

Propuesta metodológica para la

# **DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN**

**en aplicación del Real Decreto 47/2022, de 18 de  
enero, sobre protección de las aguas contra la  
contaminación difusa producida por los nitratos  
procedentes de fuentes agrarias**

Elaborado a partir de los trabajos realizados por el Partenariado del Agua del Ebro dentro del Grupo de cooperación GCP2021001800 - Partenariado del Agua del Ebro-Aragón II. <https://www.aguadelebro.es/>

Persona de contacto: Marian Lorenzo, [mlorenzo@cita-aragon.es](mailto:mlorenzo@cita-aragon.es)

27 de abril de 2026

## **Resumen ejecutivo**

---

El RD 47/2022 sobre sobre la protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agraria establece que las *comunidades autónomas deberán designar, ampliar o revisar las zonas vulnerables...*, con un *plazo como máximo de tres años, contados a partir de la publicación en el «Boletín Oficial del Estado»*. La última designación de las zonas vulnerables en Aragón corresponde con la ORDEN AGM/83/2021 de 15 de febrero por lo que, según esta normativa, se hace necesario hacer una nueva revisión de las zonas vulnerables de esta Comunidad.

Siguiendo las directrices del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, para la designación de las nuevas zonas vulnerables se tienen que definir inicialmente los Ámbitos de Aguas Afectadas, entendiéndose como tal...*todas las superficies conocidas de su territorio cuya esorrentía fluya hacia las aguas contempladas en el artículo 3 y que contribuyan, aunque sea mínimamente, a su contaminación*). Estos ámbitos se tienen que determinar a partir de los puntos de agua reportados como afectados y que corresponden, con todos aquellos puntos de control gestionados por la Administración Pública y que han mostrado concentraciones de nitratos por encima de lo establecido en el RD47/22 en el periodo 2016-2019.

Para el caso de Aragón, se propone una delimitación de los ámbitos de aguas afectadas a partir de las características de los puntos de agua afectados diferenciando entre:

- Ámbitos de aguas afectadas superficiales correspondientes con la cuenca de aportación de la masa de agua superficial monitorizada por cada punto afectado, incluyendo asimismo las cuencas de aportación de las masas de agua situadas aguas arriba y aguas abajo, siempre que estas no dispongan de puntos de control sin afección. La delimitación cartográfica de dichas cuencas se basa en la información disponible en las respectivas confederaciones hidrográficas, ajustada a las zonas en las que se localizan presiones agrícolas de acuerdo con los niveles de riesgo de contaminación por nitratos establecidos en la cartografía del Partenariado del Agua del Ebro.

- Ámbitos de aguas afectadas subterráneas que se definen como la superficie de afloramiento del acuífero monitorizado por cada punto afectado y de su tipología. En el ámbito de la cuenca del Ebro, el acuífero se corresponde con el asignado a cada punto de control por la Confederación Hidrográfica del Ebro y para la cuenca del Júcar, se le asigna el acuífero en función de su localización, tipología del punto (manantial, pozo o sondeo), profundidad en el caso de pozos y sondeos, y caudal aforado en manantiales. La delimitación cartográfica de la superficie de afloramiento se basa en el mapa continuo 1:50.000 del IGME, ajustado a las zonas con presiones agrícolas según los niveles de riesgo de contaminación por nitratos definidos en la cartografía del Partenariado del Agua del Ebro

A partir de la definición de estos ámbitos se redefinen las nuevas zonas vulnerables de Aragón incluyendo como tal todos aquellos polígonos SIG-PAC localizados dentro de estos ámbitos, a excepción de los clasificados íntegramente como urbanos, y los situados en las zonas de límite con clasificación SIG-PAC mayoritariamente no agraria.

Y se mantienen como zona vulnerable todas aquellas superficies fuera de los ámbitos de aguas afectadas que, estando incluidas en la Orden AGM/83/2021 de 15 de febrero, presentan uso agrícola y no disponen de puntos de control que evidencien una reducción favorable y significativa de los niveles de contaminación.

# Índice

---

Partenariado del Agua del Ebro .....	5
1. Introducción.....	7
2. Metodología de trabajo .....	9
3. Variables de análisis de riesgo de contaminación por nitratos.....	13
3.1. Cálculo de la carga ganadera de N .....	13
3.2. Caracterización del potencial impacto de los cultivos .....	17
3.3 Otros factores importantes relacionados con la contaminación por nitratos.....	19
3.4. Escala de trabajo .....	23
3.5. Necesidad de series de tiempo largas.....	26
4. Delimitación de los ámbitos de aguas subterráneas afectados por nitratos .....	28
5. Delimitación de los ámbitos de aguas superficiales afectados por nitratos.....	34
6. Delimitación de las zonas vulnerables de Aragón.....	38
7. Análisis de la evolución de la contaminación por nitratos en Aragón.....	41
8. Mejora del conocimiento del estado de las aguas subterráneas de Aragón.....	43
9. Conclusiones.....	44
Referencias.....	46

**Anejo I:** Fichas de delimitación de las zonas de aguas subterráneas afectadas en Aragón



## Partenariado del Agua del Ebro

---

El Partenariado del agua del Ebro es un grupo de reflexión y acción en torno al uso del agua en la parte aragonesa del valle del Ebro. En sus doce años de existencia, el Partenariado ha contribuido a reescribir los retos del agua desde una visión actualizada para pasar a diseñar una visión de futuro, un esbozo de cómo debería evolucionar la gestión del agua, con una perspectiva técnica socialmente integradora y con la ambición de crear un modelo atractivo, en el que los ciudadanos del Ebro-Aragón, quieran instalarse y con la participación de la sociedad civil.

Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta este grupo de colaboración es la disminución de los impactos producidos por la agricultura en el medio hídrico, especialmente los relacionados con la contaminación por nutrientes. Los trabajos en esta línea van dirigidos a la mejora en el conocimiento del territorio y al análisis y mejora de la gestión de la fertilización adaptándola a las características y necesidades específicas de cada zona. El objetivo es poder establecer medias adaptadas a la problemática de cada zona, buscando siempre el consenso de todos los actores implicados. Solo de esta manera las medidas definidas resultarán efectivas para la lucha contra este tipo de contaminación. Las normativas para el control de la contaminación por nitratos deben estar adaptadas a los requerimientos ambientales, sociales o económicos de cada territorio. Esto toma especial relevancia en Aragón, que se caracteriza por una gran variabilidad en sistemas de explotación agrícola, características físicas del medio y estructura social del territorio.

Las normativas deben estar basadas en un conocimiento detallado de territorio, un aspecto se ha señalado por el Partenariado del Agua del Ebro desde el inicio de su actividad. Así, el Partenariado ha desarrollado diversos trabajos de cartografía y análisis de la superficie de riego de la cuenca del Ebro en Aragón, ha clasificado los regadíos en base a la gestión del agua, la socioeconomía de los sistemas de explotación agraria, la gobernanza o modernización del regadío, entre otros aspectos.

Dentro de los trabajos realizados en el *Grupo de Cooperación en materia de tecnología e innovación en el sector agroalimentario*, enmarcado en el Programación de Desarrollo Rural de Aragón (GCP2021001800: Partenariado del Agua del Ebro-Aragón) el Partenariado ha desarrollado una clasificación de las zonas agrarias de Aragón en función del riesgo potencial de contaminación de las masas de agua por nitratos. En este documento se presentan la metodología utilizada para clasificar zonas por riesgo de contaminación por nitratos que se ha sido empleada para la delimitación de los ámbitos de aguas afectadas (AAA) y las Zonas Vulnerables (ZZVV) asociadas en respuesta al

Informe de Presiones e Impactos llevado a cabo por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Aprovechamos esta oportunidad para reconocer el interés del Gobierno de Aragón por buscar vías de mejora del problema de contaminación por nitratos y poner en valor los trabajos que desde el Partenariado estamos llevando a cabo al respecto. Estamos decididos a aportar nuestros puntos de vista sabiendo que serán escuchados y esperando que los comentarios que se encuentren acertados sean incorporados a los documentos finales. Con este esfuerzo nos sentimos útiles para la sociedad y contribuimos a que la agricultura aragonesa sea más sostenible.

# I. Introducción

---

Desde la trasposición de la Directiva de Nitratos (91/676/CEE) a la normativa española (Real Decreto 261/1996), han pasado casi 30 años con un total de cinco Planes de Actuación, sucesivas ampliaciones de las ZZVV, elaboración de códigos de buenas prácticas agrarias, normativas específicas como NitraCHE (CHE, 2022a), numerosos trabajos de investigación o desarrollo de modelos como PATRICAL (Pérez-Martín et al, 2014), inversión en redes de control, trabajos asociados a los Planes Hidrológicos como los de Caracterización Adicional, talleres de formación y concienciación y un sinfín de trabajos más. Sin embargo, un análisis general del problema permite ver que no sólo no ha disminuido la contaminación por nitratos en buena parte del territorio español, sino que muchos puntos muestran un incremento significativo y que cada vez que se amplía el alcance de las redes de control, el número de zonas afectadas aumenta. Todo esto viene a indicar que hay un amplio margen de mejora en la gestión del problema y que por tanto es preciso cambiar de modelo.

En este sentido, debemos destacar algunos aspectos que son importantes para mejorar el conocimiento de esta problemática y para establecer medidas eficaces contra esta contaminación, particularmente en el Ebro-Aragón:

- Partiendo de la premisa de que la delimitación de los AAA, en respuesta al Artículo 3.3 del RD 47/2022, tiene que servir de apoyo para que las Administraciones Autonómicas designen las ZZVV aplicando unos criterios homogéneos para todo el territorio español, lo más importante no es donde se establecen estos ámbitos sino las actuaciones y medidas que se lleven a cabo dentro de ellos.
- La experiencia muestra que delimitar estas zonas y aplicar en ellas una normativa genérica para resolver un problema que puede deberse a diferentes factores o a una combinación de ellos (suelos, clima, vulnerabilidad intrínseca, carga ganadera, eficiencia en el riego, intensidad de cultivos o capacidad de asimilación, entre otros) no resuelve el problema.
- Los resultados recogidos en los talleres de participación pública sobre contaminación por nitratos realizados por el Partenariado indican que las normativas aplicadas de forma genérica a todo un territorio generan desconcierto y desconfianza en la Administración Pública. Para propiciar un cambio de actitud frente a la contaminación por nitratos por parte de los agricultores en particular y de la sociedad en general, la Administración debe definir directrices claras y precisas del problema.
- Es preciso incorporar como base de gestión de la contaminación por nitratos la gobernanza. Hay que dotar de herramientas económicas, técnicas, sociales o

legislativas a todos los agentes implicados. De esta manera, se establecerán medidas consensuadas, asumibles y efectivas.

Según el Artículo 4 del RD 47/2022 deberían ser declaradas como ZZVV *“...todas las superficies conocidas de su territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas contempladas en el artículo 3 y que contribuyan, aunque sea mínimamente, a su contaminación”*. Y según el Artículo 3 de dicha normativa se indica como afectadas *“...las aguas superficiales continentales que presenten, o puedan llegar a presentar si no se actúa de conformidad con lo establecido en el artículo 6, una concentración de nitratos superior a 25 mg/l, las aguas subterráneas cuya concentración de nitratos sea superior a 37,5 mg/l y los embalses, lagos naturales, charcas, estuarios y aguas de transición y costeras que se encuentren en estado eutrófico o puedan eutrofizarse en un futuro próximo si no se actúa de conformidad al artículo 6”*

A la hora de definir cuál es el territorio que se debe incorporar como AAA, la primera pregunta que deberíamos hacer es qué se entiende por “mínimamente”, qué niveles de riesgo se establecen como admisibles y cuál es la zona geográfica cuya escorrentía contribuye a la contaminación de las aguas. Si hablamos de aguas afectadas como zonas o ámbitos, no como puntos, debemos tener claro cuál es el alcance de la contaminación, cuál es su origen y cuáles son sus repercusiones.

Para dar respuesta a estas preguntas es necesario hacer un análisis de riesgo de contaminación por nitratos de todo el territorio y en base a sus resultados y al de las redes de control, delimitar los AAA como las zonas de escorrentía y percolación que realmente contribuyan a la contaminación, es decir, delimitar como AAA todas aquellas zonas que posean un elevado riesgo de contaminación y que tengan un impacto comprobado en las redes de control. Este ejercicio a su vez permitiría identificar las zonas que podrían estar afectadas, pero se desconoce su estado por no tener un punto de control.

Dicho lo cual, para las aguas subterráneas es imprescindible delimitar qué formaciones o acuíferos se encuentran afectados, donde se localizan las presiones y delimitar estas zonas para actuar sobre el origen de esta contaminación y no sobre las consecuencias. Un buen ejercicio sería hacer campañas tipo *flash* para analizar el alcance de la contaminación en todos los acuíferos que presenten presiones elevadas, y que tengan o no, un impacto comprobado.

Finalmente, debe señalarse que, si bien el Real Decreto 3/2023, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua, fija para el agua de consumo humano un límite de concentración de nitratos de 50 mg/L, dicho umbral se sitúa por encima de los valores previstos en el Real Decreto 47/2022 para la clasificación de aguas

afectadas (25 mg/L y 37,5 mg/L). Sin embargo, se debe entender que esta divergencia responde a una necesidad de establecer medidas preventivas que permitan reducir la contaminación, en especial la de las aguas subterráneas, con anterioridad a que se alcancen niveles que limiten su uso para cuestiones tan esenciales como el abastecimiento urbano.

## 2. Metodología de trabajo

---

La metodología empleada para la determinación de las AAA y las ZZVV asociadas es la siguiente:

1º Elaboración de una cartografía que muestre cuales son las zonas de Aragón que presentan un mayor riesgo de contaminación por nitratos. Las principales variables que se han utilizado son:

1. Carga ganadera
2. Intensidad de cultivos
3. Intensidad de las precipitaciones en el momento de abonado
4. Sistema de riego + capacidad de retención de agua en el suelo.
5. Vulnerabilidad intrínseca.
6. Capacidad de asimilación de los ríos.
7. Calidad del agua de riego.

2º Contraste de estas zonas con las redes de control para establecer cuáles de las variables analizadas tienen una mayor repercusión sobre la calidad de las aguas. Se seleccionan aquellas de mayor relevancia y aplicando valores ponderados se elabora un **mapa de riesgo de contaminación por nitratos de las aguas superficiales** (Figura 1) y otro **mapa de riesgo de contaminación para las subterráneas** (Figura 2).

3º Se analiza la superficie correspondiente a los AAA, identificando para las aguas subterráneas la superficie de recarga de las formaciones acuíferas que muestran afección y para las aguas superficiales las cuencas de aportación.

4º Se determinan cuales son los niveles de riesgo dentro de los AAA; zonas en las que es necesario aplicar medidas de control frente a la contaminación por nitratos (AAA + niveles de riesgo alto). A su vez se identifican aquellas zonas que requieren de una mejora

del conocimiento del estado de sus aguas (niveles de riesgo alto sin al menos un punto de control).

