingo Calzada	40.1	0.1	40.1	61%	59%	7%	22%	0
LR	San Torcuato	10.8	5.3	10.8	84%	84%	33%	58%	0
LR	Tirgo	9.1	5.2	9.1	59%	80%	54%	0%	2
LR	Torremontalbo	4.9	0.3	1.4	3%	30%	2%	0%	0
LR	Tricio	6.3	0.0	6.3	62%	100%	100%	0%	1
LR	Uruñuela	13.6	3.2	9.0	15%	66%	59%	0%	2
LR	Zarratón	18.6	14.9	18.6	84%	82%	74%	75%	4

Tabla 11. Relación de municipios en los que se propone una ampliación de las Zonas Vulnerables. Para cada uno de ellos se indica la superficie total del municipio (Sup. TM), la superficie actual que se encuentra incluida dentro de las ZV (Sup. ZV actual), la superficie que supondría al incluir las ampliaciones propuestas (Sup. ZV tras propuesta), el porcentaje de NR>6 (% Sup, NR>6), el de la superficie de las masas de aguas subterráneas (% con MSBT), el de la superficie de la propuesta de modificación de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (% Sup. ZA), el de la superficie de las cuencas de aportación a masas de agua superficial afectadas (% MSPF afect.) y el número de puntos de agua afectados dentro del municipio (PAS afectados).

Criterios de selección de los TM para su inclusión en Zonas Vulnerables:

1. Superficie del TM >50% de NR 6-10 + envolventes de aguas subterráneas afectadas y/o punto de agua subterránea afectada y/o en cuenca de aportación de masa de agua superficial afectada por nitratos →Se incluye todo el término municipal.
2. Superficie del municipio <50% NR 6-10 + envolventes de aguas subterráneas afectadas y/o punto de agua subterránea afectada y/o en cuenca de aportación de masa de agua superficial afectada por nitratos →Se incluye la parte de término municipal que se encuentra afectada y las zonas con NR 6-10 sobre MSBT.
3. Superficie del municipio >50% NR>6-10 + actualmente incluye una parte declarada Zona Vulnerable →Se incluye todo el término municipal.

Finalmente, también se localizan algunos términos municipales que poseen porcentajes altos de niveles de riesgo 6-10, situados junto a Zonas Vulnerables, en los cuales no se ha propuesto su incorporación a ZV, o bien porque los puntos de aguas subterráneas no muestran afección, o porque no disponen de puntos de control que puedan determinar el estado de las aguas subterráneas. Para estos últimos en todos aquellos que presentan MSBT (63 municipios), se propone la ampliación de las redes con nuevos puntos de control dentro del propio municipio o en formaciones acuíferas cercanas. La localización y característica de estos puntos se detallan en el siguiente apartado.

7.3. Revisión de los puntos de agua subterránea y propuesta de modificación.

Dentro de la revisión de los puntos de agua subterránea se ha tenido en cuenta dos factores: su distribución, de modo que todas las zonas con una vulnerabilidad alta a la contaminación por nitratos definida por el MVN dispongan de puntos de control y su densidad, marcada por unos valores de referencia (Tabla 12) obtenidos de las notas técnicas para el trabajo de Detección de las Necesidades y Mejora de las Redes de Control de las Masas de Agua Subterránea llevado a cabo por la Dirección General del Agua (DGA 2021):

DENSIDAD TEÓRICA (Km ² por punto de control)		VULNERABILIDAD (DRASTIC/COP)		
		Baja	Moderada	Alta
RIESGO & PRESIONES	Sin Riesgo Sin Presiones	De 200 a 150	150 a 100	100 a 50
	Sin Riesgo Con Presiones	De 150 a 100	100 a 50	50 a 15
	Riesgo	De 100 a 50	50 a 15	25 a 5

Tabla 12. Índices de densidad teóricos propuesto para el control del estado cualitativo de las MSBT (DGA 2021)

Para este trabajo en concreto y en adaptación al MVN, se han aplicado valores de densidad a partir de la vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas a la contaminación (Arauzo et al 2021) y del valor de riesgo establecido por los usos del suelo del MVN (Arauzo et al 2021). En función de los porcentajes de ocupación de los diferentes niveles de riesgo y de vulnerabilidad intrínseca que posee cada MSBT se ha definido la densidad teórica que se debería aplicar a cada una de ellas (Tabla 13)

DENSIDAD TEÓRICA (km ² por punto de control)		VULNERABILIDAD INTRÍNSECA		
		Baja NR 1-4 > 50% Sup. MSBT	Moderada NR 5-6 > NR 7-10 y NR 1-4	Alta NR 7-10 > 50% Sup. MSBT
MVN Nivel de riesgo	Sin Riesgo Sin Presiones NR 7-10: <5% Sup. MSBT	De 200 a 150	150 a 100	100 a 50
	Sin Riesgo Con Presiones NR 7-10: 5-20% Sup. MSBT	De 150 a 100	100 a 50	50 a 15
	Riesgo NR 7-10: >20% Sup. MSBT	De 100 a 50	50 a 15	25 a 5

Tabla 13. Adaptación de los Índices de densidad teóricos propuesto para el control del estado cualitativo de las MSBT (DGA 2021) al nivel de riesgo y vulnerabilidad intrínseca definidos en el MVN.

Como base para la localización de estos puntos, se ha empleado el inventario de puntos de agua (CHE 2020) que ha permitido identificar la disponibilidad de manantiales, pozos o sondeos que puedan incorporarse a las redes de control, pero también se incluye en la base de datos asociada, las formaciones y zonas propuestas lo que permite ampliar el rango de localización.

Para cada uno de estos puntos se ha definido un orden de prioridad:

- Prioridad 1, nuevos puntos en *Zonas Afectadas* y *Zonas Vulnerables* en las que se identifica niveles de riesgo alto o extremo. Puntos necesarios para delimitar las áreas afectadas y municipios a incorporar en *Zona Vulnerable*.
- Prioridad 2, nuevos puntos en MSBT con una superficie de niveles de riesgo alto o elevado >20% sin que se haya identificado ni *Zonas Afectadas* ni *Zonas Vulnerables*. Puntos necesarios para establecer una densidad y distribución de los puntos de control de aguas subterráneas apropiada.
- Prioridad 3, zonas con una elevada densidad de puntos, punto propuesto para su eliminación.

NOTA: Para la ampliación de las redes se han seleccionado a priori acuíferos cuaternarios y otros acuíferos superficiales, en zonas en las que se han identificado importantes superficies con $NR > 6$. Se entiende que los principales acuíferos definidos dentro de cada MSBT, disponen de al menos un punto de control, independientemente de las presiones que soporten. De este modo la red que se define dentro de este trabajo se centra sobre áreas con aportes importantes de nitrato y con una vulnerabilidad intrínseca alta, lo que puede incurrir en una sobre-monitorización de estas zonas frente al resto de acuíferos y formaciones permeables de la MSBT.

La propuesta queda recogida en una base cartográfica donde para cada una de las entradas, se define el grado de prioridad, el acuífero y zona que debe controlar cada punto y su función que comprende: delimitación y estudio de la extensión de las zonas identificadas como afectadas por nitrato en el Informe 2016-18 (ZA); puntos de control en *Zonas Vulnerables* o en municipios colindando con estas zonas, sin puntos de control (ZV); punto sobre formaciones acuíferas con importante superficie de niveles de riesgo 6-10 ($NR > 6$); punto sobre formaciones acuíferas con importante superficie de niveles de riesgo 8-10 ($NR > 8$); ajuste de la densidad de puntos de control dentro de la MSBT (*DENSIDAD*); control de aportes de nitrato en masas de agua superficial afectadas (*MSPFafect*); y control en acuíferos que soporten una elevada carga ganadera (*CARG GANAD*). También queda indicado el punto IPA de referencia, que marca las características necesarias para los nuevos puntos a incorporar (tipología, acuífero captado, características constructivas, zona, etc.), pero que no tiene por qué corresponder con el punto de control a incorporar.

Solo se ha propuesto para la eliminación todos aquellos puntos que se encuentran situados a poca distancia de otros puntos que controlan la misma formación acuífera, con características similares (tipología y profundidad) e iguales resultados de contenido de nitrato. Los puntos de control gestionados por las Comunidades Autónomas u otros Organismos se mantienen.

El Informe Cuatrienal 2016-19 sobre la determinación de las aguas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos de la cuenca del Ebro incluye un total de 1.361 puntos de aguas subterránea (PAS), de los cuales 867 están gestionados por el Organismo de Cuenca y el resto los gestionan las diferentes Administraciones Autonómicas.

La casi totalidad de PAS se localizan sobre MSBT, lo permite obtener para toda su superficie una densidad de un punto por cada 45 km². Sin embargo, existe una amplia variación según tipología de MSBT, siendo los grandes aluviales del Ebro los que presentan la densidad más elevada con 1 punto por cada 15 km² frente a los más de 100 km² que poseen algunas de las MSBT más extensas de la cuenca, constituidas por materiales detríticos y/o de baja permeabilidad, junto con las MSBT localizadas en zonas no sometidas a presiones de tipo difuso (Tabla 14).

En las MSBT en riesgo químico esta densidad aumenta hasta 39 km² por punto y si analizamos en concreto las zonas que muestran afección por nitrato la densidad de los PAS se incrementa hasta 19 km² por punto de control para la superficie de las *Zonas Vulnerables* y menos de 10 km² por punto de control dentro de las envolventes de aguas subterráneas afectadas (Tabla 14).

A partir de las densidades teóricas (DT) definidas en la Tabla 13, de las 103 MSBT analizadas, 27 MSBT presentan una densidad por debajo de la que deberían tener dada su tipología y las presiones a las que se encuentra sometidas. Son MSBT en las que deberían incorporarse puntos de control para poder conocer correctamente el estado de sus aguas y la efectividad de las medidas correctoras. Y 33 MSBT presentan una densidad elevada, corresponden con MSBT que están sobremonitorizadas y por tanto en ellas se puede prescindir de puntos de control.

Densidad (km ² por punto)		
MSBT	Total	45
	Aluviales	15
	Carbonatadas	48
	Detríticas	71
	Mixta	73
	Otras	125
En Zona Vulnerable	Total	19
	Aluviales	13
	Carbonatadas	25
	Detríticas	24
	Otras	43

Densidad (km ² por punto)		
Sobre MSBT en riesgo químico	Total	39
	Aluviales	15
	Carbonatadas	48
	Detríticas	71
	Mixta	60
	Otras	20
Envolventes de aguas subterráneas afectadas	Total	8
	Aluviales	7
	Carbonatadas	11
	Detríticas	5
	Otras	3

Tabla 14. Densidad media de los puntos de agua subterránea dentro de la Cuenca del Ebro, definido para la totalidad de MSBT según su tipología, para las MSBT en riesgo, para las Zonas Vulnerables y para las envolventes de aguas subterráneas afectadas.

La densidad de puntos más elevada se encuentra en el (009) aluvial de Miranda de Ebro con un punto por cada 2 km², seguida por el (044) aluvial del Tirón con 1 punto cada 4 km² y los aluviales de (012) Vitoria y (101) Tortosa con 1 punto por cada 5 km² (DT= 5 a 25 km²). En el otro extremo se encuentran la MSBT de Cameros con 1 punto cada 453 km² (DT=100-150 km²), la Sierra Paleozoica de Ateca y el Sinclinal de Jaca-Pamplona con 1 punto cada 370 km² (DT= 50 a 100 km²) o el Sinclinal de Villarcayo y los Páramos del Alto

Jalón donde cada punto de control presenta una superficie de más de 200 km² (DT= 15 a 50 km²). La mayor parte de estas MSBT están en riesgo por contaminación difusa, lo que hace necesario la incorporación de nuevos puntos de control hasta alcanzar una densidad apropiada.