5° Se delimitan las ZZVV a partir de la superficie incluida dentro de estos ámbitos y que presentan niveles de riesgo elevado tomando como unidad cartográfica de trabajo el polígono SIG-PAC.

6° Finalmente se revisan las zonas actualmente declaradas como vulnerables bajo ORDEN AGM/83/2021 no incluidas dentro de los AAA y que deben mantenerse al presentar presiones elevadas y no disponer de un punto de control que muestre valores de concentración de nitratos significativamente bajos.

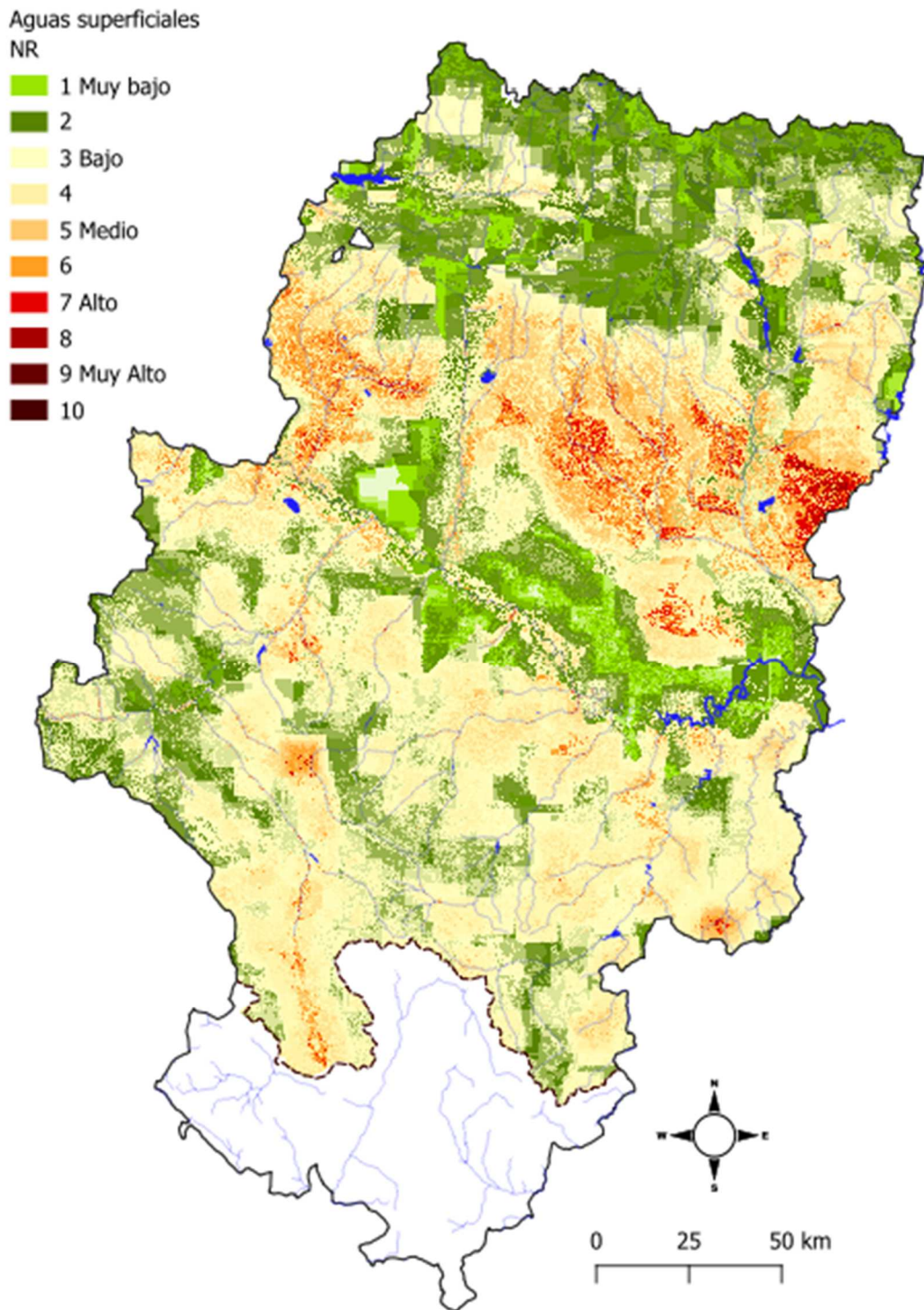


Figura 1: Mapa de riesgo de contaminación por nitratos de las aguas superficiales en Aragón.

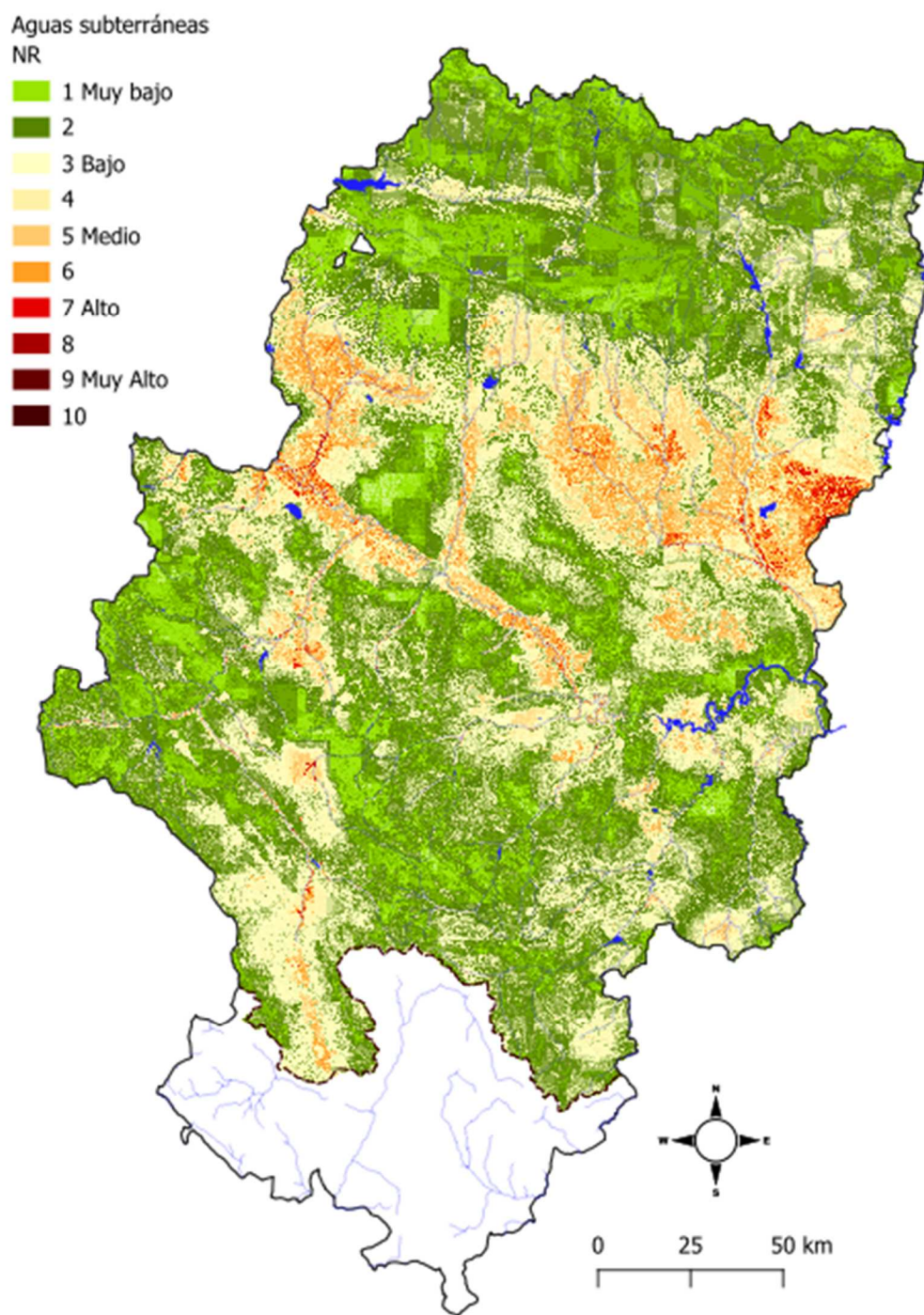


Figura 2: Mapa de riesgo de contaminación por nitratos de las aguas subterráneas en Aragón.

### 3. Variables de análisis de riesgo de contaminación por nitratos

---

#### 3.1. Cálculo de la carga ganadera de N

Para calcular la carga ganadera que soporta cada masa de agua es necesario hacer un cálculo unitario por granja, número de cabezas y tipología, no se pueden aplicar ni datos medios ni máximos ni mínimos de N generado por cabeza de ganado, la variabilidad es muy amplia.

Al igual que no se puede trabajar con datos municipales dado que las granjas se concentran en zonas muy concretas dentro de un mismo municipio. Para el caso de Aragón un elevado número de granjas están asociadas a los grandes sistemas de riego pues estas instalaciones requieren de un volumen considerable de agua para su explotación.

También es importante actualizar el cálculo del N generado por cabeza de ganado; para el caso del porcino, se ha observado un descenso en el contenido de N de las deyecciones asociado a mejoras en la gestión de la producción, en particular la composición del pienso que se ha visto reflejada en la base de datos de ECOGAN.

A partir de las bases de datos del Registro de Explotaciones Ganaderas de Aragón (REGA, 2022), aplicando los valores tabulados de N excretado en la ORDEN AGM/83/2021, del Gobierno de Aragón y actualizados por el sistema ECOGAN para lechones, cerdos de engorde y cerdas reproductoras para el año 2021 (MAPA, 2023), encontramos que Aragón se genera algo más de 90.000 T anuales de nitrógeno (Tabla 1).

Tabla 1. Producción anual de nitrógeno en Aragón procedente de las deyecciones ganaderas.

Ganado	Plazas	T-N/año
Ovino y caprino	1.800.000	9.500
Bovino	540.000	13.500
Porcino	10.500.000	67.500
Aviar	18.000.000	3.100
Total	-	93.600

Si tomamos como referencia el ganado de mayor impacto en Aragón, el porcino, y le aplicamos los valores máximos y mínimos definidos en la Tabla 22 del Informe de

Presiones del Ministerio (MITECOa, 2025) para el cálculo del N excretado, encontramos que el resultado se reduce en un 37% (42.400 T-N/año)<sup>1</sup>.

Es por tanto necesario definir la cantidad total que genera cada granja y el valor acumulativo de todas ellas y que depende a su vez, de su localización.

### **Metodología propuesta:**

Para calcular la carga ganadera que soporta cada masa de agua lo más importante es calcular los valores acumulativos de la totalidad de granjas y ver en que zonas concretas hay una sobresaturación de producción de N orgánico.

La base REGA dispone de tablas con la localización, tipología y capacidad de cada granja, lo que permite el cálculo unitario N (kgN/año). Los resultados del registro de MTDS (Mejores Técnicas Disponibles aplicadas en granja) implementado por el MAPA (ECOGAN) que está disponible para porcino, aves de carne y puesta y bovino permite obtener una mejor estimación de los contenidos de N en las deyecciones. Su reparto en suelos agrícolas cercanos y el sumatorio de las producciones de granjas cercanas permite determinar el valor acumulativo de todo el territorio.

### **Aplicación en Aragón:**

Para determinar si una granja puede establecerse dentro de un territorio, en Aragón se aplica el índice de saturación de nitrógeno (DECRETO 53/2019, de 26 de marzo, del Gobierno de Aragón, Anexo II):

*Se determina el efecto de fondo que “se obtiene de la diferencia entre la capacidad teórica máxima de aplicación de nitrógeno como fertilizante que tiene cada recinto y la cantidad de nitrógeno disponible asociado a la cabaña ganadera existente. Con este cálculo se obtiene el  $\sum N_{admisible}$ .”*

*Se calcula el aportado por la nueva granja “asociar a la nueva explotación los recintos SIGPAC aptos que se encuentren en un radio de 5 kilómetros y calcular, para la instalación pretendida en función de la especie, familia, tipo, clase productiva y capacidad, el efecto que ésta supondría sobre los recintos agrícolas destinados a valorizar mediante fertilización la producción de estiércoles,  $\sum N_{aportado}$ .”*

Y finalmente se calcula el índice de Saturación (IS) como:

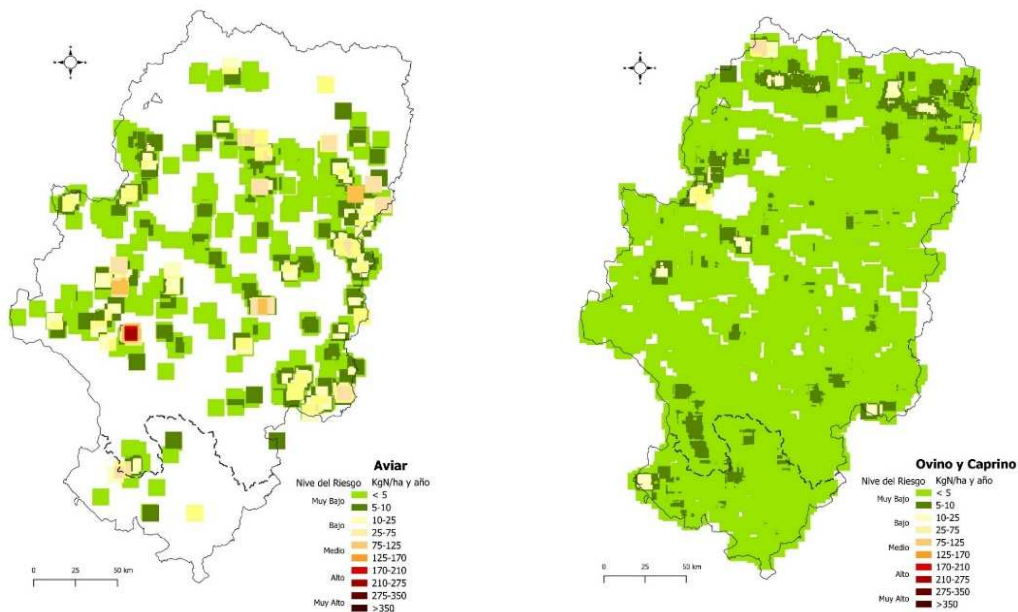
$$IS = (\sum N_{aportado} - \sum N_{admisible}) * 100 / \sum N_{admisible}$$

---

<sup>1</sup> Se aplica a los lechones, cría y cebo 3.9 KgN/año y 27,6 KgN/año a reposición y verracos

Para valores de  $IS < 50$  corresponde a resultados compatibles, si se encuentra entre  $-50$  y  $0$  a moderados, entre  $0$  y  $50$  severos y por encima de  $50$  a críticos. Cada uno de estos valores tiene sus propias limitaciones.

Dentro de los trabajos realizados por el Partenariado para el cálculo de la carga ganadera se ha empleado una metodología similar a la aplicada para el cálculo del índice de saturación: (i) se calcula la cantidad de N que genera cada una de las granjas del REGA (KgN/año) (solo ganado mayoritario: porcino, bovino, ovino, caprino y aviar); (ii) se determina la superficie de Aragón que es susceptible de recibir N (suelo agrícola SIG-PAC); (iii) a partir de la localización de cada granja se reparte el N total entre la superficie agrícola cercana a la granja (kgN/ha y año) (buffer de 5 km); (iv) en las zonas de superposición (zona de buffers superpuestos) se suman los valores para obtener la producción de N acumulada por ha para cada una de las ganaderías analizadas (Figura 3); (v) El sumatorio de las cuatro clases ganaderas permite representar la carga ganadera total en Aragón (Figura 4)



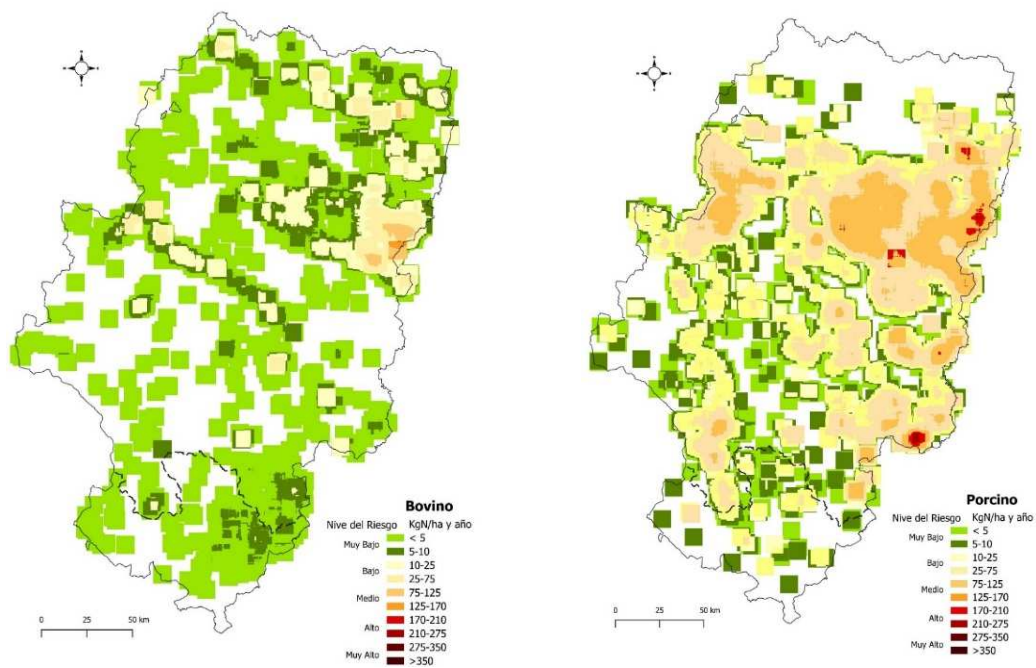


Figura 3. Valores de producción anual de nitrógeno y distribución por superficie agrícola acumulada de cada tipología de ganado en Aragón.

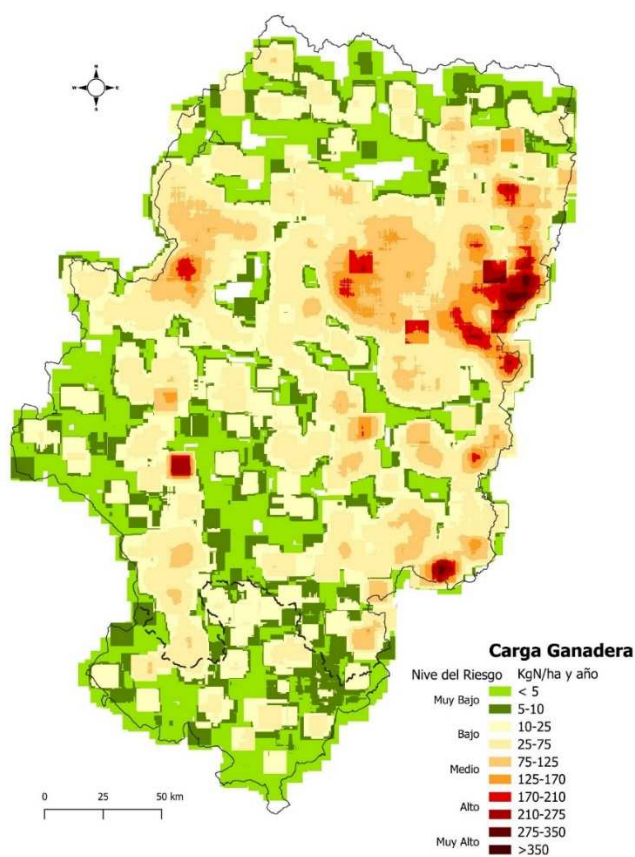


Figura 4. Mapa de riesgo de contaminación por nitratos asociado a la carga ganadera en Aragón.

### **3.2. Caracterización del potencial impacto de los cultivos**

De cara a la valoración del impacto de los cultivos, es importante no solo diferenciar entre secano/regadío y uso de suelo definido en el SIGPAC, sino también definir el tipo de cultivo presente en cada parcela. Dentro de las herbáceas en regadío, que se definen como Tierras arables en el SIGPAC (TA), se incluye una amplia variedad de cultivos con unas necesidades de N muy distintas; a las dobles cosechas y al maíz se le aplica una mayor cantidad de N que a otros cultivos como las leguminosas o el cereal de invierno, por lo que el riesgo de lavado de nitrato por el agua de riego o precipitaciones es mayor.

Al igual que es importante sobre todo en los secanos, establecer diferentes valores de intensidad agrícola en función de las producciones que se recogen en cada comarca. Para un mismo cultivo cuanto mayor es la producción, mayor es la cantidad de N aplicado al suelo y por tanto mayor es el riesgo de lavado.

En Aragón encontramos comarcas como la Hoya de Huesca donde se pueden recoger más de 4000 kg/ha de cebada en secano frente a los menos de 1.500 kg/ha que se recogen en algunas comarcas como la Hoya de Teruel o en el valle del Jiloca (SINGEAR, 2024).

Esta es una de las cuestiones importantes que se tiene en cuenta dentro del V Programa de Actuación de Aragón (Gobierno de Aragón, 2021) donde se establece para el cereal de invierno un aporte máximo admitido de 150 kgN/ha en las zonas más productivas (S2) frente a los 90 kgN/ha de las zonas correspondiente con los secanos menos productivos (S1). Estos datos están calculados a partir de unas necesidades de 30 kg/t por producción esperada y la producción media de cada zona.

#### **Metodología propuesta:**

Se debe utilizar como base cartográfica a escala de recinto el SIG-PAC y unir mediante codificación común los datos recogidos en la declaración de la PAC: tipo de cultivo incluidos los barbechos y las dobles cosechas y si se encuentra en secano o regadío. La administración autonómica dispone de esa información sobre la que trabajar.

A su vez en las estadísticas agrarias realizadas por los gobiernos autonómicos suele presentarse los valores de producción por cultivo y comarca (kg/ha). Si no se puede consultar también las estadísticas anuales del Ministerio, pero en este caso es a nivel provincial.

#### **Aplicación en Aragón:**

Dentro de los trabajos del Partenariado se ha determinado a escala de parcela el tipo de cultivo de los últimos años obtenido a partir del SIG-PAC más la declaración de la PAC.

La declaración de la PAC incluye más de 260 variedades de cultivos en Aragón que cada año se modifica con la introducción de nuevos cultivos o la variación de la codificación aplicada. Debido al elevado número que comprende, resulta muy laborioso definir calendarios de abonado y cantidad de nitrógeno aplicado a cada uno de ellos. Por este motivo se optó por agrupar todos estos tipos de cultivos en 11 grandes grupos atendiendo a sus necesidades de N (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de los cultivos en función de sus necesidades de nitrógeno (INN) y el valor de riesgo asociado a cada clase.

<b>Cultivos</b>	<b>Cualitativo</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
Hortícolas: INM > 300 kg N/ha	muy alto	10
Hortícolas: INM ≤ 300 kg N/ha	muy alto	9
Extensivos: 250 < INN ≤ 350 kg N/ha, maíz monocultivo	alto	8
Extensivos: INN > 350 kg N/ha; dobles cultivos	alto	7
Extensivos: 180 < INN ≤ 250 kg N/ha	medio	6
Extensivos: INM ≤ 180 kg N/ha	medio - bajo	5
Extensivos en secano: cereal de invierno y otros	medio - bajo	2/4
Leñosos en regadío	bajo	3
Leguminosas regadío	bajo	3
Leguminosas secano, pasto/barbecho	muy bajo	1
Leñosos en secano	muy bajo	1

Para el cálculo de las necesidades de nitrógeno de los cultivos implantados se empleó como referencia las recomendaciones de fertilización recogidas en el V Plan de actuación de las ZZVV (anexos III, IV y V). A las hortalizas y los cultivos extensivos con necesidades de N entre 250 y 350 kg N/ha o > de 350 kg N/ha se les otorgaron los valores de riesgo más altos. Por otro lado, a los cultivos leñosos (tanto de regadío como de secano) y a las leguminosas se les asignaron los valores más bajos de riesgo. En el caso de los cultivos extensivos de secano se discrimino entre los implantados en zonas húmedas con una mayor producción (precipitaciones anuales > 380 mm) a los cuales se les dio un valor de riesgo 4 y los implantados en zonas secas y de menor producción (precipitaciones anuales < 380 mm) con un valor de riesgo de 2.

### **3.3 Otros factores importantes relacionados con la contaminación por nitratos**

Cuando se elaboran los mapas de presiones e impactos hay ciertos factores que son determinantes en la contaminación por nitratos, y que no siempre se tienen en cuenta. Los más importante quizás sean la **capacidad de asimilación de NO<sub>3</sub>** por parte de los ríos y la **vulnerabilidad intrínseca** de los acuíferos.

El riesgo se compone por un lado de presiones o amenazas (el origen de la contaminación que en este caso es la carga ganadera, intensidad de cultivos, vertidos urbanos e industriales, y otros), y de vulnerabilidad (o facilidad con la que un contaminante puede alcanzar el acuífero o río). Los trabajos presentados por el MITECO de presiones e impactos (MITECO, 2025a) tienen en cuenta las presiones, pero no la vulnerabilidad y que resulta determinante para valorar el impacto.

Para el caso de las aguas superficiales si bien las normativas europeas establecen concentración y no masa de contaminantes, es importante evaluar el recurso de la masa de agua receptora frente a la carga contaminante. Para un mismo nivel de riesgo —mismas presiones— descargas sobre un cauce de bajo caudal, las concentraciones marcadas como límite por las normativas, se alcanzan antes; valores más pequeños en intensidad de carga ganadera y cultivos pueden generar mayores impactos en los cauces receptores que si el caudal es más elevado.

Casos concretos dentro de Aragón podría ser el barranco de La Violada (4.600 ha de regadío), La Valcuerna (10.600 ha de regadío) o el río Arba (63.000 ha de regadío). Son ríos cuyas cuencas de aportación son pequeñas, nacen en el pre-pirineo o en la Depresión del Ebro, por lo que son ríos de bajo recurso y soporta una superficie de regadío/secano importante. Los caudales de los meses de verano corresponden básicamente a retornos de riego abastecidos gracias a la regulación de los grandes ríos pirinaicos.

Frente a estos ríos deficitarios de la margen izquierda del Ebro se encuentran los grandes ejes del Pirineo como el Cinca o el Gállego, que soportando importantes superficies de riego/secano pueden asimilar una mayor carga contaminante y por tanto no presentan afección.

Es por tanto que se debe ser más restrictivo en cuanto a la valoración de las presiones y los posibles impactos de la agricultura en aquellas cuencas que son deficitarias. Por este motivo el caudal de asimilación es una de las variables que tomamos ponderada para el cálculo del riesgo de contaminación por nitratos en aguas superficiales (Figura 1).

Una de las herramientas que se podría aplicar y que emplea la Agencia Medioambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency - EPA) para el control de la

contaminación de las masas de agua, es la metodología de las *cargas máximas -diarias-admisible* (TMDL en inglés) (EPA, 1999). Se basa en determinar las cargas (masas) de todas las posibles fuentes de un cierto contaminante que fluyen hacia una masa de agua y establecer cuál debe ser su valor máximo para que la concentración de ese contaminante en la masa de agua receptora se mantenga por debajo de los límites establecidos.

Esta metodología se ha desarrollado en Aragón para la masa de agua del río Flumen dentro de los trabajos del PDR Transfer (Isidoro et al., 2019).

Para el caso de las aguas subterráneas, no se ha valorado la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, entendiéndose como tal a las barreras que de forma natural tiene un acuífero para protegerse de la contaminación.

La vulnerabilidad intrínseca depende de las características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de un área, siendo los factores más importantes la composición litológica y espesor de la zona no saturada (ZNS), el suelo (textura y materia orgánica), pendiente, tipología de acuífero (permeabilidad) y precipitaciones.

Es importante tener en cuenta esta variable pues a una misma intensidad agrícola, la respuesta en el contenido de nitrato de los acuíferos va a ser distinta. Acuíferos con un nivel freático cercano a la superficie, con una zona no saturada formada por litologías muy permeables y un suelo poco profundo de textura gruesa, el lavado del NO<sub>3</sub> de las aguas de lluvia y riego alcanzan rápidamente al acuífero. A diferencia otros acuíferos se encuentran protegidos por suelos bien desarrollados que retienen el N quedando disponible para plantas y bacterias, o disponen de una ZNS de gran espesor, verdaderos almacenes de NO<sub>3</sub>.

**NOTA:** Dentro de estos últimos cabría hacer un inciso con respecto a los secanos de la depresión del Ebro. En estas zonas de bajas precipitaciones, el aporte de N al suelo no es asimilado por las plantas quedando almacenado en la ZNS por periodos prolongados. Años húmedos o eventos de precipitaciones elevadas pueden producir un lavado del NO<sub>3</sub> generando picos de entrada de este contaminante en acuíferos y ríos.

### **Metodología propuesta:**

La capacidad de asimilación de los ríos se puede valorar de forma sencilla a partir de un índice calculado mediante la superficie de regadío/secano (intensidad de cultivos), la carga ganadera y los vertidos urbanos e industriales que se localiza en cada cuenca dividido por el caudal registrado en las estaciones de aforo. Valores elevados, son cuencas en las que se genera una elevada carga contaminante frente a un bajo caudal de

asimilación, mientras que valores pequeños indican poca carga contaminante frente a un elevado caudal de asimilación.

En aguas subterráneas existen muchos modelos para calcular la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, los más empleados son el DRASTIC (Aller et al, 1987) y para acuíferos carbonatados en España también se emplea el COP (Vías et al., 2006). Estos análisis y cartografía asociada están disponibles en todas las demarcaciones intercomunitarias gracias a los trabajos IGME-DGA (2009a).