La revisión llevada a cabo en las MSBT ha permitido definir un total de 205 zonas y formaciones acuíferas en las que se deberían incorporar puntos de control y 26 puntos de los cuales se podría prescindir (Figura 25). La mayor parte de las formaciones que requieren una implementación de las redes de control corresponden con acuíferos cuaternarios donde se han identificado un total de 141 puntos que deberían incorporarse a las redes de medida, seguidos de las formaciones detríticas terciarias con 34 puntos. En menor medida se encuentran las formaciones carbonatadas mesozoicas, las cuales requieren de la incorporación de 16 puntos de control de nitratos y las carbonatadas terciarias, con 10 puntos de control.

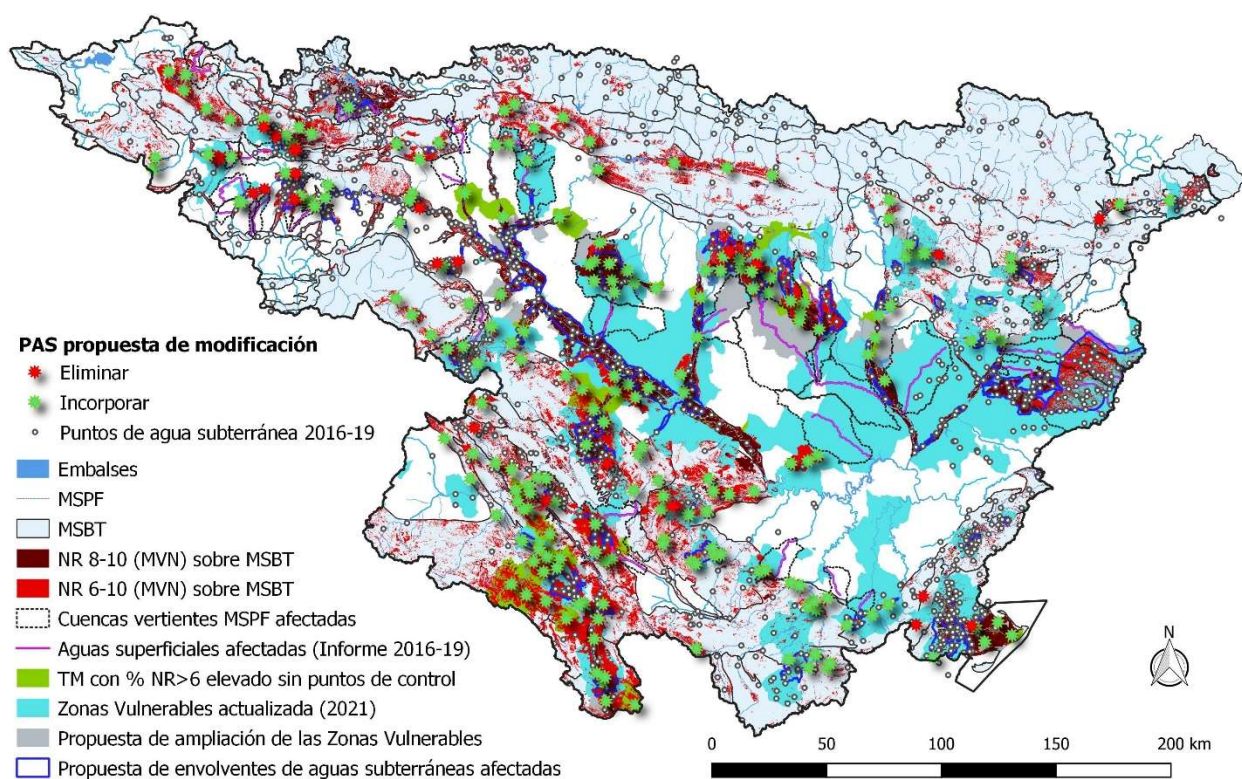


Figura 25. Mapa de la propuesta de modificación de los puntos de agua subterránea (PAS) incluidos en el Informe Cuatrienal 2016-19

La mayor parte de las zonas seleccionadas para la incorporación de puntos, 193 poseen un NR entre alto y extremo, de las cuales 74, son zonas con un nivel de riesgo extremo (NR>8). La delimitación y mejora del conocimiento de las *Zonas Vulnerables*, requieren de la incorporación de un total de 150 nuevos puntos de control de nitratos y el análisis de la extensión y grado de afección en las envolventes de aguas subterráneas afectadas requieren de 93 nuevos puntos de control. De estos puntos, 88 presentan una prioridad alta, son puntos que permitirían monitorizar las zonas que muestran afección por nitratos, en áreas que han sido declaradas como vulnerables o que podrían ser declaradas.

Por otro lado, se propone también la incorporación de 17 puntos de control de aguas subterráneas para el estudio de los posibles aportes de nitratos a las aguas superficiales que muestran afección por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19), en su mayor parte correspondientes con acuíferos aluviales, así como 134 puntos que permiten a su vez, adaptar la densidad de las PAS a la densidad teórica.

Finalmente, de las 205 zonas y formaciones acuíferas definidas, 83 de ellas se localizan en un entorno en el que existen numerosas explotaciones ganaderas.

Los PAS que se propone para su eliminación (26 puntos), salvo 3 puntos que se localizan sobre acuíferos carbonatados mesozoicos y 2 que están asociados a acuíferos terciarios, el resto son todos puntos de control en formaciones cuaternarias: aluviales, glaciares y coluviales. Todos ellos presentan uno o varios puntos de control de iguales características y resultados de contenido en nitrato en el periodo 2016-2019. Se propone solo la eliminación de aquellos puntos gestionados por el Organismo de cuenca, manteniendo el punto que posea la serie de medidas más larga y completa, y para el caso de los manantiales el que presente un mayor caudal.

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
1	FONTIBRE	1	150	100-150	0	0	150	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios.
2	PÁRAMO DE SEDANO Y LORA	4	185	50-100	2	0	123	NO	NO	Baja densidad de puntos de control, se propone la incorporación de nuevos puntos en zonas con NR>6: aluviales y terciarios de la cuenca del Homino.
3	SINCLINAL DE VILLARCAYO	3	293	15-50	5	0	110	NO	NO	Baja densidad de puntos de control, se propone la incorporación de puntos en zonas con NR>6 y de control de aportes a la masa superficial del río Salón que se encuentra afectada por nitratos (MSPF ES091MSPF231).
4	MANZANEDO-OÑA	2	116	100-150	0	0	116	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
5	MONTES OBARENES	2	135	100-150	0	0	135	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
6	PANCORBO-CONCHAS DE HARO	4	18	50-100	0	0	18	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
7	VALDEREJO-SOBRÓN	7	36	50-100	0	0	36	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
8	SINCLINAL DE TREVIÑO	9	64	15-50	5	0	41	NO	SI	La formación donde se localizan las aguas afectadas no posee superficies con NR>6 (Fm. de baja permeabilidad). No hay criterios para modificar la ZA. Posible incorporación de los municipios de Armiñón, Berantevilla, Erriberabeitia, Lantarón y Zambrana (municipios con porcentaje elevado de NR>8) en ZV.
9	ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	26	2	5-25	1	3	2	NO	NO	MSBT con niveles de riesgo por debajo del que muestran las presiones y los puntos de agua afectados. Las ZA ajustan a NR>6 no a NR>8, Densidad de puntos elevado, se eliminan 3 puntos y se introduce otro en el extremo occidental de la masa de agua para posible delimitación de las ZA.
10	CALIZAS DE LOSA	3	95	15-50	0	0	95	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
11	CALIZAS DE SUBIJANA	4	49	15-50	0	0	49	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
12	ALUVIAL DE VITORIA	23	5	5-25	0	0	5	NO	NO	Revisión sin cambios.
13	CUARTANGO-SALVATIERRA	12	49	15-50	0	1	54	NO	SI	Masa de agua superficial afectada (tributarios margen izquierda del Zadorra-ES091MSPF244). Cuenca de aportación situada sobre materiales de baja permeabilidad (margas y calizas margosas). Incorporar posible punto de control sobre estas zonas (manantial). Posible ampliación de ZV con la incorporación de los términos municipales de Alegría-Dulantzi, Arratzua-Ubarrundia, Elburgo, Iruraiz-Gauna y Vitoria Gasteiz
14	GORBEA	3	11	100-150	0	0	11	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
15	ALTUBE-URKILLA	6	45	100-150	0	0	45	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
16	SIERRA DE AIZKORRI	4	15	100-150	0	0	15	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
17	SIERRA DE URBASA	9	40	50-100	0	0	40	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
18	SIERRA DE ANDÍA	6	50	15-50	0	0	50	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
19	SIERRA DE ARALAR	6	23	50-100	0	0	23	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
20	BASABURÚA-ULZAMA	13	22	50-100	0	0	22	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
21	IZKI-ZUDAIRE	4	39	15-50	0	0	39	NO	NO	Revisión sin cambios. Las zonas con NR>7 localizados sobre formaciones de baja permeabilidad (margas Cretácico sup.).
22	SIERRA DE CANTABRIA	14	18	50-100	0	1	19	NO	NO	Eliminar exceso de puntos de control en la parte correspondiente al aluvial de Ebro.
23	SIERRA DE LÓQUIZ	8	56	15-50	3	0	41	SI	SI	La MSBT muestra un punto aislado con afección. Se limita el entorno del punto afectado a los niveles de riesgo 8-10 sobre el aluvial del Urederra. Posible inclusión en ZV: Abáigar, Ancín, Legaria, Murieta, Oco y Olejua
24	BUREBA	4	20	50-100	0	0	20	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
25	ALTO ARGÁ-ALTO IRATI	17	93	100-150	0	0	93	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
26	LARRA	2	31	50-100	0	0	31	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
27	EZCAURRE-PEÑA TELERA	11	34	100-150	0	0	34	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
28	ALTO GÁLLEGO	3	98	100-150	0	0	98	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
29	SIERRA DE ALAIZ	2	139	15-50	4	0	46	NO	NO	Solo dispone de 2 puntos de control, localizados en zonas con NR<5. Densidad de puntos muy baja. El río Robo, localizado íntegramente en esta MSBT está afectado por nitratos (ES091MSPF95). Se debe incluir al menos 1 punto de control sobre los aluviales de su MD o sobre los cuaternarios (glacis) de su cuenca de aportación para controlar los aportes de nitratos a este río. También se proponen la incorporación de otros 2 puntos más en los aluviales de la MI de los ríos Arga y Erlorz.
30	SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	11	370	50-100	7	0	226	SI	SI	La MSBT muestra un punto aislado con afección. Se delimita el entorno del punto afectado a los NR>8 sobre una de las terrazas bajas del Aragón en su MI. Se propone la incorporación de un punto más situado aguas abajo de la zona afectada para determinar la extensión de la zona afectada. MSBT muy amplia, con una densidad de puntos de aguas subterráneas poco apropiada. Pocos puntos de control sobre zonas que muestran niveles de riesgo alto. Se incorporan 7 puntos sobre los principales aluviales con NR>6. Municipios afectados con posible inclusión en ZV: Sangüesa.
31	SIERRA DE LEYRE	7	70	50-100	0	0	70	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
32	SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	7	82	100-150	0	0	82	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
33	SANTO DOMINGO-GUARA	10	84	100-150	0	0	84	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
34	MACIZO AXIAL PIRENAICO	23	178	100-150	0	0	178	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
35	ALTO URGELL	7	14	15-50	1	2	17	NO	NO	MSBT con una superficie de NR>6 de más del 20%. Sin afección en las redes de control. Se propone la eliminación de dos puntos por exceso y la incorporación de uno en la MI del Segre sobre aluvial con NR>8 y sin puntos de control.
36	LA Cerdanya	14	18	15-50	1	0	17	SI	SI	La MSBT muestra un punto aislado con afección. Se trata de una MSBT con una superficie de NR>6 de >20% y presión significativa por carga ganadera. Se plantea la incorporación de otro punto para delimitar la zona afectada. La ZV, según el MVN solo debería afectar a la margen derecha del río Segre y no a todo el término municipal del Bellver de Cerdanya.
37	COTIELLA-TURBÓN	11	75	100-150	0	0	75	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
38	TREMP-ISONA	32	50	50-100	2	0	47	SI	SI	Se divide la envolvente de aguas subterráneas afectadas en dos partes. Una de ellas incluye los depósitos aluviales (no aluvial actual, éste presenta punto no afectado) de la margen derecha del río Abellá en su confluencia con el río Noguera Pallaresa. MSPF del río Abellá (ES091MSPF365) afectada por nitratos. Se trata de una zona con un NR>8 con importante carga ganadera (numerosas granjas porcinas en el TM de Abella la Conca e Isona i Conca Dellá). La otra zona se delimita en la vertiente norte de la Serra dels Obacs, e incluye depósitos de coluviales y facies Garum (Pelitas con canales de areniscas y conglomerados), formación donde se localiza el punto afectado. Zona con NR>6 en su mayor parte. Dentro de esta distribución de zonas afectadas y en base al MVN, se debería incluir también en ZV los términos municipales de Isona i Conca Dellá, Gavet de la Conca y Tremp. Se incorporan dos puntos más en la MD del Noguera Pallaresa en una zona de NR>8 para el control de la FGP de las Fac. Garun y la FGP de los conos de deyección situados al NO de la localidad de Tremp. Se delimita una nueva envolvente que incluye aluviales de la MD del embalse de Terradets con punto de control que muestra afección. Posibilidad de incluir también como ZV los TM de Gavet de la Conca, Isona i Conca Dellá, Llimiana y

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										Tremp.
39	CADÍ-PORT DEL COMTE	8	49	100-150	0	0	49	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
40	SINCLINAL DE GRAUS	13	81	100-150	6	1	59	SI	SI	<p>Se ajusta la envolvente de aguas subterránea afectadas en la cuenca del Isábena a los depósitos coluviales y NR>6. Sin criterios para modificar la envolvente de la MI del Ésera al no presentar NR altos.</p> <p>Se amplía la red de control con 6 puntos más, cuatro de ellos se localizan sobre cuaternarios cercanos a las envolventes afectadas, con NR altos y en municipios con elevada carga ganadera, con la finalidad de delimitar las zonas afectadas.</p> <p>Se propone la eliminación de un manantial en zona afectada dado que se localiza a poca distancia del otro manantial de iguales características y se propone la incorporación de 2 puntos en una zona con una importante superficie de NR>6 y carga ganadera.</p> <p>MSBT con poca superficie de NR>7 (8,8%), pero elevada carga ganadera.</p> <p>Posibilidad de incluir en ZV el término municipal de Perarrúa</p>
41	LITERA ALTA	14	65	100-150	2	0	57	SI	SI	<p>Se reajusta la envolvente a NR>8 y aluviales del Cinca (terrazas de la MI del Cinca) en Fonz y Estadilla. Estas mismas terrazas continúan en la MSBT del Aluvial del Cinca con mismo NR, de modo que la zona afectada debería continuar aguas abajo. Se incorpora un punto de control sobre aluviales en zona próxima con NR>6, para evaluar la extensión de la zona afectada.</p> <p>Se delimita una nueva envolvente de aguas subterráneas afectadas en el acuífero de las calizas con alveolinas del Eoceno en Estopiñán con punto de control afectado. Es una zona sin cultivos intensivos, pero con una elevada vulnerabilidad intrínseca y varias granjas con elevado número de cabezas de ganado porcino. Hace años una balsa de purines se rompió afectado a la fuente redonda de Estopiñán, principal salida del acuífero y punto de control de la red de calidad.</p> <p>Se reajusta los límites de la envolvente de aguas afectadas de La Puebla de Castro a NR>6 sobre los coluviales cuaternarios y terciarios detríticos que muestran afectación.</p> <p>MSBT con poca superficie de NR>7 (12%), pero elevada carga ganadera.</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										Posible incorporación a ZV de parte del término municipal de Benabarre
42	SIERRAS MARGINALES CATALANAS	20	38	100-150	4	0	32	SI	SI	<p>Se reajustan los límites de la envolvente del TM de Ager a los cuaternarios (conos de deyección) y areniscas del Eoceno marino con NR >6</p> <p>Se reajustan los límites de la envolvente del TM de Os de Balaguer y Castelló de Farfaña a los cuaternarios del río Farfaña en su MD con NR>6. Se incorpora punto para análisis de la extensión de esta afección sobre formaciones cuaternarias del TM de Algerri sobre NR>6.</p> <p>Se identifican en esta MSBT dos puntos aislados de afección a las aguas subterráneas en las que no se identifican criterios para definir envolvente: no se definen NR>6, se localizan sobre formaciones de baja vulnerabilidad intrínseca.</p> <p>Se incorpora 1 punto sobre los aluviales del río Boix, MSPF afectada, en una zona donde estos cuaternarios presentan niveles de riesgo>6 y otro punto sobre los aluviales de la MD del embalse de Balaguer con NR>8.</p> <p>Finalmente se incorpora otro punto más sobre los coluviales al sur del TM de Les Avellanes i Santa Linya, TM con carga ganadera y NR>6.</p> <p>MSBT con poca superficie de NR>7 (9,1%) pero con presión por carga ganadera que se concentra en TM y zonas concretas.</p> <p>Posibilidad de incluir en ZV los municipios de Les Avellanes i Santa Linya y sur de Camarrasa</p>
43	ALUVIAL DEL OCA	7	13	5-25	2	2	13	NO	NO	<p>Se eliminan 2 manantiales de los 4 que controlan la misma terraza. Los límites de esta terraza corresponden con los de la envolvente de zona afectada definida en la MSBT. Sin criterios para determinar si la afección alcanza a otras formaciones cuaternarias con mismo NR.</p> <p>Se incorporan dos puntos de control, uno en la MI del río Oca cercano a la terraza afectada para delimitar otras posibles zonas afectadas y otro sobre aluviales del río Oroncillo, para el control de los aportes subterráneos a esta MSPF (ES091MSPF238) que se encuentra afectada por nitratos.</p>
44	ALUVIAL DEL TIRÓN	7	4	5-25	2	2	4	SI	SI	Se reajustan los límites de la envolvente de aguas afectadas a la terraza baja del Tirón en su MD, que posee 5 puntos de control y todos ellos afectados. Los puntos de control sobre el aluvial actual

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>del río Tirón no muestra afección.</p> <p>Se propone la eliminación de dos de los 5 puntos que controlan esta misma formación acuífera y la incorporación de otros dos: en la terraza que separa el río Retorto (MSPF afectada) del río Tirón y en la terraza media conectada con abanico en la MD del río Tirón.</p> <p>Posibilidad de incluir en ZV el municipio de Herramélluri</p>
45	ALUVIAL DEL OJA	31	7	5-25	3	2	7	SI	SI	<p>Delimitación de la envolvente de aguas afectadas a las terrazas y depósitos de glacis donde los puntos de agua subterránea muestran afección. Se observa una divisoria en una de las terrazas bajas localizada entre el río Zamaca y el Oja con diferente grado de afección: los puntos de control en zona de descarga al Oja no están afectados y los de descarga al Zamaca sí. Se delimita el área a partir de la divisoria de ambos ríos.</p> <p>El Zamaca corresponde con una masa de agua superficial (ES091MSPF268) afectada por nitratos.</p> <p>Incorporación de nuevos puntos de control en aquellas formaciones cuaternarias con NR>6: terraza baja de la margen izquierda del Tirón, depósitos de glacis asociados a terrazas altas y medias al SE de la MSBT.</p> <p>Eliminación de un manantial y un sondeo debido a la proximidad con otros puntos de control con iguales resultados.</p> <p>MSBT con una importante superficie con NR>7% (73%).</p> <p>Posible inclusión en ZV de todo el municipio de Castañares de Rioja, Tirgo, Santo Domingo de la Calzada, Cirueña, Hervías, Casalarreina, Anguciana, Bañares, Cidamón, San Torcuato, Zaratón y Rodezno y parte de los términos municipales de Baños de Rioja, San Asensio, Cihuri y Cuzcurrita del Río Tirón y Nájera.</p>
46	LAGUARDIA	3	158	50-100	2	0	95	NO	NO	<p>MSBT con un porcentaje bajo de NR>7 (14%). Solo un punto aislado que muestra afección en el aluvial del Ebro sin NR>6. No hay criterios para delimitar envolvente: pequeña extensión del aluvial del Ebro en esta zona y NR bajo, por baja vulnerabilidad intrínseca en el entorno.</p> <p>Baja densidad de puntos de control, se incorporan 2, uno sobre los aluviales del Ebro, aguas abajo del punto que muestra afección y sobre los terciarios en el extremo E de la MSBT, en la única zona</p>

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
47	ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	17	7	5-25	2	0	6	SI	SI	<p>que presenta NR extremos(NR>8).</p> <p>Se reajustan los límites de la envolvente de aguas subterráneas en la cuenca del Najerilla englobando el aluvial localizado entre la MD del río Najerilla y la MI del río Yalde, zona del aluvial que presenta puntos afectados y se incorpora un nuevo punto de control en la MI del Najerilla, zona sin monitorizar.</p> <p>Se incorpora también otro punto sobre el aluvial del río Tuerto, MSPF afectada por nitratos (ES091MSPF271) y que no dispone de punto de control siendo que todo su aluvial presenta NR>6.</p> <p>Se trata de una MSBT con pequeña superficie NR>7 (29%), sin embargo, su vulnerabilidad intrínseca es alta y está cubierta casi en su totalidad de cultivos, fundamentalmente viña. El exceso de nitrógeno que se le aplica a la viña en el MVN toma niveles de riesgo 6. En esta MSBT los NR> 6 ocupan una superficie 32,1%, porcentaje de ocupación que sigue siendo bajo. Puede tratarse de una mala caracterización de los cultivos de viña por parte del MVN.</p> <p>Las ZV deberían ampliarse en los TM de Alesón, Arenzana de Abajo y Arriba, Bezares, Elciego, Fuenmayor, Laguardia, Lapuebla de Labarca, Logroño, Manjarrés, Tricio, Nájera, Navarrete, San Asensio, Torremontalvo y Uruñuela. Zonas con envolventes de aguas afectadas, resultados elevados de nitrato y sin ZV.</p>
48	ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA	29	6	5-25	2	1	6	SI	SI	<p>Se delimita las envolventes de zonas afectadas a los límites de las diferentes formaciones cuaternarias del Ebro y Leza afectados que poseen NR>8 y NR>6.</p> <p>Se incorporan 2 puntos para analizar el alcance de las ZA y se elimina un punto debido a la proximidad con otro que gestiona la Comunidad Autónoma.</p> <p>Se incorpora una nueva envolvente en la margen izquierda del Ebro que muestra un punto con afección. Sus límites responden a la formación sobre la que se sitúa el punto afectado (conglomerados silíceos terciarios) con NR >8.</p> <p>Las ZV no contemplan todas las zonas afectadas de esta MSBT con NR>6. Se deberían incorporar los aluviales del Ebro en el TM de Agoncillo, Logroño, Laguardia y Mendavia y aluviales del Leza en Agoncillo, Lagunilla de Jubera, Ribafrecha y Murillo de Leza</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
49	ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	64	10	5-25	4	0	9	SI	SI	<p>Se delimita 2 nuevas envolventes en la cuenca del Alhama y en la del Cidacos. Una de ellas incluye los aluviales del río Valverde en una zona con NR>8 y punto de control que muestra afección por nitratos. La otra delimita una de las terrazas medias de la MD del Cidacos donde se localiza un pozo también afectado</p> <p>Se propone la incorporación de 4 punto de control más en los aluviales del Alhama, para poder determinar el alcance de la zona afectada, y en los aluviales del Ega, Arga y Aragón en los TM de Lerín, Falces y Carcastillo, municipios con una importante superficie de NR>6 y sin puntos de control.</p> <p>Parte de las <i>Zonas Afectadas</i> por nitratos con NR>8 no se encuentran declaradas como zonas vulnerables. Se propone la ampliación de las ZV en los TM de Alfaro, Andosilla, Autol, Azagra, Calahorra, Cintruénigo, Funes, Marcilla, Milagros, Murillo el Cuende, Peralta, Rincón del Soto y San Adrián.</p>
50	ALUVIAL DEL ARGAS MEDIO	3	10	5-25	0	0	10	NO	NO	<p>Se trata de una MSBT con un porcentaje de ocupación elevado de NR>8 (59%), sin embargo, las redes de control no indican afección. No se han designado ZA ni ZV.</p> <p>Es una MSBT que no se encuentra en riesgo.</p> <p>La densidad de puntos de control de la MSBT se adapta a la vulnerabilidad y riesgo</p> <p>Sería interesante analizar que variables de esta MSBT hacen que, siendo su vulnerabilidad intrínseca alta y la presión agrícola alta, no muestre afección por nitrato.</p> <p>Esta MSBT está constituida por los depósitos aluviales del río Arga, uno de los ríos más caudalosos de la cuenca el Ebro, aluvial que presenta muy poca extensión dentro de este tramo de río.</p>
51	ALUVIAL DEL CIDACOS	7	9	5-25	1	0	8	SI	SI	<p>El río Zidacos a su paso por esta MSBT (ES091MSPF94 y ES091MSPF292) está afectado por nitratos (Informe Cuatrienal 2016-19). Porcentaje muy elevado de NR>7 (60,6%).</p> <p>Se incorpora un punto de control en el tramo alto del río, para análisis de los posibles aportes de nitratos a esta masa superficial (ES091MSPF292), así como para evaluar la extensión de la zona afectada situada más al sur.</p> <p>Se incorpora una nueva envolvente en el entorno de un punto con afección</p>