### Aplicación en Aragón:

Dentro de los trabajos realizados por el Partenariado, se han definido y clasificado los caudales de las MSPF de la cuenca del Ebro en Aragón (Figura 5). Para ello fue necesario identificar para cada MSPF la estación de aforo más representativa: (i) cuando hay más de una estación, se selecciona la situada aguas abajo, (ii) si la MSPF no dispone de estación de aforo se selecciona la situada en otras MSPF del mismo cauce siempre que no existen aportaciones o derivaciones importantes (iii) y si recibe tributarios importantes se realiza un sumatorio de todas las estaciones situadas aguas arriba (iv) a falta de información se aplica los caudales en régimen natural definidos en los planes hidrológicos (solo tramos de cabecera).

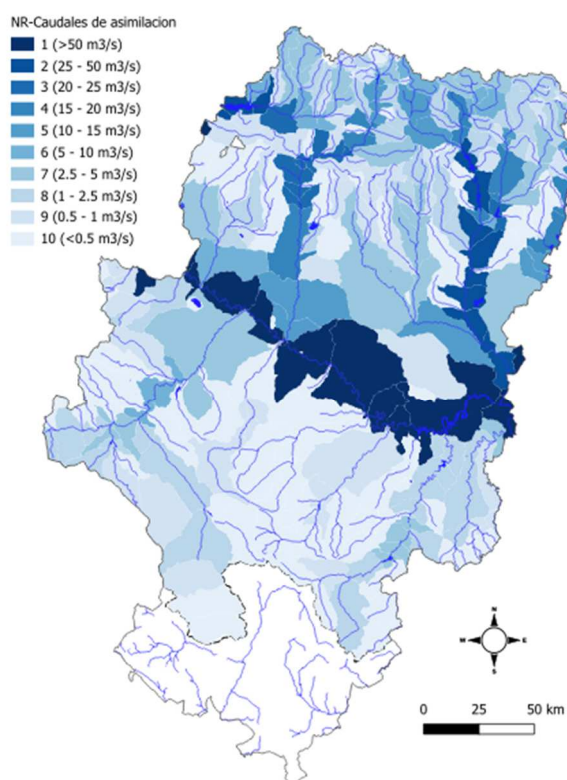


Figura 5: Mapa de clasificación de los caudales de asimilación de la carga contaminante en Aragón

Una vez definida la estación representativa de cada MSPF se calculó y clasificó el caudal medio anual de los últimos 10 años (2010 – 2021) recogidos en el anuario de aforos del MITECO, (MITECO, 2024).

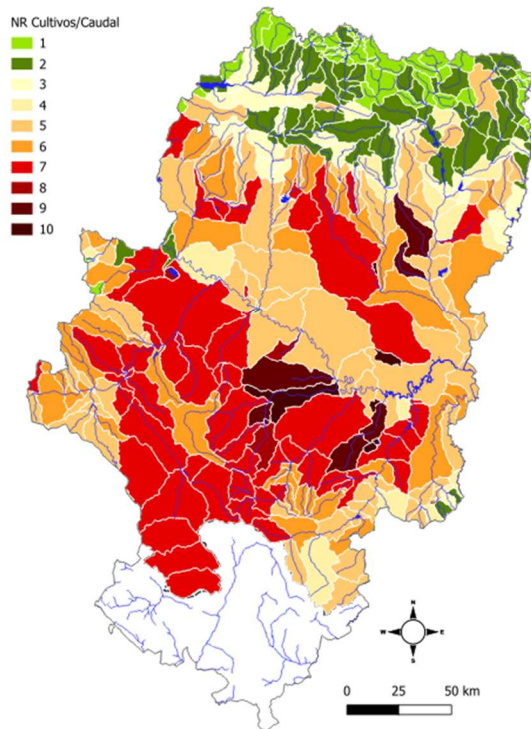


Figura 6: Clasificación de las cuencas de aportación de cada MSPF a partir del indicador de cultivos frente a caudales de asimilación. Valores cercanos a 10 corresponden con los NR más elevados.

También se puede realizar el mismo ejercicio, pero para la carga ganadera. Para este caso se calcula el sumatorio de todo el N generado por las granjas (KgN/año) en cada una de las cuencas de aportación de cada MSPF, más las situadas aguas arriba, dividida entre el caudal (Figura 7).

A partir de estos valores de caudal y la superficie de riego y de secano se pueden identificar las cuencas aragonesas que soportan mayor superficie de cultivo frente al caudal de asimilación. Para ello se calcula la superficie de riego ponderada más la superficie de secano de cada cuenca, teniendo en cuenta los valores acumulativos de los tramos superiores, dividida entre el caudal asociado a la MSPF (Figura 6).

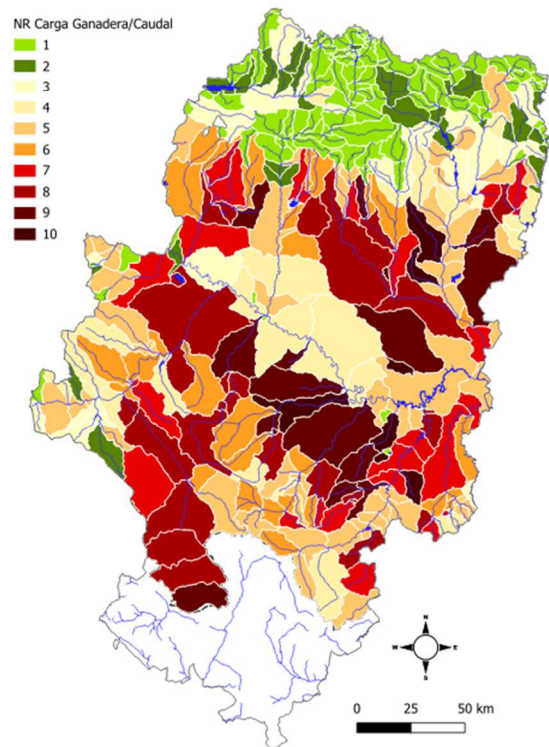
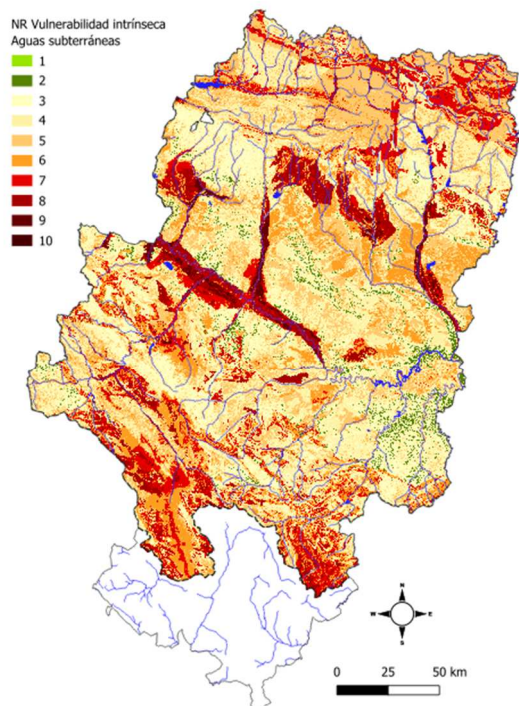


Figura 7: Clasificación de las cuencas de aportación de cada MSPF a partir del indicador de carga ganadera frente a caudales de asimilación. Valores cercanos a 10 corresponden con los NR más elevados.

**NOTA:** A estos resultados se tendrían que incluir además un indicador de los vertidos de las depuradoras en función de los ha-equivalentes tratados y tipo de tratamiento (primario, secundario o terciario con eliminación de nutrientes)



En cuanto a la vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas proponemos trabajar con el mapa de riesgo elaborado por Arauzo et al (2020), que incluye todo el territorio de la cuenca del Ebro en Aragón (Figura 8). La cartografía que aporta es de menor escala y los datos de entrada con los que se alimenta el modelo están más elaborados.

*Figura 8: Mapa de vulnerabilidad intrínseca de contaminación por nitratos en las aguas subterráneas de Aragón (Arauzo et al, 2020).*

### **3.4. Escala de trabajo**

Para analizar y contrastar presiones se debe y puede trabajar a escala de parcela.

Dentro de un mismo municipio existe una amplia variabilidad en cuanto a los usos del suelo (secano, regadío, zonas naturales, urbanas o industriales), marco físico (diferentes cuencas de aportación, acuíferos y suelos), cultivos (frutales, herbáceos, barbecho) gestión del agua y nutrientes (riego por aspersión, goteo o inundación), distribución de la carga ganadera (acceso a las tomas de agua), laboreo etc., por lo que el riesgo puede variar considerablemente dentro de una misma unidad territorial.

Además, en Aragón son numerosos los términos municipales de gran extensión por lo que el prorrateo de las presiones por unidad de superficie municipal no siempre es representativo de la realidad; pueden existir zonas de elevadas presiones localizados en áreas muy concretas del municipio.

Si ponemos como ejemplo al término municipal de Alcañiz y contrastamos cada una de las variables analizadas por el Partenariado (Figura 9) encontramos que el riesgo de contaminación varía de unas zonas a otras, así como el impacto comprobado en las redes de control: la MSPF de río Regallo muestra afección por nitratos frente al Guadaloque que se mantiene con niveles asumibles de este contaminante.

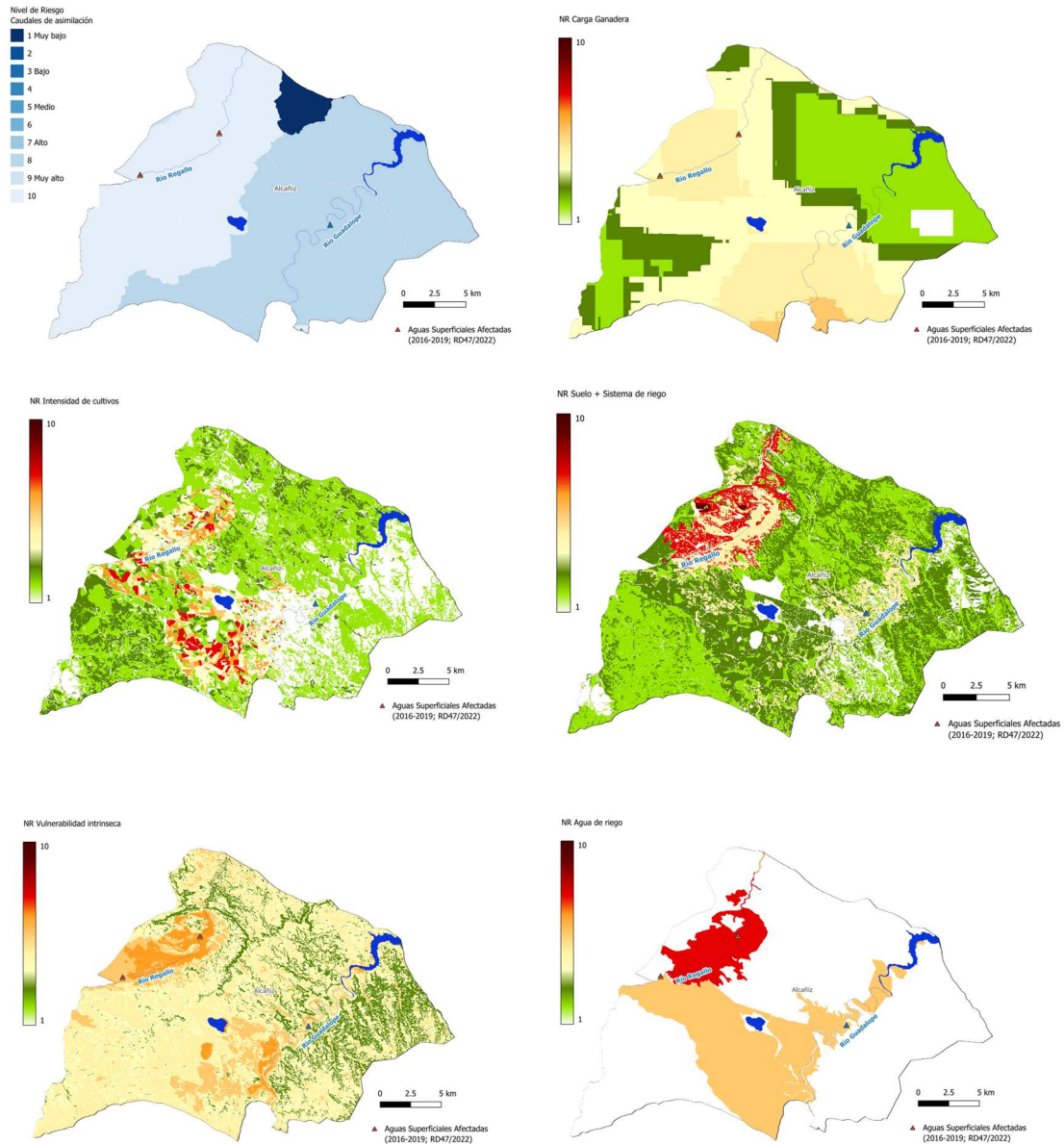


Figura 9: Niveles de riesgo de cada una de las variables analizadas dentro del término municipal de Alcañiz. De izquierda a derecha y de arriba abajo: caudal de asimilación, carga ganadera, intensidad de cultivos, capacidad de retención de agua en el suelo + sistema de riego; vulnerabilidad intrínseca y calidad del agua de riego.

A nivel general, cuando se trabaja a escalas muy grandes las variaciones no resultan importantes, los valores extremos quedan suavizados. El problema es cuando bajamos de escala y comprobamos que muchos de estos valores extremos se concentran en zonas muy concretas donde puede haber incluso una combinación de varios factores que hacen que el riesgo de contaminación sea muy elevado: cultivos intensivos en zonas con elevada carga ganadera sobre acuíferos muy vulnerables a la contaminación, y todo esto dentro de un mismo municipio.

### Metodología propuesta:

Delimitar dentro de cada municipio los usos del suelo a escala de parcela a partir de cartografía SIG-PAC y una vez normalizado los datos definidos para cada parcela, rasterizar a escalas de trabajo pequeñas (25 m).

### Aplicación en Aragón:

En Aragón cada una de las variables de riesgo sobre las que ha trabajado el Partenariado se encuentra recogidas en ráster de 5 m elaborados sobre datos a escala de parcela.

Por otro lado, para el análisis y propuesta de mejoras de los regadíos de Aragón la unidad grupal con la que trabaja el Partenariado corresponde a las Unidades Cartográficas de Regadío (UCRs) (Figura 10). Se trata de agrupaciones de regadío que representan a cada una de las comunidades de regantes, grandes explotaciones de particulares o agrupaciones de pequeños particulares dentro de un mismo municipio que tienen unas características de riego similares (Zapata et al, 2020).