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>correspondiente a un manantial de descarga de depósitos de glacis asociados con terraza alta sin conexión con el aluvial actual.</p> <p>Ampliación de la ZV en el TM de Unzúe de modo que abarque todo la superficie del aluvial del Cidacos</p>
52	ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN	39	16	5-25	1	0	16	SI	SI	<p>Se delimita una nueva envolvente de aguas subterráneas afectadas en la margen derecha del río Queiles y se propone la incorporación de un nuevo punto de control sobre el mismo aluvial, situado aguas abajo, para determinar la amplitud de la zona afectada. Zona con importante superficie de NR>8.</p> <p>Las zonas declaradas como vulnerables en los municipios de Ablitas, Cascante y Tudela, Ribaforada y Cortes, deberían ampliarse abarcando o todo el municipio o por lo menos abarcar la totalidad de los aluviales.</p>
53	ARBAS	8	49	5-25	9	0	23	SI	SI	<p>MSBT con muy pocos puntos de control a pesar de las presiones que soporta y el resultado de las redes de control químico.</p> <p>Se propone la incorporación de 8 puntos (preferiblemente manantiales): 2 en el glacis de Miralbueno, 1 en el glacis de Miralflores, 2 en los aluviales del Arba de Riguel en su MD, 2 en las terrazas del Arba de Luesia y Arba de Biel, 1 en la terraza media localizada en la confluencia del Riguel con el Luesia y 1 en los depósitos de Glacis del barranco de Valareña. Zonas con NR>8.</p> <p>Se amplía la envolvente de aguas subterráneas afectadas, adaptada a los límites del glacis de Miralbueno y riegos del canal de Bardenas además de los aluviales de la MI del Arba de Riguel.</p> <p>Se propone la incorporación a ZV del TM de Sádaba.</p>
54	SASO DE BOLEA-AYERBE	14	21	5-25	5	1	16	SI	SI	<p>La contaminación por nitratos en esta MSBT muestra un incremento del contenido en nitrato de Norte a Sur. Los sasos (glacis y coluviales) más antiguos están desconectados de los aluviales actuales y principales ríos y su recarga responde fundamentalmente a los retornos de riego. En este sentido se debe incorporar nuevos puntos en la zona sur de la masa de agua y disponer de al menos 1 punto en cada uno de los principales sasos que configuran la masa de agua.</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>Se propone la eliminación de 1 puntos sobre saso que dispone de 4 puntos de control situados a poca distancia y la incorporación de 5 puntos más.</p> <p>Se delimitan las envolventes de zonas afectadas a partir de la extensión de estas formaciones cuaternarias y de la red de drenaje y se incorpora una envolvente más en uno de los glacis situados al NE de la MSBT que dispone de un punto que muestra afección por nitratos.</p> <p>La mayor parte de la MSBT presenta una superficie con NR 6-7. Deberían ser NR>8</p> <p>Posible incorporación a ZV de los TM de Loarre y Biscarrués.</p>
55	HOYA DE HUESCA	11	19	5-25	4	2	16	SI	SI	<p>Los depósitos de glacis y coluviales más antiguos están desconectados de los aluviales actuales y principales ríos y su recarga responde fundamentalmente a los retornos de riego.</p> <p>Se ajustan los límites a las formaciones cuaternarias (terrazas, coluviales y glacis) situados entre los ríos Isuela y Valdabrá que presentan puntos de aguas subterráneas con afección. La mayor parte de su superficie con NR >6.</p> <p>Se incorporan 4 puntos en las principales formaciones cuaternarias que no disponen de puntos.</p> <p>Se propone la eliminación de 2 puntos de control en los TM de Banastas y Chimillas, misma formación cuaternaria y resultados similares en 4 puntos de control situados muy cercanos.</p> <p>La mayor parte de la MSBT presenta una superficie con NR 6-7. Deberían ser NR>8</p> <p>Posible ampliación de la ZV a los TM de Almodóvar, Igríes y Monflorit.</p>
56	SASOS DE ALCANADRE	9	54	5-25	5	0	35	SI	SI	<p>Se ajustan los límites a las formaciones cuaternarias (terrazas, coluviales y glacis) situados entre los ríos Botella y Guatizalema al NO y los situados en la MI del Alcanadre al SE de la MSBT. Todos ellos con NR 6-7 y resultados de afección en las MSBT.</p> <p>Se incorpora 5 puntos en las formaciones cuaternarias del tramo medio-bajo del Guatizalema que no poseen puntos de control y NR>6.</p> <p>La mayor parte de la MSBT presenta una superficie con NR 6-7. Deberían ser NR>8.</p> <p>Posible incorporación de los municipios de Huerto, Salillas, Grañén y Antillón en ZV.</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
57	ALUVIAL DEL GÁLLEGO	7	39	5-25	4	0	25	SI	NO	<p>Se incorpora una nueva envolvente de aguas subterráneas afectadas al norte de la MSBT, que delimita una de las terrazas medias de la MI del Gállego con punto de control afectado y NR>8.</p> <p>Se propone un punto más en una de las terrazas situadas un poco más al norte que se encuentran desconectadas del aluvial actual del río Gállego.</p> <p>Incorporación de 3 puntos más, uno en la zona de confluencia entre el río Gállego y el Bco. de la Violada para el control de posibles aportes subterráneos a la MSPF de La Violada que se encuentra afectada por nitratos y otros dos en el extremo Sur, en los glacis y terrazas bajas del Gállego en su MD.</p>
58	ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA	18	35	5-25	4	0	29	NO	NO	<p>Se incorporan 4 puntos de control sobre formaciones acuíferas cuaternarias sin puntos de control: aluviales del río Jalón en su MD, depósitos de glacis y terrazas medias del río Ebro en su MD, en el tramo comprendido entre el río Jalón y el Huerva.</p> <p>MSBT con baja densidad de puntos y buena parte de su superficie con NR>8</p>
59	LAGUNAS DE LOS MONEGROS	1	104	5-25	3	0	26	NO	NO	<p>Se incorporan 3 puntos sobre las formaciones terciarias de calizas lacustres y sobre cuaternarios de rellenos de val. Toda la superficie de esta MSBT presenta NR 6-7 y solo dispone de un punto de control. Muy baja densidad de puntos.</p> <p>Este punto de control muestra afección por nitratos. No se delimita envolvente, pues es necesario incorporar más puntos para determinar el alcance de la contaminación.</p>
60	ALUVIAL DEL CINCA	6	45	5-25	4	0	27	SI	SI	<p>Se incorporan 4 puntos en tramos y formaciones cuaternarias que no presentan puntos de control, fundamentalmente terrazas colgadas cuya principal recarga corresponde a los retornos de riego.</p> <p>Se divide y ajusta la envolvente de aguas subterráneas afectadas a las formaciones cuaternarias con puntos de control afectados: terrazas bajas colgadas de la MD del Cinca sin conexión con el aluvial actual, y terrazas bajas y medias de la MI del Cinca en conexión con el aluvial actual. No se incluye en la envolvente el aluvial actual del río Cinca.</p> <p>Se delimita una nueva envolvente en el extremo sur de la MSBT que incluye una de las terrazas medias de la MI del Cinca que posee un punto afectado y NR>8.</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										Posible incorporación de los municipios de Binaced y Monzón a ZV
61	ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	20	9	5-25	0	0	9	SI	NO	Se reajusta envolvente de aguas subterránea a terrazas bajas de la MD del río Segre en su tramo bajo, sin incluir el aluvial actual. Se incorpora una nueva envolvente en el extremo N que incluye terraza baja con NR> 8 y punto de control que muestra afección.
62	ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	2	9	5-25	0	0	9	NO	NO	MSBT cuya superficie con NR>7 es elevada (53,7%) y uno de los tributarios por su MI, el río Llobregós, está afectado por Nitrato (ES091MSPF147). Sin embargo, los puntos de agua subterránea no muestran afección. La distribución y densidad de la red de control se ajusta a los parámetros establecidos. Principales formaciones cuaternarias disponen de puntos de control. Se trata de una MSBT de pequeña extensión compuesta por depósitos aluviales (aluvial actual y terrazas) en conexión con uno de los ríos más caudalosos de la cuenca, el río Segre.
63	ALUVIAL DE URGELL	29	10	5-25	0	0	10	SI	NO	La mayor parte de esta MSBT (82,7%) posee NR>8 donde todos los puntos de agua subterránea muestran afección salvo los situados en el extremo NE. La MSPF del río Corp (ES091MSPF151) que atraviesa esta MSBT también está afectada por nitratos. Se identifica una envolvente de agua subterránea afectada que cubre la mayor parte de la superficie de la MSBT. Esta envolvente debería extenderse más allá de los límites de la MSBT para cubrir todos los cuaternarios cercanos no incluidos en MSBT con puntos de control que muestran afección y recortar los aluviales del extremo NE que no están afectados.
64	CALIZAS DE TÁRREGA	49	16	15-50	0	0	16	NO	SI	A pesar de que la mayor parte de los puntos de esta MSBT están afectados, y posee una envolvente de aguas subterráneas que cubre su totalidad, el NR definido para esta MSBT es su mayor parte NR 7 (52,9%) o inferiores. La superficie que cubre esta MSBT corresponde con secanos a lo que se une una elevada carga ganadera, con numerosas granjas en el tercio norte y extremo SO. Es una MSBT, que a tenor de los

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>resultados de las redes de control, debería presentar niveles de riesgo más elevados.</p> <p>No se identifican criterios para modificar los límites de la envolvente de aguas subterráneas afectadas. Todos los puntos muestran afección por nitratos, salvo 5 pozos y un manantial situados en la mitad sur de la MSBT en cuaternarios de fondo de valle en varios barrancos.</p> <p>Se propone la ampliación de la ZV en los TM de Biosca, Cabanabona, Oliola, Sanaüja, Torá y Villanova de l'Aguda.</p>
65	PRADOLUENGO-ANGUIANO	5	50	100-150	0	0	50	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios.
66	FITERO-ARNEDILLO	3	32	50-100	0	0	32	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios.
67	DETRÍTICO DE ARNEDO	16	8	15-50	1	2	8	SI	SI	<p>Se incorporan dos envolventes de aguas subterráneas afectadas, una de ellas incluye una de las terrazas altas del Cidacos por su MD. Esta terraza posee dos puntos de control, uno de ellos no muestra afección y corresponde con un pozo de 180 m que capta el acuífero inferior de los conglomerados oligocenos. El otro punto muestra afección y corresponde con un pozo de 12 m que explota el acuífero cuaternario superficial.</p> <p>La otra envolvente de aguas subterráneas afectadas se realiza en el entorno de un pozo de 100 m de captación del acuífero de los conglomerados en el extremo SE de MSBT que se encuentra afectado. Ambas envolventes sobre NR>8.</p> <p>Se amplía en número de puntos con la propuesta de incorporación de un pozo o sondeo de profundidades elevadas, que capte el acuífero de los conglomerados Oligocenos en el sector central de la MSBT.</p> <p>Se eliminan dos puntos sobre el aluvial actual del Cidacos gestionados por la CHE dado que la Comunidad Autónoma dispone de 3 puntos de control sobre la misma formación acuífera que muestran resultados similares de contenido en nitrato.</p> <p>Posible inclusión en ZV de la MD del Cidacos en los TM de Quel. Arnedo y Autol.</p>
68	MANSILLA-NEILA	5	40	100-150	0	0	40	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios.

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
69	CAMEROS	4	453	100-150	4	0	226	NO	NO	<p>MSBT con poca superficie con niveles de riesgo elevado (NR>6 del 7,1%) y una densidad de puntos de control baja.</p> <p>Solo un punto clasificado como en riesgo correspondiente a un manantial sobre aluvial del río Linares en zona con NR >6. No se delimita envolvente de aguas subterráneas en su entorno.</p> <p>Se incorporan 4 puntos todos ellos manantiales en zonas con NR>6: en los aluviales de los ríos Ventosa y Cidacos a su paso por la calizas del Grupo Oncala, en el aluvial del Linares en Rincón de Olivedo y un manantial en las calizas del grupo Oncala en el barranco de Cerbón.</p>
70	AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	27	15	15-50	3	0	14	SI	SI	<p>Se amplía la envolvente de aguas subterráneas a toda la superficie de cuaternarios con niveles de riesgo>6 de la cabecera del río Añamaza. Río Añamaza corresponde con una MSPF afectada por nitratos (ES091MSPF298). Los pozos no afectados dentro de estos cuaternarios, son pozos profundos que capta el acuífero infrayacente.</p> <p>Se incorporan dos nuevas envolventes una en el entorno del manantial de Devános que se encuentra afectado. Se delimitan las tobas calcáreas, formación acuífera a la que se encuentra asociado dicho manantial.</p> <p>La otra de las envolventes, delimita aluviales de los barrancos laterales del río Val en Agreda. Término municipal con elevada carga ganadera.</p> <p>Se incorporan 3 puntos de control sobre formaciones acuíferas con NR>6 y sin punto de control: conglomerados del terciario continental en Valverde, tobas cuaternarias en Añavieja y calizas arenosas del Grupo Oncala en Fuentestrun.</p> <p>Posible incorporación a ZV los municipios de Trévago y Valdelagua del Cerro</p>
71	ARAVIANA-VOZMEDIANO	12	9	15-50	1	0	9	SI	NO	<p>Se ajusta la envolvente de aguas subterránea a los límites de las formaciones con NR>6 y que muestran afección: calizas margosas del Grupo Oncala, conglomerados y areniscas del Grupo Tera y cuaternarios aluviales en la MI del Bco. del Val en el municipio de Ólvega. Se trata de un municipio con elevada carga ganadera.</p> <p>Se incluye un punto de control sobre formaciones cuaternarias en Fuentes de Ágreda con NR>6.</p>

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
72	SOMONTANO DEL MONCAYO	13	101	15-50	5	0	73	SI	NO	Se ajusta la envolvente de aguas subterráneas afectada a las formaciones cuaternarias de la MD del Jalón (abanicos y terrazas) y se excluye de la envolvente las calizas terciarias las cuales no presentan punto de control, de modo que se desconoce si esta formación también se encuentra afectada. Se incorporan 4 puntos en zonas con un NR>6: aluviales del río Huecha y Queiles, dos pozos en el acuífero detrítico terciario en FuendeJalón y Rueda de Jalón y otro pozo o manantial asociado a las calizas terciarias en Lumpiaque.
73	BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	8	21	15-50	1	0	18	NO	NO	Incorporación de un nuevo punto de aguas subterráneas en los aluviales del río Manubles en Borobia, zona con NR 6-7.
74	SIERRAS PALEOZICAS DE LA VIRGEN Y VICORT	10	120	100-150	0	0	120	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios.
75	CAMPO DE CARIÑENA	9	89	50-100	6	0	53	SI	NO	Incorporación de 6 puntos de control, MSBT con baja densidad: 3 puntos de control del acuífero detrítico terciario de Alfamén en La Almunia, Muel y Epila, un pozo en el aluvial del Huerva en Muel y dos manantiales o pozos asociados a las calizas terciarias en Tosos y en la margen derecha del Huecha. Se ajusta envolvente de aguas subterráneas a los aluviales de la MD del río Jalón y afloramientos jurásicos con punto que muestra resultados de riesgo. Se elimina de la envolvente las formaciones detríticas terciarias del extremo sur, dado que estas mismas formaciones en la MSBT contigua poseen un punto no afectado. Se incluye punto de control en estas formaciones para determinar el alcance de la ZA.
76	PLIOCUATERNARIO DE ALFAMAMÉN	9	31	15-50	0	1	34	SI	SI	Se adapta los límites de la ZV a los pliocuaternarios de Alfamén y a las zonas con NR>8. Se propone la eliminación de un punto situado a poca distancia de otro que capta el mismo acuífero y con resultados similares en contenido de nitrato. Posible incorporación a ZV del TM de Alpartir, en la zona correspondiente a esta MSBT
78	MANUBLES-RIBOTA	21	21	15-50	2	1	20	SI	SI	Varios puntos aislados que muestran afección, con cierta dificultad para determinar el alcance de