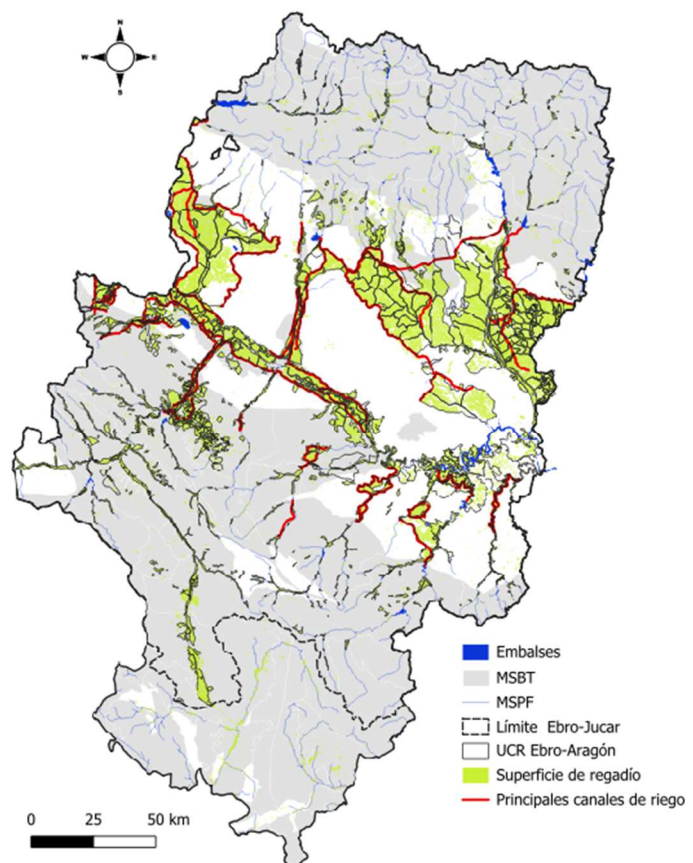


Figura 10: Unidades Cartográficas de Regadío (UCRs) definidas en la cuenca del Ebro en Aragón.

En la cuenca del Ebro en Aragón se encuentran definidas un total de 1144 UCR clasificadas según el origen del agua, si requieren de bombeo para el riego, sistema de riego en parcela, escasez de agua, tamaño de parcela, tipo de cultivo, si incorpora zonas pertenecientes a la Red Natura 2000 y su socioeconomía (Lorenzo-González et al, 2024). Cada una de estas UCRs se encuentra a su vez clasificada por el riego de contaminación por nitratos, diferenciando valores de riesgo específicos para cada una de las variables definidas.

Estas UCRs se establecen como base para la aplicación de medidas específicas en función de las características de cada zona y su capacidad de gestión y gobernanza.

### 3.5. Necesidad de series de tiempo largas

No se puede elaborar un mapa de intensidad agrícola con un solo año. Los patrones de cultivo y la superficie varían en función de la climatología, recurso disponible a inicio de campaña de riego, precio y disponibilidad de insumos o mercado. La rotación de cultivos incorpora superficies en barbecho o leguminosas a los cuales o no se les aplica N o se les aplica pequeñas cantidades y que pueden dominar según el año que se tome como referencia.

Si realizamos varios años de una zona con una elevada intensidad agrícola, como puede ser el TM de Monzón y comparamos la distribución de los cultivos en los últimos 4 años podemos observar cómo los cultivos y su distribución cambian de unos años a otros, en concreto las dobles cosechas (Figura 11).

Si ponemos cifras, en Huesca en 2023 se declararon en la PAC un total de 31.500 ha con dos cultivos anuales y en 2024 la cifra aumentó hasta 51.800 ha. Para las dobles cosechas, siendo las más comunes en Aragón los cereales de invierno seguidos de maíz, se calculan unos requerimientos de nitrógeno de más 350 kg/ha y año.

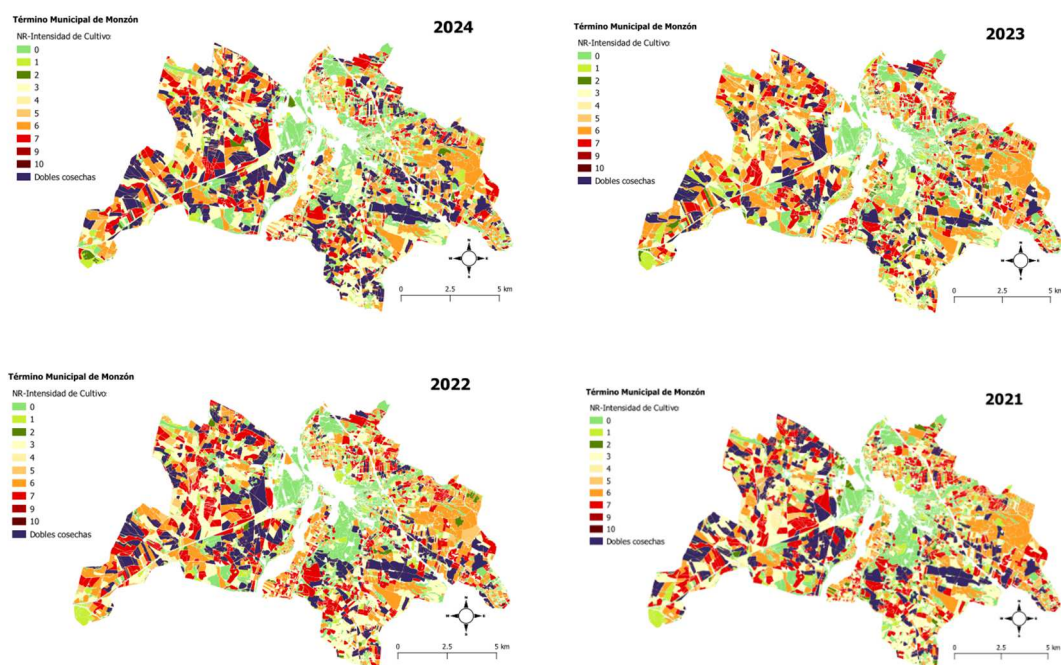


Figura 11. Representación del riesgo de contaminación de nitratos por intensidad de cultivos en los años 2021-2024 en el término municipal de Monzón. Los Niveles de Riesgo (NR) corresponden al del tipo de cultivo aplicando los valores definidos en la Tabla 2.

Además, es importante incorporar datos actualizados, no se pueden aplicar ni el censo agrario que trabaja a escala municipal, ni estadísticas de más de 10 años. En Aragón llevamos más de 20 años con procesos de modernización del regadío que conllevan no solo una mejora en la eficiencia de riego sino también una mejora en la aplicación de los fertilizantes y en un cambio en los patrones de cultivos. Con la modernización se tienen a implantar cultivos más productivos que requieren de un mayor aporte de nutrientes, sin embargo, su aplicación se realiza de forma más eficiente. Este aumento de la eficiencia en el riego permite gestionar mejor el agua y disminuir con ello el volumen de los retornos de riego lo que puede aumentar la concentración de nitrato en las mismas, aunque la masa de nitrato y por tanto su impacto potencial, se ve reducido.

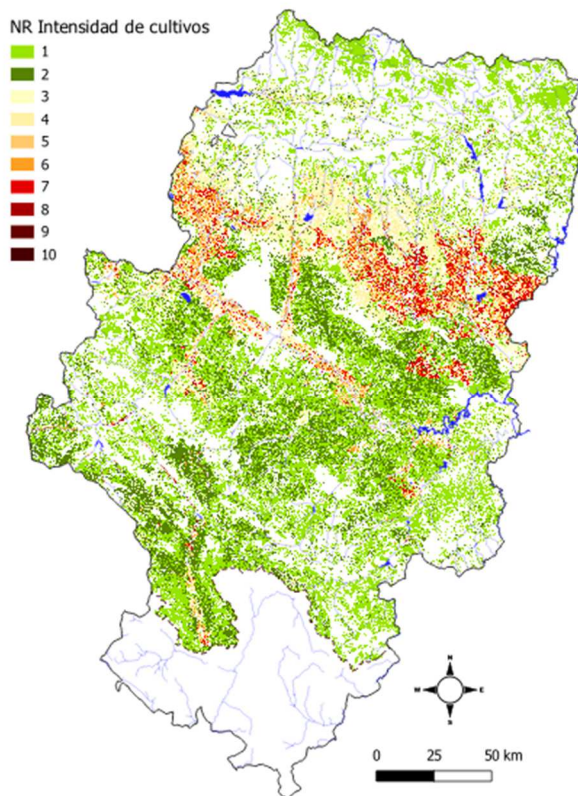
Por otro lado, según que zonas, también se está produciendo un abandono importante de los cultivos de secano y regadío. En Aragón si bien se han ampliado algunas zonas de regadío (Plan Nacional de Regadío o Plan PEBEA) otras, en especial en Teruel o en la cuenca del Jalón se está produciendo un abandono (Playan, 2024). Por ello es importante que se trabaje con datos actualizados que representen la realidad actual de cada territorio.

#### **Metodología propuesta:**

Se puede trabajar con los datos del SIG-PAC junto con la declaración de la PAC de varios años y hacer un promedio del aporte aplicado al suelo en cada uno de los años de estudio o por baremos.

#### **Aplicación en Aragón:**

Dentro de los trabajos llevados a cabo por el Partenariado para la elaboración del mapa de riesgo asociado a la intensidad de los cultivos se trabajó con los cultivos implantados en parcela en los años 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023. Datos obtenidos de la unión del SIG-PAC más Declaración-PAC.



De forma anual a cada una de las parcelas se le aplicó un valor de riesgo en función del cultivo declarado (Tabla 2) obteniendo así 5 mapas ráster representativos de cada año de estudio. El promedio de los cinco años viene a representar el riesgo de contaminación asociada a la intensidad de los cultivos (Figura 12).

*Figura 12. Mapa de riesgo de contaminación por nitratos asociado a la intensidad de los cultivos en Aragón. Promedio de los años 2019-2023*

#### **4. Delimitación de los ámbitos de aguas subterráneas afectados por nitratos**

No se puede incorporar como AAA toda la envolvente que abarca la masa de agua subterránea (MSBT) cuando tan solo muestra afección en uno o algunos de sus acuíferos y el resto presenta puntos de control que denotan un buen estado.

A nivel general, en Aragón a las MSBT de los grandes aluviales del Ebro, donde se localiza una importante superficie de regadío se les podría aplicar este criterio, para el resto no. Tanto en la Ibérica como en el Pirineo, las MSBT presentan diferentes formaciones acuíferas, algunas de las cuales configuran acuíferos principales o regionales, otras tienen una componente más local o secundario.

Se da también el caso de una misma formación acuífera dentro de una MSBT se encuentre compartimentada en acuíferos con un comportamiento aislado. Dentro de estas últimas son reseñables los acuíferos del cretácico superior de la MSBT del Maestrazgo, zona donde no existe una elevada intensidad de cultivos, pero si una elevada carga ganadera. En este caso se debería delimitar el AAA al acuífero concreto que muestre esta contaminación.

A su vez, existen MSBT configuradas por formaciones de baja permeabilidad donde la contaminación está limitada a una zona concreta y no a toda la MSBT como es el caso en Navarra del Sinclinal de Jaca-Pamplona. Esta MSBT está formado por depósitos de Flysch donde se intercalan megacapas carbonatada y donde la contaminación por nitratos se localiza en una zona muy concreta.

También son numerosos los puntos afectados por nitratos en Aragón no pertenecientes a ninguna MSBT, en concreto en las formaciones terciarias de la Depresión del Ebro que debido a su baja permeabilidad y capacidad de explotación no fueron configuradas en la caracterización inicial como masa de agua. Sobre estas formaciones se localizan importantes extensiones de regadíos intensivos, secanos y granjas. Su incorporación como una única MSBT en el siguiente ciclo de planificación hidrológica va a incrementar la superficie de las masas de agua en mal estado. De cara a su gestión y control, deberían configurarse como masas más pequeñas o aplicar criterios para la delimitación de las zonas de aguas afectadas ajustadas a las zonas donde se localizan las presiones.

En este tipo de formaciones de baja permeabilidad la velocidad de tránsito es muy baja por lo que el origen de la contaminación se debería localizar en áreas cercanas. Los límites de los AAA deberían establecerse en zonas próximas al punto afectado donde se localicen las presiones y no en toda la superficie de afloramiento terciario o MSBT. Además, se trata de formaciones muy extensas que presentan una baja densidad de puntos de muestreo por lo que se desconoce su estado general de afección. Hay que indicar que para el caso de Aragón buena parte de la superficie de los Terciarios de la Depresión del Ebro, si bien son pocos los puntos de control de aguas subterráneas, los correspondientes a las aguas superficiales muestran elevadas concentraciones de  $\text{NO}_3$  por lo que las cuencas de aportación deberían quedar incluidas como áreas afectadas.

También dentro de esta Comunidad se encuentran MSBT cuya contaminación procede de MSBT contiguas (trasferencias subterráneas). Ejemplo es la MSBT de los Páramos del Alto Jalón donde todos los indicios hacen suponer que los aportes de  $\text{NO}_3$  en la zona más oriental provienen de la MSBT de Gallocanta (el límite NO es una divisoria de aguas subterráneas móvil), cuenca endorreica con valores especialmente elevados de  $\text{NO}_3$ . Salvo zonas muy concretas, la MSBT de los Páramos de Alto Jalón, no soporta una importante actividad agraria. Se trata de una masa de agua muy amplia con un gran abanico de formaciones acuíferas. Para estos casos se debería delimitar como área afectada la zona donde se origina la contaminación y excluir como mínimo las formaciones acuíferas que dispongan de puntos de control en buen estado.

Finalmente, también cabría revisar aquellas MSBT conformadas por depósitos cuaternarios de glaciares o terrazas (Arbas, Saso de Bolea-Ayerbe, Hoya de Huesca, Saso del Alcanadre), cuya principal recarga corresponde a los retornos de riego y

precipitaciones y cuya descarga se realiza a la red fluvial que actúa como eje principal de drenaje. Algunos de estas terrazas y depósitos de glaciares están desconectados de la red fluvial. Se depositan sobre terciarios de baja permeabilidad comportándose como acuíferos aislados cuya descarga se realiza a partir de manantiales situados en las zonas de contacto con las formaciones basales.

En estos casos debería incluirse como AAA toda el área de recarga de la formación cuaternaria afectada utilizando como límite o los afloramientos terciarios o la red de drenaje superficial y no toda la MSBT.

**Metodología propuesta:**

Para delimitar las principales áreas de aporte de estos contaminantes y establecer los límites potenciales de afección es necesario conocer el modelo conceptual de funcionamiento de los acuíferos afectados: áreas de recarga y descarga, transporte de contaminantes, representatividad de los puntos de control y relación entre las formaciones laterales y subyacentes (límites abiertos/cerrados).

Las Confederaciones Hidrográficas, en los trabajos de Caracterización Inicial y Caracterización adicional realizados en los diversos ciclos de planificación disponen de información que puedan resultar de ayuda para la delimitación de estas zonas.

Como mínimo se podría aplicar como límite el de los sectores definidos por el PATRICAL, ya que se están empleando para reportar a Europa los objetivos del buen estado de las MSBT.

A modo genérico y en base a lo que se ha aplicado en Aragón se podría diferenciar entre (Tabla 3):

*Tabla 3. Propuesta metodológica de delimitación de los AAA subterráneas.*

<b>MSBT-Clase</b>	<b>Criterio de delimitación</b>	<b>Justificación</b>
Grandes aluviales- Un solo acuífero	Límite de la MBST, afloramientos cuaternarios	Elevada presión agrícola en toda su extensión. MSBT que disponen de una amplia red de puntos
Detríticos terciarios - gran extensión con un solo acuífero	Entorno del punto afectado, en función del análisis de presiones.	Baja densidad de la red de control, desconocimiento de su estado
Diversidad de acuíferos	Superficie de recarga de acuífero afectado. Como mínimo excluir los acuíferos que se encuentren en buen estado (disponen de puntos de control < 37,5 mg/L)	Focalización y delimitación de las zonas con contaminación Mejora en la aplicación de medidas

Formaciones de baja permeabilidad	Entorno del punto afectado, en función del análisis de presiones	Poca capacidad de transporte de la contaminación. MSBT muy grandes, baja aplicabilidad de las medidas
Acuíferos locales	Superficie de recarga del acuífero	Poca representatividad del punto de control y de la contaminación de la MSBT Bajo recurso de agua
Acuíferos compartimentados o de comportamiento aislado	Superficie de recarga del acuífero	Focalización y delimitación de las zonas con contaminación Mejora en la aplicación de medidas
Acuíferos con transferencias subterráneas importantes con concentraciones altas de NO <sub>3</sub>	Zona de recarga del acuífero del que procede la contaminación	Medidas aplicadas en origen
Formaciones acuíferas superpuestas: cuaternarios/ terciarios	Toda la superficie de los cuaternarios y entorno de los terciarios en función del análisis de presiones	Ambos acuíferos afectados
Formaciones acuíferas superpuestas: cuaternarios/ carbonatados regionales; terciarios detríticos/carbonatados regionales	Solo límites de afloramiento del acuífero cuaternario salvo excepciones donde haya una evidencia clara de afección a los acuíferos regionales. En ese caso incorporar también las áreas de recarga de los acuíferos regionales	Solo afectado el acuífero superior. El inferior posee una superficie de recarga mucho más amplia.

### Aplicación en Aragón:

La delimitación de los AAA subterráneas que se propone consiste en determinar la superficie de recarga de cada una de las formaciones acuíferas que muestran un punto de control afectado, realizando un estudio detallado en cada uno de los casos (Figura 3).

**NOTA:** Solo se delimita en base a las formaciones acuíferas que tienen puntos afectados (RD 47/22, Cuatrienio 2016-2019) y su relación con las formaciones acuíferas colindantes. Se emplea como referencia de alcance de la contaminación los puntos de las redes no afectados.

Hay que indicar que en Aragón la Confederación Hidrográfica del Ebro dispone de un listado de acuíferos dentro de cada MSBT y en buena parte de los puntos de control

está definido el acuífero/s captados. Para el resto fue necesario designar un acuífero/s en función de su localización, tipo, profundidad o caudal.

Para cada punto afectado se identificó el área de recarga como los afloramientos de la formación acuífera a la que pertenece a partir del mapa de permeabilidad del IGME - 200.000 ajustado con base en el mapa geológico continuo del IGME-50.000. Para el caso de los pozos y sondeos se tomó como referencia la formación litológica sobre la que se sitúa el punto, realizando un análisis pormenorizado para aquellos puntos que pudieran estar asociados a más de una formación (acuíferos superpuestos).

Hay que tener en cuenta que diferentes formaciones pueden comportarse como un solo acuífero, realizarse transferencias subterráneas entre formaciones contiguas (transporte horizontal de la contaminación) o tratarse de formaciones superpuestas donde la contaminación se traslada desde los niveles superiores hacia los más profundos (transporte vertical de la contaminación).

En Aragón la mayor parte de los pozos y sondeos afectados (107 puntos) se sitúan sobre cuaternarios (93 puntos), o bien son pozos de poca profundidad (no totalmente penetrantes) (76 puntos) o estando emplazados sobre cuaternarios pueden alcanzar las formaciones acuíferas subyacentes (31 puntos). En estos últimos casos al no tener aislada la formación cuaternaria superior, la calidad del agua responde a ambas formaciones, siendo que la contaminación se localiza en los niveles superiores, en los cuaternarios.

La limitación de la selección de los afloramientos cuaternarios como áreas afectadas se puede aplicar según que acuíferos: en los aluviales y otros cuaternarios sobre jurásicos y cretácicos carbonatados aragoneses de carácter regional (11 puntos), solo se debería seleccionar los afloramientos cuaternarios superficiales. Los acuíferos regionales que presentan una amplia superficie de recarga, de estar contaminados, su origen puede situarse en una zona muy alejada del punto de control, lo que dificulta su localización. Por lo general las áreas de recarga de estos acuíferos mesozoicos, son zonas de relieve donde la presión agrícola, industrial y urbana es pequeña, sus aguas suelen ser de muy buena calidad.

También ocurre algo similar en algunos manantiales afectados de Aragón (68 puntos) que, si bien sus descargas están asociadas a las formaciones regionales carbonatadas (10 puntos), estas salidas se realizan a través de cuaternarios (5 puntos) que pueden ser los responsables de la contaminación. A la hora de seleccionar las áreas de alimentación se debería limitar a las formaciones cuaternarias y contrastar en pozos o manantiales cercanos el estado de afección de los acuíferos regionales.

**NOTA:** para puntos de control asociados a acuíferos regionales, se debe analizar con detalle el origen de la contaminación. Para el caso de Aragón estamos hablando de un

volumen de agua importante que queda comprometido para usos tan necesarios como el abastecimiento urbano.

Para aquellas formaciones cuaternarias situadas sobre terciarios detríticos con un carácter más local (19 puntos) se selecciona tanto la superficie de afloramiento de los cuaternarios como la de los terciarios a excepción de si las formaciones subyacentes son de baja permeabilidad (arcillas y limos) donde solo se incluye al cuaternario.

El resultado final de los AAA en aguas subterráneas es el que se muestra a continuación (Figura 13):

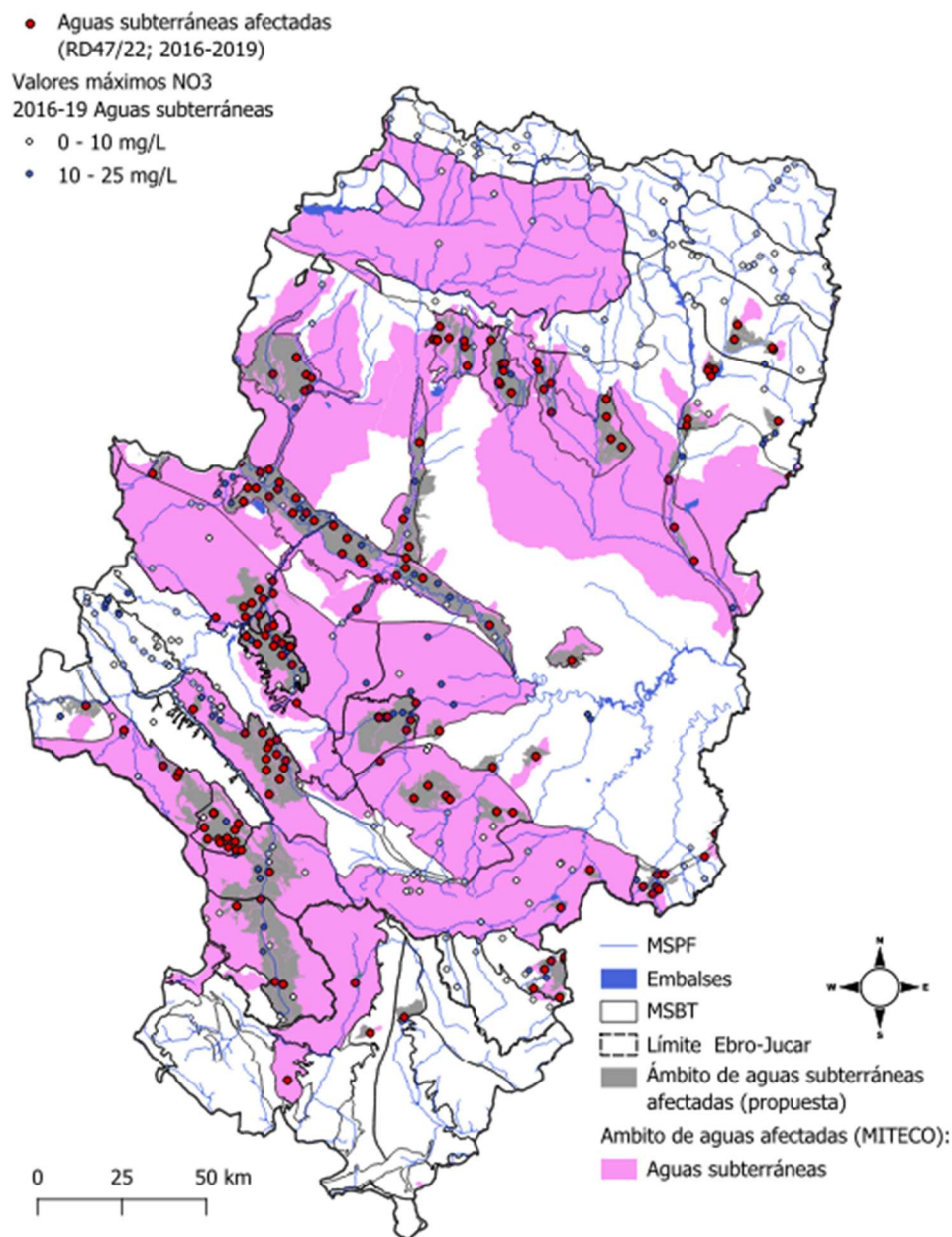


Figura 13: Delimitación de los AAA de aguas subterráneas aportada por el MITECO (2025a) y la propuesta incluida en este informe.

## 5. Delimitación de los ámbitos de aguas superficiales afectados por nitratos

---

Se deben delimitar las cuencas de aportación de cada MSPF que muestran un punto de afección, más las situadas aguas arriba y aguas abajo, que presenten presiones importantes y no dispongan de punto de control que determinen su estado.

En la cuenca del Ebro, a diferencia de las aguas subterráneas que presentan una frecuencia de muestreo semestral, en las superficiales la frecuencia es mensual y en algunas estaciones del SAICA también se mide el  $\text{NO}_3$  de forma continua. De este modo, si un río muestra valores por debajo de 25 mg/L a lo largo del año, su cuenca de aportación o por lo menos la cuenca que queda por encima del punto de control no debería quedar incluido como ámbito de aguas afectadas pues o se trata de una masa de agua donde las presiones son bajas o su capacidad de asimilación es alta.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que no siempre el origen de la contaminación se localiza en el entorno del punto afectado, puede situarse varios kilómetros aguas arriba. La masa de agua va recibiendo efluentes y aumentando (o disminuyendo cuando recibe tributarios de buena calidad) su concentración paulatinamente hasta sobrepasar el límite máximo. Por eso hay que tener en cuenta todo el tramo situado aguas arriba del punto afectado y evaluarlo en función de las presiones existentes.

Dentro de la delimitación de las cuencas de aportación como AAA realizada por el MITECO no se entiende el criterio “...en el caso de las aguas subterráneas de freáticos someros de 0 a 5 m de profundidad se propone la misma solución de considerar el ámbito de aguas afectadas correspondiente con la cuenca hidrográfica vertiente a dicho punto bajo la hipótesis de que su recarga procede principalmente de los cauces de ríos perdedores”.

Los ejemplos más claros en Aragón de freáticos someros son los aluviales; acuíferos conectados con los ríos, con niveles piezométricos cercanos a la superficie, una vulnerabilidad intrínseca alta y cubiertos en su mayor parte por regadíos, en concreto por los regadíos tradicionales de Aragón. Normalmente estas formaciones aportan agua a los ríos, salvo en los momentos de avenida donde es el río el que aporta agua al acuífero.

Como hemos indicado anteriormente, los acuíferos cuaternarios en este caso los aluviales, son los que presentan un mayor número de puntos afectados, y sus descargas incrementan el contenido en nitratos en los ríos y no al revés. El origen de la contaminación se sitúa sobre el área de recarga del aluvial que debería considerarse

como zona de aguas afectadas y no toda la cuenca de aportación sobre la que se sitúa el aluvial ya que la MSPF no tiene por qué mostrar contenidos elevados de  $\text{NO}_3$ .

Hay que indicar que no es lo mismo una terraza de poca extensión que se alimenta básicamente de retornos de riego cuyos drenajes, si bien pueden tener elevadas concentraciones, su impacto sobre el cauce receptor es escaso frente a grandes aluviales cuyos aportes al río son más relevantes. Dado que solo se tiene en cuenta la concentración, no sería correcto incorporar toda una cuenca de aportación por un valor elevado en un aluvial.

En este sentido quizás podría incorporarse la cuenca vertiente en zonas terciarias donde los barrancos y otras escorrentías laterales o retornos de riego al alcanzar el aluvial se infiltran para posteriormente descargar en los ríos. Podría aplicarse cuando sobre estos terciarios existen aportes importantes de nitrato y donde tanto el aluvial como el río presentaran niveles altos de concentración de este contaminante.

#### **Metodología propuesta:**

Se deben delimitar las cuencas de aportación de cada una de las MSPF que muestran afección, tomando como referencia el resultado de los puntos de control situados aguas arriba y abajo, así como las presiones que soportan cada cuenca.

#### **Aplicación en Aragón:**

Para el caso de Aragón el trabajo ha consistido en seleccionar todas las cuencas de aportación de cada una de las MSPF que presentan punto de control afectado (2016-2019; RD47/22) teniendo en cuenta los valores de los puntos situados aguas arriba y abajo.

Salvo para aquellos casos concretos en los que las MSPF mostraban puntos intermedios con valores bajos de  $\text{NO}_3$  donde las cuencas se recortaron, para el resto se mantienen la cuenca de aportación íntegra de la MSPF.

La mayor parte de las AAA correspondientes a las aguas superficiales se ajustan a las definidas por el MITECO (2025a) para el Escenario II salvo las siguientes discrepancias:

1. Cabeceras de los ríos Arba de Riguel, Faradues, Arba de Luesia y Arba de Biel donde las redes de control muestran afección en las zonas asociadas a los regadíos del Canal de Bardenas y no en los tramos de cabecera.
2. Se debería excluir también la zona de intercuenca Arba-Gallego, donde los retornos de riego asociados al canal de Tauste desaguan directamente en el río Ebro al igual que la zona de intercuenca Queiles-Huecha.

3. La cuenca del río Gallego debería quedar excluida pues no posee puntos afectados por nitrato en todo su recorrido. Tan solo dentro de esta cuenca se deberían incluir los tributarios de la margen izquierda, el río Sotón aguas abajo del embalse de la Sotonera y el barranco de la Violada. El embalse de la Sotonera muestra valores de buen estado (no eutrófico 2016-19).
4. Río Cinca, tampoco presenta puntos de aguas superficiales afectados. Dentro de esta cuenca deberían incluirse el Alcandre y sus tributarios (Flumen y Guatizalema) junto con la Clamor Amarga eliminando las zonas de cabecera.
5. En la cuenca del Martín, si bien hay dos puntos afectados, el embalse de Cueva Foradada (EBE0080) y el río Martín en Estrechos (EBI231), la presión agrícola no justifica estos resultados. Puede deberse a una insuficiente depuración urbana, dato a tener en cuenta de cara a su designación como ZZVV.
6. Al igual que ocurre en la cuenca del río Mijares, donde la presión agrícola no justifica el dato de afección que muestra la estación de Forniche Alto (JUI55)
7. Sin embargo, sería necesario ampliar la cuenca del tramo medio del Jalón hasta la estación del Jalón en Ricla (R0445).
8. También habría que agregar dentro del Escenario II el tramo alto del Jiloca desde Cella, incorporando los regadíos de la acequia Madre y la cuenca endorreica de Gallocanta.

Los resultados se muestran en la siguiente figura (Figura 14):

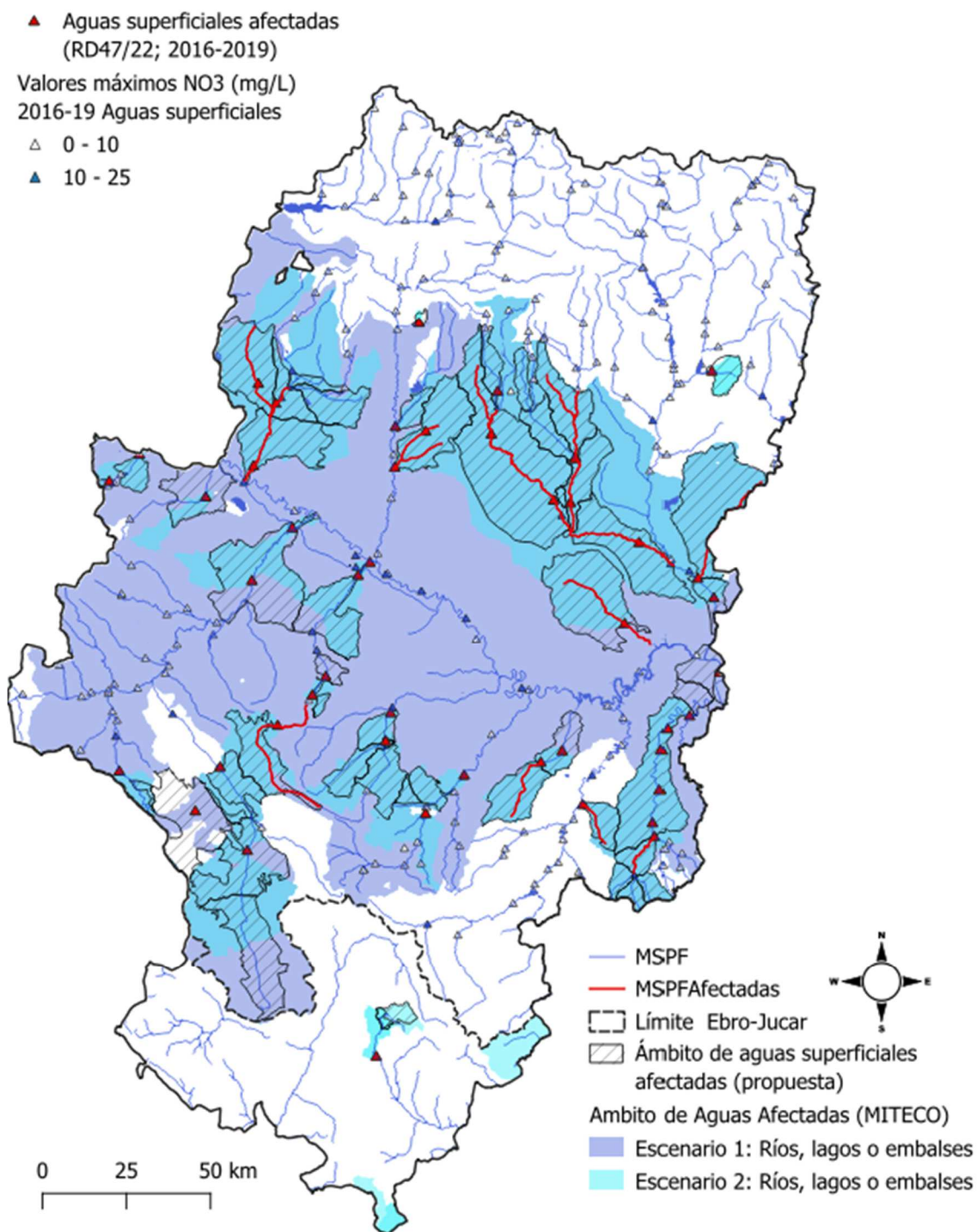


Figura 14. Delimitación de los AAA de aguas superficiales aportada por el MITECO (2025a) y la propuesta incluida en este informe.

## 6. Delimitación de las zonas vulnerables de Aragón

---

Para la correcta designación de las ZZVV y el establecimiento de unas normativas apropiadas es imprescindible identificar donde se encuentran las presiones, evaluar su potencial afección y delimitar las cuencas de aportación y acuíferos afectados.

Estas ZZVV deben adaptarse a los AAA, entendiendo como tal *“todas las superficies conocidas de su territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas contempladas en el artículo 3 y que contribuyan, aunque sea mínimamente, a su contaminación”*.

Si bien, resulta más sencillo delimitar las zonas vulnerables en base a los límites administrativos como son los municipios, debemos tener en cuenta que de esta manera se está incorporando una superficie muy amplia en la que o bien no existen presiones agrarias o puede que se trate de zonas que no presentan aguas afectadas por nitratos. En este sentido se hace más correcto aplicar límites físicos focalizándose en las zonas donde realmente se localiza el foco de esta contaminación.

Sin embargo, la metodología que se desarrolle debe facilitar los procesos de información y gestión del territorio por parte de la administración pública. Se debe procurar mantener una unidad cartográfica que sea ágil sin que comprometa a grandes extensiones de territorio. En este sentido se propone como unidad mínima de clasificación de las ZZVV, el polígono definido por la cartografía SIG-PAC.

Bajo esta premisa la metodología de designación de la ZZVV sería la siguiente:

- (i) se identifican todos los polígonos incluidos dentro de los AAA subterráneas afectadas (Apartado 4, Figura 13) y los de aguas superficiales (Apartado 5, Figura 14);
- (ii) se eliminan todas aquellos que no presentan presiones agrarias (clasificados íntegramente como urbanos o situados en las zonas de límite con clasificación SIG-PAC mayoritariamente no agraria) y que por tanto no dan lugar a su declaración como ZZVV;
- (iii) se superponen los municipios que actualmente se encuentran declarados como zonas vulnerables (AGM83/2021) identificando todos aquellos polígonos que se deben mantener (dentro de AAA + presiones agrarias + en ZZVV-AGM83/2021) y los que podrían quedar excluidos;
- (iv) y los polígonos no declarados pero situados en AAA y que corresponden a las nuevas zonas de ampliación de las ZZVV (AAA + presiones agrarias + fuera de ZZVV-AGM83/2021).

Finalmente quedaría por definir todas aquellas zonas que estando actualmente incluías como ZZVV por AGM 83/2021, se encuentran fuera de los AAA y que por tanto podrían quedar excluidas dentro de la nueva delimitación de las zonas vulnerables.

En el Artículo 9 del RD 47/2022 se indica “...*que una estación o parámetro no informa significativamente cuando en todas las muestras consecutivas tomadas a lo largo de cuatro años no se haya rebasado el 75 % de la concentración límite del buen estado o potencial para nitratos en las aguas superficiales, ni tampoco se haya superado la concentración de 25 mg/l para el caso de las aguas subterráneas y además, aun no habiendo alcanzado esos límites, la localización de esa estación de control no resulta relevante para delimitar geográficamente los ámbitos territoriales afectados por la contaminación*”. En base a esta premisa se deberían poder descatalogar como ZZVV todas aquellas superficies cuyas cuencas de aportación presentaran puntos de control con concentraciones de nitrato menores de 18,75 mg/L o acuíferos donde todos los puntos de control tuvieran valores de menos de 25 mg/L en el último periodo de muestreo correspondiente por la serie reportada por el Ministerio 2020-23 (MITECO, 2025b).

De este modo, para definir los polígonos que podrían quedar excluidos:

- (i) se elabora un nuevo mapa de zonas de no exclusión en el que se determine que cuencas de aportación presentan valores superiores a 18,75 mg/L (2020-23), así como los acuíferos con punto de control por encima de 25 mg/L;
- (ii) se eliminan todas aquellas zonas no agrícolas y sin carga ganadera;
- (iii) se realiza una intersección entre las actuales ZZVV y el mapa de zonas de no exclusión;
- (iv) y finalmente, en base a este mapa y la nueva delimitación de las ZZVV se determinan los polígonos que podrían quedar excluidos y que podríamos definir como *actuales zonas vulnerables en cuencas y acuíferos sin afección constatada*.

Otras cuestiones a tener en cuenta corresponden con todos aquellos puntos de aguas superficiales afectados en cuya cuenca de aportación no existen apenas presiones agrícolas y cuyas concentraciones de NO<sub>3</sub> se deben a una insuficiente depuración de las aguas residuales. Para estos casos no da lugar la incorporación como ZZVV de toda su cuenca de aportación, sin embargo, es necesario para su exclusión de un informe técnico que permita justificar la falta de AAA asociado a estos puntos. En el caso de Aragón tan solo se encuentra un punto correspondiente con el río Mijares en cabecera.

La comparativa de las antiguas zonas vulnerables (AGM/83/2021) y la nueva propuesta queda reflejado en el siguiente mapa (Figura 15):

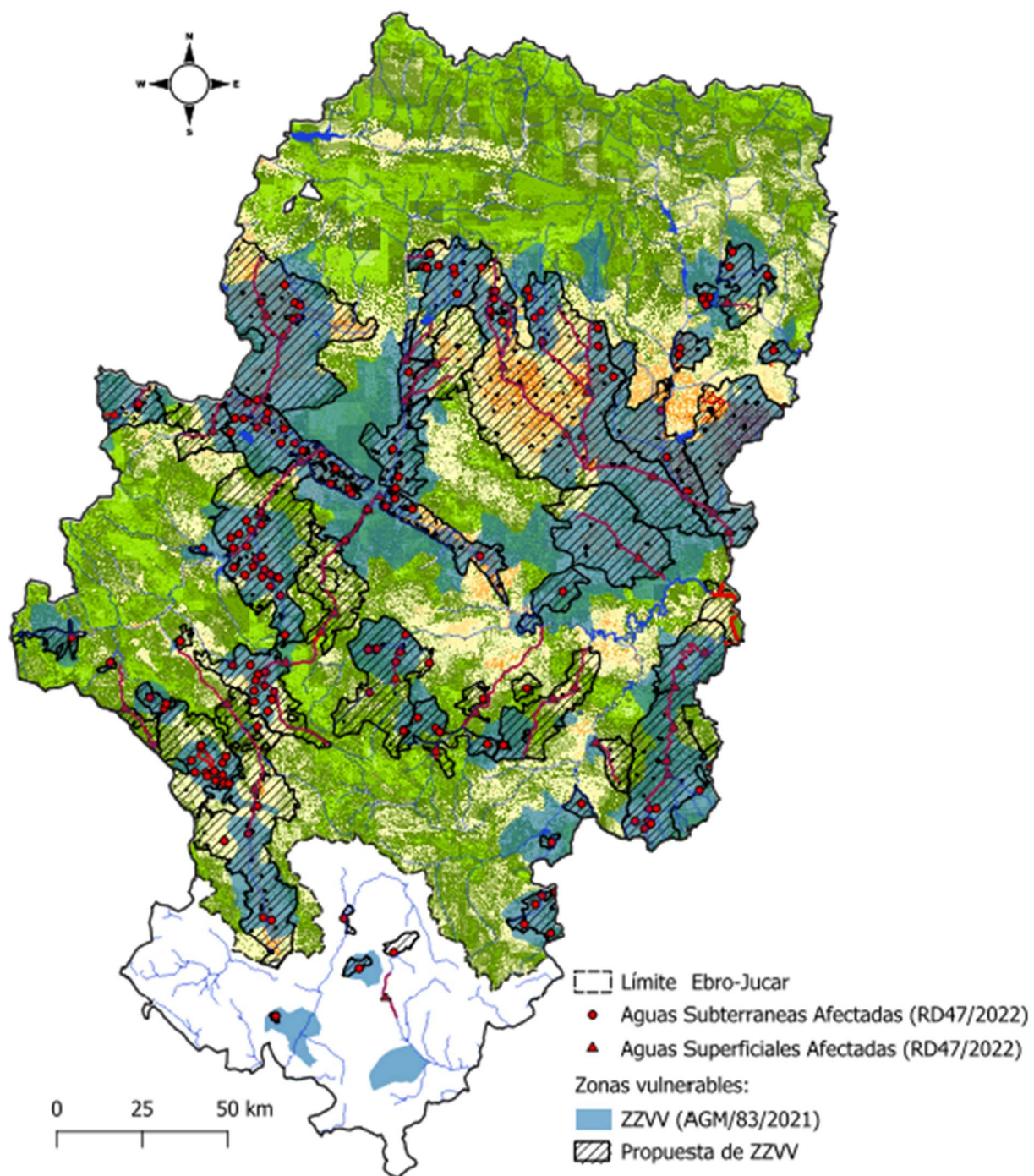


Figura 15. Comparativa entre las actuales zonas vulnerables (AGM/83/2021) y la nueva propuesta de delimitación sobre el mapa de niveles de riesgo de contaminación por nitratos en las aguas subterráneas

## 7. Análisis de la evolución de la contaminación por nitratos en Aragón

---

Para determinar cómo ha evolucionado la contaminación en cada zona es necesario analizar las series históricas de  $\text{NO}_3$  en ríos y acuíferos. Un análisis de las presiones, planes de actuación, cambios en los usos del suelo, climatología y normativa a lo largo de los años nos puede ayudar a comprender la problemática de cada zona, como han evolucionado e identificar que actuaciones son las que parecen tener un mayor impacto en las tendencias observadas.

Un análisis de tendencias se tiene que realizar a lo largo de todo un periodo de tiempo. Para el caso de metodologías contrastadas y empleadas en series hidrológicas como Mann-Kendall se tiene que utilizar como mínimo series de 10 años. En aguas subterráneas, siendo que son pocos los análisis que se realizan dentro del cuatrienio, no resulta representativo comparar los resultados de un cuatrienio frente al otro, hay que analizar todo un periodo de tiempo, toda su evolución año tras año. Y se debe identificar si esas tendencias son significativas o no, y no limitarse a indicar si son de ascenso o descenso y si existe o no recuperación con respecto al cuatrienio anterior.