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
79	CAMPO DE BELCHITE	7	148	50-100	5	0	86	SI	SI	<p>la contaminación por nitratos de cada uno de ellos.</p> <p>Se delimita una envolvente en los afloramientos de las calizas del Muschelkalk que abastecen al manantial en Reznos que muestra afección por nitratos en su zona de recarga (necesario saber si recibe aportes de otras formaciones acuíferas), sin NR elevados.</p> <p>Se delimita otra envolvente en las formaciones detríticas terciarias en el entorno del manantial de Clares de Ribota a la salida de uno de los barrancos laterales del arroyo de la Vega donde se localiza el manantial afectado, sin NR elevados. En ambas envolventes existen cercanos puntos de control con similares características que no muestran afección. Se trata de una contaminación muy localizada.</p> <p>Se propone para su eliminación uno de los puntos de aguas subterráneas correspondiente con un manantial de descarga del acuífero de las calizas del Cretácico superior en Berdejo. Este acuífero dispone de otro manantial cercano con resultados similares. Debe eliminarse el de menor caudal o que presenta la serie más corta.</p> <p>Se propone la incorporación de 2 puntos de control correspondientes con un pozo de explotación del acuífero aluvial del río Manubles en su MI, en el tramo comprendido entre Villalengua y Moros. Aluvial con NR>8. El otro punto se localiza en el acuífero de los conglomerados terciarios de borde en la cuenca del Ribota.</p> <p>Posible incorporación a ZV de los municipios de Clarés de Ribota y Reznos, donde se localizan las envolventes de aguas subterráneas afectadas.</p>
										<p>Los únicos puntos de control que muestran afección en esta MSBT corresponde con los que captan las formaciones detríticas del Terciario y posiblemente algunos aluviales cuaternarios.</p> <p>En este sentido se incorporan 5 puntos de control sobre estas formaciones: 3 puntos en el detrítico terciario en Belchite, Binaceite y Lécera y 2 en el aluvial del Aguasvivas y en el del Bco. de Lopín.</p> <p>El acuífero del Jurásico, posee varios puntos de control, algunos con valores elevados pero sin llegar a superar la norma establecida para el nitrato.</p> <p>Se delimita una nueva envolvente que abarcar los aluviales del río Aguasvivas, sobre los que se</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>localiza un manantial que muestra afección. Este manantial por su localización, a los pies de un escarpe de conglomerados terciarios, puede que sus aguas procedan de esta fm acuífera y no de los cuaternarios.</p> <p>El otro punto afectado corresponde con un pozo de captación del acuífero detrítico terciario, sin que existan criterios para delimitar la zona de afección. No presenta en su entorno niveles de riesgo elevados.</p>
80	CUBETA DE AZUARA	8	48	50-100	4	2	38	SI	NO	<p>Se adaptan los límites de las dos envolventes de aguas subterráneas a los aluviales de los ríos Aguasvivas y Cámaras con puntos que muestran afección por nitratos y NR>6.</p> <p>Se eliminan 2 de los tres manantiales de control del mismo aluvial del río Cámaras que presentan resultados similares.</p> <p>Se incorporan 4 puntos más, uno sobre el aluvial del Cámaras para analizar la extensión de una de las ZA, 2 sobre el acuífero detrítico terciario en Plenas y Aguilón y otro en las calizas terciarias en la MI del Aguasvivas, formaciones acuíferas que no dispone de puntos de control dentro de esta MSBT.</p>
81	ALUVIAL JALÓN-JILOCA	3	27	5-25	3	0	14	NO	NO	El aluvial del Jalón, con NR>8, no dispone de puntos de control, se proponen 3.
82	HUERVA-PEREJILES	27	28	15-50	6	1	24	SI	SI	<p>En la cuenca del Huerva la contaminación por nitratos no solo afecta a los aluviales de los tributarios del Huerva sino que también alcanza al acuífero terciario subyacente. La formación cuaternaria es la que posee el mayor número de puntos de control.</p> <p>En este sentido se debe estudiar la contaminación en profundidad incorporando nuevos puntos en el acuífero terciario: se incluyen 2 pozos de explotación de los conglomerados terciarios en Mainar y Ferrerueta del Huerva.</p> <p>No hay criterios para modificar los límites de la envolvente de aguas subterráneas de la cuenca del Huerva para incluir los terciarios afectados. Se desconoce el alcance de la contaminación en estas formaciones acuíferas. Tan solo se prolonga la envolvente sobre los aluviales que presentan NR>8.</p> <p>En la cuenca del Jiloca una de las descargas de las calizas de los páramos (Plioceno) muestra niveles</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>de nitrato de riesgo (manantial del Arguilay IPA-261870019). No se delimita envolvente de aguas subterráneas afectada, pero se propone la incorporación de un pozo de explotación en este mismo acuífero en el área de aportación del manantial en riesgo y la de un manantial de descarga de este acuífero en Anento.</p> <p>En la cuenca del Perejiles se incluye una nueva envolvente de aguas subterráneas afectadas que abarca la formación de las calizas de los páramos en Velilla de Jiloca. Esta formación posee tres manantiales que muestran afección, dos de ellos situados a poca distancia. Se propone la eliminación de uno de ellos y a su vez se incorpora un punto más, correspondiente con un manantial en otro de los páramos localizado más al este que posee niveles de riesgo elevados.</p> <p>También se propone en la cuenca del Perejiles la incorporación en las redes de control de un pozo que capte los conglomerados terciarios en Marivella.</p> <p>Posible incorporación a ZV de los municipios de Mara, Maluenda, Morata de Jiloca, Nombrevilla, Lagueruela, Badueles, Villahermosa del Campo y SO del municipio de Belmonte de Gracián.</p> <p>También se incluyen los municipios de Ferrerueta del Huerva y Anento donde se localiza el área de aportación al manantial de Arguilay que se encuentra en riesgo.</p>
83	SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	2	374	50-100	6	0	94	NO	NO	<p>MSBT que no se encuentra en riesgo por contaminación difusa, no muestra puntos de aguas subterráneas afectados. Se trata de una masa que delimita en su mayor parte formaciones de baja permeabilidad.</p> <p>Posee una densidad de puntos de control muy baja.</p> <p>Se propone la incorporación de 6 puntos en formaciones con NR elevados que no poseen punto de control: 2 puntos de control del Glacis formado en la vertiente norte de La Sierra de Pardos, 2 puntos en el acuífero detrítico terciario al sur de la MSBT, otro en calizas terciarias en Paracuellos del Jiloca y finalmente 1 punto más, en el extremo norte de la MSBT sobre abanicos aluviales.</p>
84	ORICHE-ANADÓN	4	41	50-100	0	0	41	NO	NO	<p>Revisión sin cambios. MSBT con pequeña superficie de NR>6 (20,4%) y principales aluviales con punto de control. Correcta densidad de puntos.</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
85	SIERRA DE MIÑANA	3	65	15-50	2	0	39	NO	NO	<p>De los puntos de agua subterránea solo uno de ellos se encuentra en riesgo. Corresponde con un manantial asociado al acuífero detrítico terciario. Esta fm acuífera presenta zonas con NR 6-7. No se define envolvente de aguas subterráneas en su entorno.</p> <p>Se incorporan 2 puntos sobre el aluvial del río Deza que no dispone de puntos de control y buena parte de su superficie posee NR>8.</p>
86	PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	10	228	15-50	11	0	109	SI	SI	<p>Delimitación de la envolvente de aguas subterráneas afectadas a la cabecera del río Ortiz adaptada a los afloramientos de las formaciones acuíferas que presentan puntos con afección: Jurásico carbonatado, Arenas de Utrillas y aluviales del río Ortiz. Estas formaciones acuíferas no poseen niveles de riesgo elevados en toda la cuenca de aportación del río Ortiz (tributario del Piedra).</p> <p>Cabe la posibilidad de que esta contaminación por nitratos proceda de la vertiente NO de la cuenca endorreica de Gallocanta. En la cuenca de Gallocanta estas mismas formaciones mesozoicas se encuentran bajo aluviales y detríticos terciarios con una importante superficie de niveles de riesgo alto. El exceso de nitrógeno podría haber alcanzado el acuífero carbonatado subyacente, con descargas en la cuenca del río Ortiz (transferencia subterránea entre ambas cuencas).</p> <p>Es necesario constatar el alcance de esta contaminación con la incorporación de varios puntos en las formaciones carbonatadas del Cretácico superior y Muschelkalk en el entorno de la envolvente de aguas subterráneas afectadas, y estudiar la contaminación de nitratos en profundidad al NO de la cuenca endorreica de Gallocanta, en el TM de Used.</p> <p>Se proponen incorporar a los puntos de control de aguas subterráneas 2 manantiales o pozos asociados a las calizas del Muschelkalk y Calizas del Cretácico superior en el municipio de Abanto y Cubel para determinar si el área afectada alcanza otras formaciones acuíferas, y en la cuenca endorreica de Gallocanta, tres pozos que controlen diferentes formaciones acuíferas: el cuaternario, el detrítico terciario y el mesozoico carbonatado subyacente en los municipios de Used y Cubel.</p> <p>A su vez, también en la cuenca de Gallocanta se propone la incorporación de tres puntos más en el acuífero carbonatado del Cretácico Superior, al sur de Used y en los conglomerados terciarios en</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>Torralba de los Frailes y Odón.</p> <p>Otras zonas y acuíferos con niveles de riesgo alto que no poseen puntos de control corresponden con algunos de los aluviales del río Piedra y tributarios donde se propone la incorporación de 2 puntos más en La Yunta y en Tortuera.</p> <p>Finalmente, se localiza en la MSBT un pozo afectado de 100 m de profundidad que explota las calizas del Cretácico superior, en una zona donde este acuífero se sitúa bajo conglomerados terciarios. No hay criterios para definir la envolvente de aguas subterráneas afectada. Se incorpora un punto de control sobre esta misma formación acuífera para identificar el alcance de la contaminación.</p> <p>Posibilidad de incluir en ZV el TM de Odón. También podría incorporarse el de Used, pero este requiere de puntos de control.</p>
87	GALLOCANTA	14	16	5-25	1	0	15	SI	SI	<p>Delimitación de la envolvente de aguas subterráneas afectadas a los afloramientos de las formaciones acuíferas que presentan puntos afectados: acuíferos carbonatados del Muschelkalk, Suprakeuper-Lías y Cretácico superior y cuaternario lagunar y aluvial.</p> <p>Se incorpora un punto en los cuaternarios del extremo NO de la MSBT que no posee punto de control y NR>6 y en el acuífero del Muschelkalk, también en el extremo NO para analizar las posibles transferencias de nitratos con la MSBT colindante de Paramos del Jalón.</p> <p>Dado los resultados de las redes de control, esta MSBT debería tener en la mayor parte de su superficie unos NR más elevados (NR>8). La propia naturaleza endorreica de la cuenca de aportación de esta MBST así como los usos del suelo y su capacidad de renovación (bajas precipitaciones) hace que los niveles de nitratos sean especialmente elevados.</p> <p>Posibilidad de incluir en ZV el término municipal de Castejón de Tornos.</p>
88	MONREAL-CALAMOCHA	10	75	15-50	5	0	50	SI	SI	<p>Se localiza un punto de aguas subterráneas afectado, correspondiente con un pozo de explotación en las calizas del Muschelkalk. No se delimita envolvente, pero si se incorpora dos puntos de control, para determinar su alcance: uno en el acuífero carbonatado del Muschelkalk y otro en el del Jurásico inferior. Control de posibles aportes procedentes de la MSBT de Gallocanta.</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>Delimitación de una nueva envolvente de aguas subterráneas en el entorno de un pozo de explotación del aluvial del Jiloca en su MD que muestra afección en zona con NR>6 entre la rambla del Ramblón y el arroyo del Arcillar. Se incorporan 2 puntos de control sobre depósitos de glaciares contiguos para el análisis de la extensión de esta contaminación.</p> <p>Incorporación de un punto de control en cuaternarios en Blancas, extremo SO de la MSBT con NR elevados y sin puntos de control.</p> <p>Posible incorporación a ZV de los TM de Bañón y Fuentes Claras.</p>
89	CELLA-OJOS DE MONREAL	12	72	15-50	6	0	48	SI	SI	<p>Delimitación de la envolvente de aguas subterráneas afectadas a partir del límite de las formaciones cuaternarias en el entorno de los puntos afectados con NR>6 e incorporación de 4 puntos de control sobre cuaternarios aluviales para evaluar la extensión de la zona contaminada.</p> <p>Se incorpora un punto más en el extremo norte, sobre cuaternarios, cercano a punto de agua tipificado en riesgo por contaminación de nitrato y otro en el extremo sureste en las calizas terciarias del TM de Celadas, municipio con elevada superficie de NR>6 y sin puntos de control.</p> <p>Posible incorporación a ZV del TM de Cella.</p>
90	POZONDÓN	3	49	15-50	0	0	49	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
91	CUBETA DE OLIETE	13	93	50-100	8	0	58	SI	SI	<p>Ajuste de antigua envolvente de aguas subterránea afectada a los terciarios de Muniesa en las zonas con NR>6 y a los afloramientos Jurásicos y cuaternarios de Alacón.</p> <p>Uno de los pozos afectados de Muniesa aunque capta el acuífero Jurásico profundo, está enboquillado en el terciario, de modo que la contaminación puede que se limite solo a los niveles superiores.</p> <p>Las surgencias de Alacón están asociadas al carbonatado profundo (Malm), donde los afloramientos de esta formación al NE, presentan poca superficie con NR>6. Cabe la posibilidad de que la contaminación proceda de los terciarios y cuaternarios localizados NO de las surgencias. Es necesario determinar el origen de esta contaminación y su alcance en profundidad.</p> <p>En el entorno de Muniesa se propone la incorporación a los puntos de control, de un manantial de</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
92	ALIAGA-CALANDA	16	116	50-100	7	0	81	SI	NO	<p>descarga de los conglomerados Oligocenos y un pozo de captación del Jurásico marino. Y en Alacón de 2 manantiales asociados a las descargas de los conglomerados Oligocenos y de un pozo emboquillado en los afloramientos del Jurásico marino.</p> <p>Delimitación de una nueva envolvente en la localidad de Andorra que abarca formaciones detríticas terciarias con NR>6 en el entorno de un pozo de captación de las arenas de Utrillas. La contaminación debe proceder de los niveles terciarios superiores donde se encuentra emboquillado el pozo afectado.</p> <p>Se propone en esta zona la incorporación de un manantial asociado a las descargas de los conglomerados terciarios y de un pozo de explotación de las fm de Arenas de Utrillas en el entorno de Andorra.</p> <p>Finalmente se propone otro punto más de control en Plenas, para caracterizar la posible contaminación en el aluvial del arroyo de Santa María con una superficie importante de NR>8. Aguas abajo se localiza un pozo de pocos metros de profundidad que se asocia al Jurásico Carbonatado y que su estado se tipifica como en riesgo. Puede que la contaminación de nitratos registrada en este punto proceda de los cuaternarios superficiales.</p> <p>Posible ampliación de la ZV con la incorporación del extremo SE del TM de Blesa.</p> <p>MSBT en riesgo por contaminación difusa con un porcentaje de ocupación de NR>7 muy bajo (8,8%).</p> <p>En algunas zonas de esta MSBT se concentran un elevado número de granjas.</p> <p>Se delimita una nueva envolvente de aguas subterráneas afectada en torno a un manantial asociado a conglomerados terciarios que se encuentra afectado por nitratos. El límite de la envolvente corresponde al de los afloramientos terciarios en el entorno más inmediato al punto afectado. Los NR son bajos en toda la zona y en este municipio en concreto no hay presión ganadera.</p> <p>Se propone la incorporación de 5 puntos en los aluviales con NR >8 de los ríos Guadalope, Guadalopillo, Bergantes y Aliaga que no disponen de puntos de control, y algunos de ellos en</p>

Análisis del mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos en la cuenca del Ebro

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										municipios con elevada carga ganadera. También otros 3 puntos más sobre detríticos terciarios, con prioridad sobre zonas con elevada carga ganadera
93	ALTO GUADALOPE	3	39	50-100	0	0	39	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
94	PITARQUE	6	88	50-100	0	0	88	NO	NO	MSBT en la que no se ha identificado necesidad de cambios
95	ALTO MAESTRAZGO	16	54	50-100	5	0	41	Si	NO	<p>MSBT en riesgo por contaminación difusa con porcentaje de ocupación de NR>7 muy bajo (6,1%). En algunas zonas se concentra un elevado número de granjas.</p> <p>Se ajustan los límites de la envolvente de aguas subterránea afectada a las formaciones acuíferas que poseen puntos afectados: Calizas del Jurásico Sup. (fm Higuera), las calizas del Cretácico inferior y cuaternario aluvial.</p> <p>Se proponen la incorporación de nuevos puntos de control para determinar la extensión de la contaminación y el análisis de posible afección a otras formaciones acuíferas: Jurásico carbonatado (Malm) en Cincorres, calizas del Cretácico inferior en Olocau del Rey y cuaternarios aluviales en Forcall. También se proponen otros dos puntos, un pozo y un manantial, en el acuífero de las calizas del Cretácico Inferior (Barreniense-Aptiense) en Morella.</p> <p>Se ha procurado localizar zonas no solo con NR altos, sino que también posean una elevada carga ganadera.</p>
96	PUERTOS DE BECEITE	21	31	100-150	3	0	27	SI	NO	<p>Se ajustan los límites de la envolvente de aguas subterráneas afectadas a las formaciones de conglomerados Oligocenos que presentan cultivos en superficie.</p> <p>Se proponen la incorporación de dos nuevos puntos en zonas cercanas para análisis de la amplitud de la zona afectada: manantiales asociados a los conglomerados oligocenos con descargas al río Monroyo en el TM de Monroyo y al río Figuerales en el de Fuentespalda.</p> <p>Incorporación de una nueva envolvente de aguas subterráneas afectada, correspondiente con los</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										depósitos aluviales de un afluyente del Ulldemó que presenta un punto de agua subterránea que muestra afección por nitratos. Se propone otro punto en el aluvial del Matarraña para evaluar la extensión de la zona afectada.
97	FOSA DE MORA	37	16	50-100	0	0	16	NO	SI	<p>Sin criterios para modificar ZA.</p> <p>Si bien en la MSBT no se identifica como presión significativa la carga ganadera, son numerosas las granjas que se disponen a lo largo del río Ebro, en la zona que muestra afección.</p> <p>Posible ampliación de ZV con la incorporación de la MD del río Cihurana en el TM de García.</p>
98	PRIORATO	15	20	50-100	0	0	20	SI	SI	<p>Sin criterios para modificar la envolvente de aguas subterránea afectada que presenta. Esta ZA abarca NR<5, e incluye materiales paleozoicos de baja permeabilidad, granitos alterados y cuaternarios. Los puntos de control que muestran afección son pozos asociados a las fm acuíferas de los cuaternarios aluviales y granitos alterados (dato IPA). Esta envolvente se localiza sobre la zona de la MSBT que mayor número de granjas presenta.</p> <p>Se incluye una nueva envolvente de aguas subterráneas afectadas que delimita formaciones cuaternarias de piedemonte con NR>6 y un punto que muestra afección.</p> <p>La vertiente de la cuenca del Ebro del municipio de Alforja que se define como Zona Vulnerable no presentan puntos de control afectados por nitratos ni niveles de riesgo elevados. No debería ser ZV en la cuenca del Ebro.</p> <p>Sin embargo, el NE de TM de Marçà, donde se localiza la envolvente de aguas subterráneas afectadas debería incorporarse a ZV así como la localizadas en el TM de Prades.</p>
99	PUERTOS DE TORTOSA	7	29	100-150	0	2	41	NO	NO	<p>Esta MSBT está en riesgo por contaminación de nitratos, pero asociada a una elevada carga ganadera.</p> <p>El entorno de la localidad de Alfara de Carles es donde se localiza el mayor número de granjas en la formación de las dolomías del Muschelkalk. Esta formación acuífera, posee varios puntos de control con valores de no afección. Dos de los puntos de control corresponden con manantiales situados a poca distancia entre ellos y presentan contenidos en nitrato similares. Se propone excluir el punto</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>gestionado por la CHE.</p> <p>También se propone excluir uno de los dos manantiales de descarga al Bco. de la Galera en Mas de Baberans con contenidos en nitrato similares. No se indica la fm acuífera, pero parece que ambos están asociados a las descargas del Jurásico carbonatado (Malm).</p> <p>La ZV de los Puertos de Tortosa incorpora el término municipal de Roquetes cuya zona de riesgo y afección se localiza en otras MSBT. Porcentaje de NR >7 muy bajos (1%), sin puntos de agua subterránea que muestren afección. Se debería sacar de ZV este término municipal</p>
100	BOIX-CARDÓ	15	18	50-100	0	0	18	NO	NO	<p>MSBT con un porcentaje bajo de NR>7 (7,4%). Los niveles de riesgo más elevados se localizan en el extremo Oeste y Sur, en los aluviales y coluviales del río Ebro y abanicos de la sierra de Boix en su vertiente sur, zonas con numerosos puntos de control.</p> <p>Solo se identifica un punto de agua subterránea afectado correspondiente con un pozo emboquillado en el Jurásico carbonatado (MALM) en una zona con NR muy bajos y sin carga ganadera. No hay criterios suficientes para delimitar una nueva envolvente de aguas subterráneas afectada en esta zona.</p> <p>Buena parte de la superficie de esta MSBT es ZV e incluye términos municipales cuyas mayores presiones y concentraciones de nitratos se localizan en las MSBT colindantes.</p>
101	ALUVIAL DE TORTOSA	13	5	5-25	0	0	5	SI	NO	<p>Toda la MSBT es ZV, con una superficie de ocupación de más del 50% de NR>8. Sin embargo, de los 13 puntos de agua subterránea de los que dispone tan solo uno muestra afección por nitratos.</p> <p>Se delimita una nueva envolvente de aguas subterráneas en terrazas de la MD del Ebro con NR>8, en donde se localiza el único punto afectado.</p> <p>MSBT en la que el NR y las ZV no se ajustan a los resultados de las redes de control.</p>
102	PLANA DE LA GALERA	7	51	15-50	1	0	45	NO	NO	<p>Sin criterios para modificar la envolvente de aguas subterráneas de esta MSBT. Numerosos puntos sobre los depósitos cuaternarios con diferente resultado. Hay amplias zonas con NR<5 y resultados de afección por nitratos y otros sobre NR>8 que no muestran afección.</p> <p>No en todos los puntos de agua se indica el acuífero captado ni la profundidad del pozo, lo que</p>

COD	MSBT	Puntos de agua subterránea						Cambios en ZA	Cambios en ZV	Cambios propuestos y observaciones
		Número	Densidad actual	Densidad requerida	Incorporar	Eliminar	Nueva densidad			
										<p>permitiría aplicar criterios para identificar los acuíferos afectados y zonas. Se desconoce el alcance de la contaminación en profundidad.</p> <p>Solo se propone dentro de esta MSBT la incorporación de un punto más de control en el extremo S, que capte el acuífero cuaternario superficial en una zona con NR>8 y sin punto de control.</p>
104	SIERRA DEL MONTSIÁ	11	9	50-100	0	0	9	SI	NO	<p>Todos los pozos que muestran afección por nitratos en esta MSBT o son pozos que explotan las formaciones cuaternarias o explotan el carbonatado mesozoico, pero están emboquillados en cuaternarios.</p> <p>Por ello, se modifican los límites de la envolvente de aguas subterráneas afectadas ajustándose a las formaciones cuaternarias donde se localizan las superficies con NR más elevados y se excluyen los afloramientos del Cretácico y Jurásico, formaciones que apenas muestran NR>6.</p>
105	DELTA DEL EBRO	11	31	5-25	4	1	24	SI	SI	<p>Se modifican los límites de la envolvente de aguas subterráneas incorporando solo los depósitos de abanicos aluviales, a pies de la sierra de Boix donde se localizan 5 puntos afectados. Se elimina de la envolvente la llanura aluvial y deltaica y se incorpora un punto de control específico en esta formación</p> <p>Sobre esta envolvente se localizan dos pozos muy cercanos entre sí, que capta la misma formación acuífera y presentan similares contenidos en nitrato. Se propone la eliminación del punto de agua gestionado por la CHE.</p> <p>Existe un punto aislado que muestra afección por nitratos. No hay criterios para realizar una nueva envolvente, amplia superficie de NR>8. Se propone la incorporación de otro punto de control sobre la misma formación para delimitar alcance del área afectada.</p> <p>La casi totalidad de esta MSBT presenta NR>8 y una densidad de puntos de control baja. Se incorpora 2 puntos más, en zonas del Delta que no disponen de puntos de control.</p> <p>Posibilidad de ampliar las ZV abarcando la totalidad de los TM de Amposta, Camarles, L'Aldea, L'Ampolla y extremo NE de Sant Carles de la Rápita. Importante superficie con NR>8.</p>

Tabla 15. Revisión de las MSBT en base al MVN y definición de los cambios planteados para cada una de ellas.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se ha realizado un análisis de los resultados del mapa de vulnerabilidad por nitratos de la cuenca del Ebro (CSIC 2020). Para ello se ha contrastado superficie y valores de los diferentes niveles de riesgo con los resultados del Informe sobre la determinación de las aguas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos de origen agrario en la demarcación del Ebro de los años 2016-19 (Informe Cuatrienal 2016-19), el estado de las MSBT definidos en el PHE 2021-27 y las salidas del modelo PATRICAL.

Los principales resultados son los siguientes:

Análisis de los puntos de agua

- Con respecto a los puntos de aguas subterráneas del Informe Cuatrienal 2016-19, solo se ha podido obtener una relación significativa entre el nivel de riesgo del MVN y el grado de afección y contenido en nitrato de los puntos de control en acuíferos carbonatados: cuanto mayor es el nivel de riesgo, mayor es la proporción de puntos afectados/no afectados, así como el promedio del contenido en NO₃ de los mismos.
- **El NR 6, marca el aumento de los puntos de agua subterránea que muestran afección.** A partir de este nivel de riesgo la proporción de puntos afectados con respecto a los no afectados aumenta, así como el promedio del contenido en nitrato se eleva hasta 60,6 mg/L. En el NR 7, esta diferencia se eleva, siendo el grupo que mayor número de puntos afectados contiene y los valores más altos de contenido en nitrato. A partir del NR 8, tanto el número de puntos como el promedio de concentración de nitratos desciende para volver a aumentar en el NR 9, sin llegar a alcanzar los vales definidos por el NR 7.
- **No siempre hay buen ajuste entre nivel de riesgo del MVN y las redes de control.** El 26 % de los puntos de agua subterránea presentan unos resultados no coherentes entre el nivel de riesgo y su grado de afección y el 21% entre el promedio de nitrato (>50 mg/L) y el nivel de riesgo al que pertenece.
- **Las justificaciones de estas discrepancias son de índole diversa:** características propias del punto de control (tipología, acuífero y profundidad de captación); usos del suelo de bajo riesgo en el entorno inmediato al punto de control frente a una importante actividad agrícola en la zona de recarga del acuífero; puntos sobre superficies de baja permeabilidad y por tanto con un nivel de riesgo de 1; o zonas afectadas por nitratos procedentes de fuentes no contempladas en el MVN, como es el caso de la carga ganadera.
- **El contraste por superficies afectadas es más representativo de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas que el definido por los puntos de control.** Para valorar el impacto de las presiones sobre las aguas subterráneas es más representativo hacer un análisis sobre superficies afectas en vez de sustentarse en el entorno inmediato a los puntos de control. Hay que tener en cuenta las circunstancias hidrogeológicas de cada punto, dado que puntos próximos pueden presentar contenidos de nitratos diferentes porque pueden representar distintas muestras: acuíferos confinados, zonas de absorción preferente, etc.

Análisis de las superficies afectadas por nitratos

- **Se observa una relación significativa entre el porcentaje de ocupación de las envolventes de aguas subterráneas afectadas y el porcentaje de niveles de riesgo extremo, con un mejor ajuste para el rango de NR 8-10:** cuando mayor es el porcentaje de estos niveles de riesgo dentro de una MSBT, mayor es el porcentaje de ocupación de la envolvente de aguas subterránea afectadas. Sin embargo, existe un número de MSBT (11 MSBT) que no se ajustan a esta relación, a lo que hay que añadir que estas *Zonas Afectadas* no siempre delimitan niveles de riesgo elevado: el porcentaje de ocupación de NR 8-10 para toda la superficie de Zonas Afectadas es del 35%.
- **Se observa una relación significativa entre la superficie de las Zonas Vulnerables y los niveles de riesgo alto y extremo, con un mejor ajuste para el rango NR 6-10:** dentro de una MSBT cuanto mayor es la superficie de las zonas con estos niveles de riesgo, mayor es la superficie que presenta de *Zona Vulnerable* a la contaminación por nitrato. Sin embargo, al igual que ocurre con las envolventes de aguas subterráneas, las ZV de algunas MSBT no se ajustan a esta relación (8 MSBT) y estas zonas protegidas no siempre se identifican con zonas de niveles de riesgo elevado: % de ocupación de NR 6-10 para toda la superficie de Zonas Vulnerables del 47%.
- **El contraste entre el MVN y el riesgo químico de las masas de agua subterráneas en relación a la presión difusa, es el análisis que muestra mejores resultados:** con porcentajes de ocupación de NR 7-10 > 22,5%, la mayor parte de las MSBT se encuentran en riesgo por contaminación difusa; con porcentajes de NR 7-10 < 5% la mayor parte de las MSBT no están en riesgo químico por contaminación difusa; y con porcentajes NR 7-10 < 12% buena parte de las masas de agua en riesgo por contaminación difusa se debe a la carga ganadera. Existen un total de 6 MSBT que no se ajustan a esta delimitación: MSBT 050 Aluvial del Arga Medio, 081 Aluvial del Jalón-Jiloca, 062 Aluvial del Medio Segre, 29 Sierra de Alaiz y 003 Sinclinal de Villarcayo. Son masas que dada la elevada superficie de niveles de riesgo 7-10 deberían estar en riesgo químico por contaminación difusa.
- Existe una buena relación entre el porcentaje de ocupación de los NR 7-10 y el contenido medio de nitrato de las MSBT diferenciado por tipología de MSBT. Para el caso de las MSBT aluviales, se diferencian dos familias con un comportamiento lineal distinto: MSBT con un elevado porcentaje de ocupación de NR alto-extremo (>60%) donde el aumento de estas superficies riesgo produce un incremento moderado del contenido en nitrato y MSBT con NR alto-extremo bajo (<60%) donde pequeños aumentos de estos niveles de riesgo conlleva incrementos más acusados del contenido medio de nitrato de la MSBT.
- **El estado y contenido en nitrato de las masas de agua superficial no muestran ninguna relación significativa con el porcentaje de ocupación de los diferentes niveles de riesgo dentro de su cuenca de aportación.** Un mayor porcentaje de niveles de riesgo alto, no siempre conlleva elevados contenidos de nitrato en las redes de control de aguas superficiales.