Hay que añadir que el contenido en  $\text{NO}_3$  de las aguas subterráneas varía a lo largo del año por lo que se debería incrementar la frecuencia de muestreo. El simple hecho de cambiar el mes de muestreo puede que nos indique que se está produciendo un incremento o disminución del contenido en  $\text{NO}_3$  cuando realmente estos resultados responden a un cambio en los protocolos de muestreo. Un punto con un solo resultado no es indicativo de si esas aguas están afectadas o no, es necesario ampliar la frecuencia de muestreo, pues los resultados varían en función del año climatológico y del mes de muestreo.

Dentro de los trabajos de caracterización adicional de las masas de agua subterráneas (CHE, 2022b) se incluye un análisis de tendencias de las series históricas de  $\text{NO}_3$ . Si representamos en un mapa los resultados obtenidos por el método de Mann-Kendall, encontramos para el Ebro en Aragón que en ciertas zonas como en los aluviales del Ebro y Gállego, el sector SE de los Arbas o en el Campo de Belchite existe en la mayor parte de los puntos analizados un descenso de la concentración de  $\text{NO}_3$ , (Figura 16). Los niveles siguen altos, pues son numerosos los puntos que se mantienen afectados, pero denotan un descenso en la concentración de este contaminante. Por otro lado, en otras MSBT como son la Litera Alta, Huerva-Perejiles, el Aluvial del Cinca, el sector NO de los Arbas o las localizadas en la cuenca del Jiloca, las tendencias significativas que muestran las series históricas son claramente ascendentes.

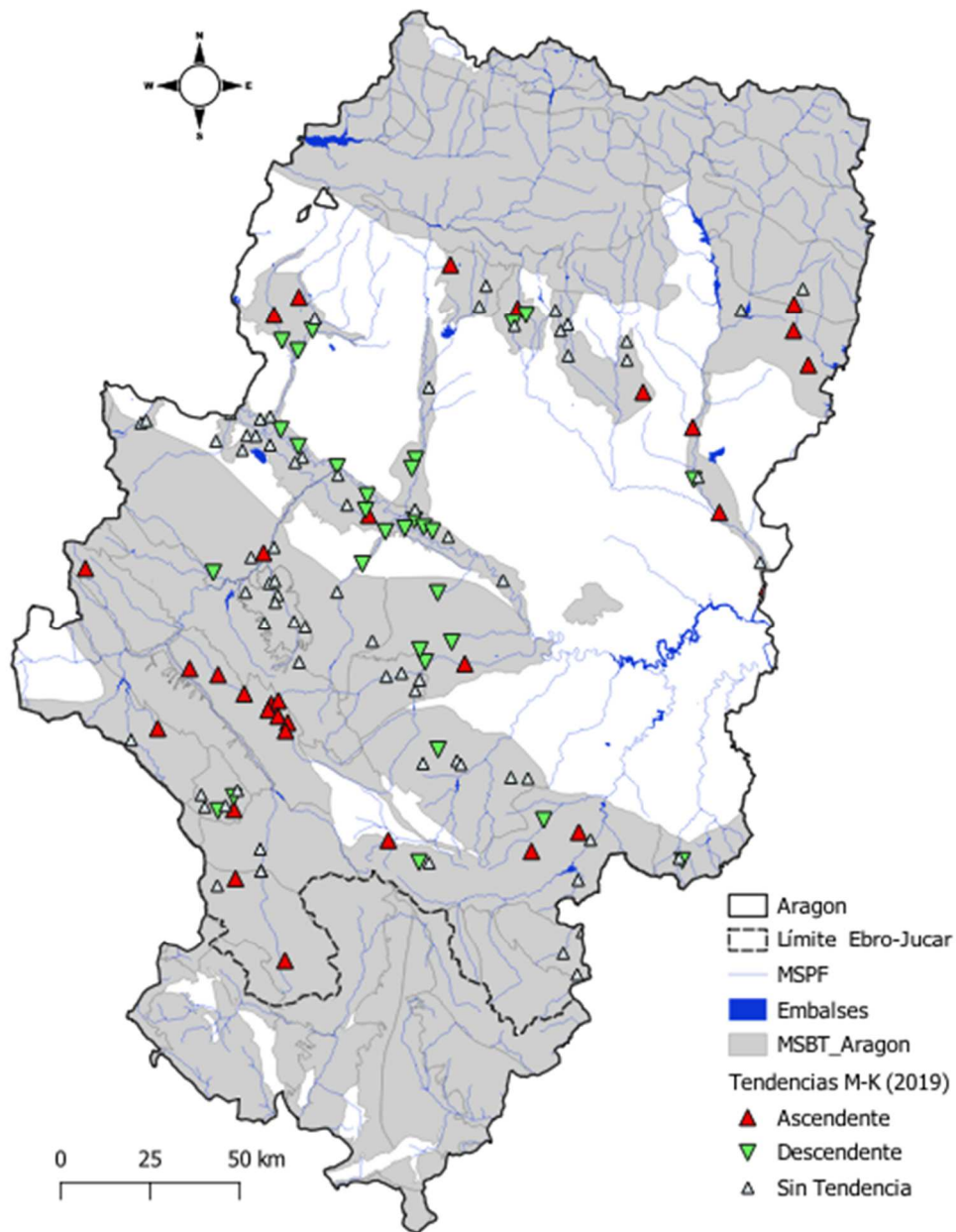


Figura 16. Análisis de tendencias de la concentración por nitratos en las series históricas de aguas subterráneas de la CHE (CHE, 2023). Las series de análisis finalizan en 2019.

NOTA: el análisis de tendencias en el contenido en  $\text{NO}_3$  de las series de las redes de control debería actualizarse con los resultados de los últimos años y aplicarse de forma estacional para los valores de  $\text{NO}_3$  en ríos.

## **8. Mejora del conocimiento del estado de las aguas subterráneas de Aragón**

---

Los mapas de riesgo de contaminación permiten a su vez identificar aquellas zonas que no estando en AAA presentan un elevado riesgo de contaminación lo que hace necesario que se incorpore un punto de control que determine si las aguas superficiales o subterráneas están afectadas.

Según el mapa de presiones y la delimitación de los AAA sería necesario incorporar nuevos puntos de control en:

- Río Deva en desembocadura o aluviales del río Deva en Embid de Ariza/Cetina
- Aluviales del Jiloca en su recorrido desde Manchones hasta Paracuellos del Jiloca
- Aluviales del Jalón entre Ateca y Calatayud
- Cuaternarios en Mas de las Matas/Ginebrosa/Aguaviva
- Aluviales y Terciarios del Guadalope en Alcañiz/Calanda
- Terciarios en la Mata de los Olmos/Los Olmos
- Aluviales del Martín en su recorrido desde Urrea de Gaen hasta Castellanu
- Aluviales del Aguas Vivas y Terciarios desde Vinaceite hasta desembocadura
- Terciarios, aluviales del Huecha y otros cuaternarios desde san Martín de la Vera del Moncayo hasta Trasmoz hasta Vera del Moncayo
- Aluviales del Arba de Biel y otros cuaternarios en Luna, Erla y Ejea, en el Saso de Miralbueno en Sádaba y Ejea y en los cuaternarios del Bco. de la Poritllada en Castilcar
- Cuaternarios de los barrancos laterales del Cinca en Monzón/Ilche/San Miguel del Cinca/Alcolea
- Conglomerados de Capella
- Cuaternarios río Usía y Nata en La Fueva
- Cuaternarios ríos Onsella en Sos del Rey Católico

## 9. Conclusiones

---

De este análisis se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En relación con la contaminación por nitratos lo más importante es determinar las medidas que puedan ser efectivas y se pueden aplicar dentro de cada territorio en función de sus características ambientales, sociales y económicas.
- Se trata de un problema que puede deberse a diferentes factores o a combinaciones de ellos. Delimitar las zonas y aplicar en ellas una normativa genérica no resuelve el problema.
- Para promover un cambio de actitud frente a la contaminación por nitratos se deben definir directrices claras y específicas. Las normativas aplicadas de forma genérica a todo un territorio generan desconcierto y desconfianza en las administraciones públicas.
- Como base de gestión de la contaminación por nitratos se debe incorporar la gobernanza para establecer medidas consensuadas, asumibles y efectivas. Hay que dotar de herramientas económicas, técnicas, sociales o legislativas a todos los agentes implicados.
- Las Administraciones Autonómicas deberían mejorar su conocimiento del territorio disponiendo de redes de control propias que complementen a las del Ministerio.
- La ordenación del territorio, el establecimiento de medidas de control de la contaminación o los códigos de buenas prácticas agrarias necesitan disponer de una cartografía de suelos detallada.
- Se debe revisar la representatividad de los puntos de aguas subterráneas aislados, pues deben ser representativos del estado de la MSBT. Al igual que es necesario aumentar la frecuencia de muestreo en los puntos de control de las aguas subterráneas.

En relación con la metodología de trabajo:

- Se debe incorporar como AAA los acuíferos y cuencas de aportación que presenten afección por nitratos y niveles de riesgo elevados (vulnerabilidad + presiones).
- En los trabajos realizados por el Ministerio para la identificación de los AAA no se está teniendo en cuenta factores que resultan relevantes en relación con la contaminación por nitratos entre los que cabe destacar la capacidad de asimilación de N por parte de los ríos, la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos y las zonas de absorción natural de N.

- Para un análisis correcto de las presiones debidas a la intensidad de los cultivos no se puede trabajar con datos municipales, se debe determinar el cultivo implantado en cada parcela a lo largo de los últimos años y establecer valores de intensidad en función de la producción y tipo de cultivo.
- Para un análisis correcto de las presiones debidas a la carga ganadera, es necesario calcular de forma localizada la cantidad de N que genera cada granja al año empleando valores unitarios y actualizados.

## Referencias

---

- Aller L., Bennett T., Leer J., Petty J. y Hacket G., 1987. DRASTIC: A standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. US Environmental Protection Agency. Oklahoma, 455 p
- Arauzo, M., M. Valladolid, G. García, G. 2020. Cartografía de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por nitratos de fuentes difusas en la cuenca del río Ebro (N.E. de España). Estudios Geológicos 76(2): 132
- EPA, 1999. Protocol for Developing Nutrient TMDLs, EPA 841-B-99-007. Office of Water (4503F), United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington D.C. 135 p.
- CHE, 2022a. Estrategia de la Confederación Hidrográfica del Ebro para la lucha contra el elevado contenido de nitratos en las aguas de la cuenca (Estrategia NITRACHE). Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), disponible en: <https://portal.chebro.es/eu/estrategia-nitrache>
- CHE, 2022b. Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Ebro Revisión para el tercer ciclo: 2022-2027, Anejo 01. Masas de agua, Caracterización Adicional. Confederación Hidrográfica del Ebro, disponible en: <https://www.chebro.es/ca/plan-hidrologico-2022-2027>
- Gobierno de Aragón, 2021. Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario de Aragón V Programa de Actuación. Centro de Trasferencia Alimentaria, Dirección General de Desarrollo Rural del Gobierno de Aragón. Informaciones Técnicas, Num. 278.
- D. Isidoro; I. Clavería, M. Balcells, F. Dechmi, F. y D Quílez, 2019. Propuesta de aplicación de un modelo de cargas máximas admisibles de nitrógeno en la cuenca del río Flumen (ES091MSPFI64). PDR-TRANSFER: transferencia de conocimiento para la mejora del riego-fertilización en relación a la contaminación difusa, Programa de Desarrollo Rural para Aragón.
- Lorenzo-González, M.A., M. Balcells, E. Playán, Y. Gimeno, D. Quílez, A. Jiménez, I. Oliván, J. R. López-Pardo, R. Castillo, L. M. Vicente, L. Gálvez, J. A. Lax, D. Solano J. Aguaviva and N. Zapata, 2024; Irrigation Cartographic Units (ICU) in the Ebro River Basin in Aragón v.2. Disponible en <https://citarea.cita-aragon.es/items/e4141b13-1fbf-41fb-a9c8-9612d2b7383e>
- MAPA, 2023. Informe anual de implantación de mejores técnicas disponibles en el sector porcino intensivo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Año 2021. Disponible en:

[https://www.mapa.gob.es/images/es/informeimplantacionmtdsporcinointensivo2021e nv\\_tcm30-636072.pdf](https://www.mapa.gob.es/images/es/informeimplantacionmtdsporcinointensivo2021e nv_tcm30-636072.pdf)

MARM-IGME, 2009a. Acuerdo para la encomienda de gestión por el Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas-Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de las masas de agua subterránea intercomunitarias.

MARM-IGME, 2009b. Acuerdo para la encomienda de gestión por el Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas-Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico.

MITECO, 2025a. Informe de presiones e impactos por nitratos en aplicación del Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Dirección General del Agua, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

MITECO, 2025b Estado y calidad de las aguas frente a los nitratos y pesticidas. Datos de nitratos 2020-2023, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Disponible en <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/documentos-y-publicaciones.html>

MITECO, 2024. Sistema de información del Anuario de aforos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Disponible en <https://sig.miteco.gob.es/redes-seguimiento/>.

Pérez-Martín MA, Estrela T, Andreu J and Ferrer J. 2014. Modeling Water Resources and River-Aquifer Interaction in the Júcar River Basin, Spain. *Water Resource Management* (2014) 28:4337–4358 DOI 10.1007/s11269-014-0755-3

Playán, E., Gimeno, Y., Lorenzo-González, M.A., Jiménez, A., López-Pardo, J.R., Oliván, I., Castillo, R., Carbonell, X., Fábregas, M., Vicente, L.M., Gálvez, L., Lax, J.A., Quílez, D., Balcells, M., Solano, D., Aguaviva, J., Paniagua, P., Zapata, N., 2024. Irrigation modernization in the Ebro - Aragon region of Spain: Past and future trends. *Agricultural Water Management* 302. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108975>

REGA, 2025 Registro de Explotaciones Ganaderas de Aragón (REGA) y de Núcleos Zoológicos de Aragón. Dirección General de Calidad y Seguridad Alimentaria del Gobierno de Aragón. Disponible en:

<https://opendata.aragon.es/datos/catalogo/dataset/datos-del-registro-de-explotaciones-ganaderas-de-aragon-rega-y-de-nucleos-zoologicos>

SINGEAR, 2024. Sistema Informático de Gestión Estadística Agroalimentaria de Aragón (SINGEAR), Gobierno de Aragón. Disponible en <https://www.aragon.es/-/singear>

Vías, J.M., Andreo, B., Perles, M.J., Carrasco, F., Vadillo, I. y Jiménez, P., 2006. Proposed method for groundwater vulnerability zapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method. Application in two pilot sites in Southern Spain. *Hydrogeology Journal* 14, 912-925.

Zapata, N., Playán, E., Castillo, R., Gimeno, Y., Oliván, I., Jiménez, A., Carbonell, X., Fábregas, M., López-Pardo, J.R., Vicente, L.M., Millán, J., Solano, D., Lorenzo, M.A., 2020. A methodology to classify irrigated areas: Application to the central Ebro River Basin in Aragon (Spain). *Agricultural Water Management* 241. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106365>