Análisis de diferencias con el modelo PATRICAL

- **El mapa de exceso de nitrógeno obtenido del modelo PATRICAL no siempre se ajusta a los valores de NR del MVN.** Las principales diferencias corresponden a las zonas de baja vulnerabilidad intrínseca donde el MVN aporta NR muy bajos (NR 1) frente a valores elevados de ExN del modelo PATRICAL y otras zonas donde la vulnerabilidad intrínseca es elevada y el MVN aplica valores de riesgo proporcionalmente más elevados a los que establece el modelo PATRICAL. Las diferencias de sobrestimación del modelo PATRICAL se debe a las diferencias conceptuales de ambos mapas, uno tiene en cuenta la vulnerabilidad intrínseca, el otro no y las de subestimación se debe a diferencias en la aplicación de valores de exceso de nitrógeno según cultivos y escala de trabajo; una escala de mayor detalle permite representar mejor las presiones debidas al exceso de nitrógeno de los cultivos, define un mayor rango de variación y muestra respuestas más sensibilidad a los cambios.
- **Ni el MVN ni el de ExN obtenido del modelo PATRICAL son sensibles a la carga ganadera.** En las MSBT en las cuales la única presión significativa de tipo difuso identificada corresponde con una elevada carga ganadera, los resultados del contenido medio de nitrato, no se ajusta ni a los niveles de riesgo del MVN ni a las salidas del balance del modelo PATRICAL

Revisión de las MSBT que han mostrado discrepancias

- **Las diferencias identificadas pueden ser de dos tipos:**
 - MSBT y zonas con unos niveles de riesgo elevado que no quedan reflejadas en el resultado de las redes de control, en las ZA y en las ZV. Se trata de MSBT o zonas donde es necesario definir las características de los puntos de control y del acuífero. Posibles características intrínsecas no contempladas (mecanismos naturales de atenuación de la contaminación), relativas a los usos del suelo (aplicación de buenas prácticas agrarias, modernización del riego (fertirrigación), abandono de cultivos, etc.) o captación de acuíferos no afectados en profundidad. En estas zonas es necesario reforzar las redes de control, disponiendo de puntos en áreas con una importante superficie con niveles de riesgo alto. Son zonas en las que hay que revisar la superficie de las ZV y la extensión de las envolventes de aguas subterráneas afectadas.
 - MSBT y zonas con niveles de riesgo bajo que muestran en las redes de control afección por nitratos. Son MSBT o zonas en donde es necesario identificar el origen de la contaminación difusa. Existe la posibilidad de haya variables no contempladas en el MVN como la carga ganadera que influyan en esta contaminación o que la contaminación proceda de otras zonas.
- Se ha realizado una revisión pormenorizada de cada una de las MSBT que han mostrado discrepancias. Se incluyen todas aquellas MBST en riesgo químico por presiones difusas y/o presentan un porcentaje de ocupación de más del 20% de NR>7. **Las principales modificaciones que se proponen son las siguientes:**
 - Modificación de los límites de 37 envolventes de aguas subterráneas afectadas adaptados a los niveles de riesgo elevado y formaciones acuíferas cuyos puntos de agua subterránea han mostrado afección por nitratos. Incorporación de 28 envolventes más, delimitadas a partir de puntos aislados que muestran afección por

nitratos. Con las modificaciones propuestas la superficie total de las *Zonas Afectadas* es de 3.878 km².

- Ampliación de las *Zonas Vulnerables* a la contaminación por nitratos con la incorporación a estas zonas protegidas de una superficie de 3.863 km². Actualmente, con las ampliaciones llevadas a cabo por las distintas Administraciones Autonómicas, en la cuenca del Ebro está declarada como *Zona Vulnerables* una superficie de 21.618 km², el 25,3% de su superficie. La incorporación de estas zonas propuestas, supondría aumentar esta proporción hasta el 29,8%.
- Incorporación a los puntos de agua subterránea de un total de 205 puntos de control y la eliminación de 26 puntos. La finalidad de los puntos propuestos es reforzar el control de acuíferos más superficiales (fundamentalmente cuaternarios) con NR>6, delimitar la extensión de las zonas afectadas por nitratos e identificar zonas que podrían estar afectadas debido al elevado nivel de riesgo que presentan.

Entre las **recomendaciones** que se podrían llevar a cabo para mejorar la representatividad del MVN o mejorar el conocimiento de las aguas subterráneas en relación a la contaminación por nutrientes cabría citar:

- La incorporación de valores normalizados de carga ganadera por municipio a los cálculos del riesgo debidos a los usos del suelo del MVN, permitiría elevar el nivel de riesgo de las zonas con bajos excedentes de nitrógeno hasta alcanzar niveles acordes con los resultados de las redes de control.
- El cálculo y aplicación del excedente de nitrógeno para un rango de cultivos más amplio permitiría incorporar valores más ajustados de potenciales aportes de nitrógeno a los acuíferos.
- La aplicación de la vulnerabilidad intrínseca no como un valor discreto 0 y 1, sino como un rango de atenuación de la contaminación podría explicar ciertos comportamientos anómalos que se observan en los resultados.
- En algunas MSBT sería de interés **analizar la contaminación de nitratos en profundidad**. Entre las MSBT de agua más relevantes que se han podido identificar gracias a este trabajo, además de las MSBT superpuestas como la Plana y Mesozoico de La Galera (102 – 103) o el Pliocuatrnario y Mioceno de Alfamén (076 y 077), se encuentran los 086 Páramos del Alto Jalón y su relación con 87 Gallocanta, 082 Huerva-Perejiles, 079 Campo de Belchite y 091 Cubeta de Oliete. Es necesario definir qué acuíferos en profundidad están afectados y en algunos casos la procedencia de esta contaminación (zonas con NR bajo cuyos puntos de control muestran contaminación).
- Se ha observado que existen numerosas MSBT que presentan amplias superficies de niveles de riesgo extremo cuyos puntos de control no muestran afección, y sin embargo en otras MSBT con similares características se obtienen concentraciones muy elevadas de nitrato. En este sentido sería interesante evaluar cuales son las diferencias entre ambas MSBT que permiten una mejora en los resultados. Un ejemplo es el 050 aluvial del Arga Medio, frente al

051 aluvial del Cidacos. En este caso cabría analizar la relación río-acuífero, los usos del suelo, los sistemas y origen del agua del riego, etc.

- En este sentido, también cabría hacer **un análisis de las tendencias de nitrato en las MSBT**, e intentar identificar cuáles son las variables que pueden estar influyendo en las tendencias observadas dentro de los trabajos de caracterización adicional. Por qué en unas MSBT y sectores esta contaminación incrementa de forma significativa y porque en otras descende. Analizar cuestiones relativas a los usos del suelo, buenas prácticas agrarias, patrones de cultivo, sistemas de riego, precipitaciones, etc. Estos trabajos podrían ayudar a determinar cuáles son las claves que permiten invertir las tendencias y aplicarlas en zonas fuertemente afectadas.
- Sería necesario también realizar un estudio de la **representatividad de los puntos de control**: se trata de un aspecto aun no bien resuelto. No tienen el mismo significado los resultados analíticos en manantiales o en pozos, o en pozos de distinta profundidad, a lo que hay que añadir que no todos los puntos de control tienen asignado el acuífero al que representan.

9. BIBLIOGRAFÍA

Arauzo M., M. Valladolid y G. García, 2019. Assesment of the risk of N-loss to groundwater from data on N-balance surplus in Spanish crops: An emprical basin to identify Nitrate Vulnerables Zones. *Sciencie of the Total Environment*, 696: 133713.

Arauzo M., M. Valladolid y G. García, 2020. Cartografía de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos de fuentes difusas en la cuenca del río Ebro (NE España). *Estudios Geológicos* 76(2): e132. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/egeol.43868.586>

Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), Proyecto de Plan Hidrológico del Ebro, Tercer Ciclo de Planificación (PHE 2021-27). Disponible en: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=56835&idMenu=5780>

Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), 2021. Informe sobre la determinación de las aguas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos de origen agrario en la demarcación del Ebro (Informe Cuatrienal 2016-19). Disponible en: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=19441&idMenu=3811/>

Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), 2016. Cuencas vertientes de las masas de agua superficiales (lineales y poligonales) del Plan Hidrológico del Ebro 2016-21. Disponible en: <http://iber.chebro.es/geoportal/>

Dirección General del Agua (DGA) 2021. Trabajos transversales para el estudio de necesidades y mejora de las redes de control en las MSBT. Encomienda de Gestión: “Medidas para proteger las aguas subterráneas como reserva estratégica frente al cambio climático. Fase I”. Trabajos en Ejecución.

Generalitat de Catalunya (GenCat), 2021. Mapa de Zonas Vulnerables de Cataluña, actualizado por Orden TES/80/2021. Disponible en formato shp en: <http://agricultura.gencat.cat/es/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/usos-sol-subsol/zones-vulnerables-nitrats/>

Generalitat de Catalunya (GenCat), 2016. Mapa Geológico Comarcal 1:50.000, servido por el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña. Disponible en: <https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Geologia/WMS-Cartografia-geologica>

Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 2004. Cartografía geológica digital continua a escala 1:50.000. Disponible en: <http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>

Mapa geológico escala 1:200.000 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE 1999), dominios: Depresión del Ebro, Central Ibérico, Jalón-Jiloca, Demanda-Cameros, Jaca-Pamplona, Mastrazgo-Catalánides, Sinclinal de Tremp y Vasco-Cantábrico. Disponible en: <http://iber.chebro.es/geoportal/>

Generalitat Valenciana (GenVal), 2018. Municipios designados como Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunitat Valenciana, Decreto 86/2018 de 22 de junio.

Gobierno de Aragón (DGA), 2021. Mapa de Zonas Vulnerables de Aragón, actualizado por Orden AGM/83/2021. Disponible en formato shp en: <https://www.aragon.es/-/zonas-vulnerables-nitratos#anchor3>

Ministerio de Agricultura y Pesca y Alimentación (MAPA), 2016. Balance de nitrógeno en la agricultura española años 2013, 2014 y 2015. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fertilizantes/>

Ministerio para la Transición Ecológica (MAPAMA). Estado de las masas de agua subterránea en los Planes Hidrológicos de Cuenca 2015-21.

Pérez Martín M.A., 2019. Obtención de la concentración de nitrato en las aguas subterráneas de España. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia.