



# Contaminación por nitratos en las aguas subterráneas de doce comarcas de Cataluña consideradas zonas vulnerables

**Mireia Gomis Garcia** ingeniera en Organización Industrial por la Universitat de Vic, ingeniera técnica Aeronáutica por la Universitat Politècnica de Catalunya, estudiante de Administración y Dirección de Empresas en la Universitat Oberta de Catalunya  
**Fortià Prat Bofill** licenciado en Farmacia por la Universitat de Barcelona, especialista en análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua y los aspectos sanitarios y epidemiológicos del agua de consumo en el Máster Técnico del Agua de la Universitat Politècnica de Catalunya, investigador de la evolución de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, profesor colaborador de la Universitat de Vic  
**Julia Oliveras Masramon** doctora en Ciencias por la Universitat Politècnica de Catalunya, licenciada en Ciencias Biológicas por la Universitat Autònoma de Barcelona, profesora titular en la Escola Politècnica Superior de la Universitat de Vic  
**Eva Torrescasana Torrabadella** licenciada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos y diplomada en Nutrición Humana y Dietética por la Universitat de Vic

Estudio de la evolución de la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas de doce comarcas de Cataluña consideradas zona vulnerable: Alt Penedès, Baix Camp, Baix Empordà, Baix Penedès, Garrotxa, Maresme, Osona, Pla de l'Estany, Segarra, Segrià, Tarragonès y Urgell. A partir de los datos procedentes de la Agencia Catalana del Agua (ACA) se analizan las aguas de 945 puntos de muestreo de los cuales se ha hecho una recopilación de datos de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas desde el año 2003 hasta el 2012 y se ha relacionado con las cuatro variables: mineralización del agua, pluviometría, superficie agraria útil (SAU), explotaciones agrarias, censo porcino y bovino.

**Palabras clave**

Agua subterránea, contaminación, explotaciones agrarias, mineralización, nitratos, pluviometría, superficie agraria útil (SAU), zona vulnerable.

***Nitrate contamination of the groundwater of Catalonia's twelve regions considered vulnerable zones***

*This study deals with the nitrate contamination's evolution of the groundwater of twelve different regions in Catalonia considered vulnerable zones: Alt Penedès, Baix Camp, Baix Empordà, Baix Penedès, Garrotxa, Maresme, Osona, Pla de l'Estany, Segarra, Segrià, Tarragonès and Urgell. This project relates to the groundwater's nitrate contamination of 945 sampling points located in the area under study. Among these sampling points, data has been collected concerning groundwater's nitrate concentration from 2003 to 2012 and it has been compared and contrasted with the following variables: water mineralization, rainfall, usable agricultural area (UAA), agricultural holdings, cattle and swine.*

**Keywords**

*Groundwater, contamination, agricultural holdings, mineralization, nitrate, usable agricultural area (UAA), vulnerable zone.*



## 1. Introducción

La contaminación por nitratos de las aguas subterráneas es uno de los problemas medioambientales y de salud pública que más afectan a los acuíferos. Este estudio se centra en la problemática de la contaminación por nitratos de estas aguas subterráneas, concretamente de las de 945 puntos de muestreo situados en las 12 comarcas de Cataluña que se muestran en la **Figura 1**.

Se plantean los siguientes objetivos:

- Describir la situación de la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas en los últimos 10 años (2003 a 2012) de 12 comarcas de Cataluña.
- Estudiar si la causa de la contaminación por nitratos es siempre el exceso de fertilización con purines porcinos, como en el caso de la comarca de Osona.
- Comprender si el contenido de nitratos en el agua de las fuentes de Osona y la de los puntos de muestreo de la Agencia Catalana del Agua (ACA), como pozos, algunas minas y algunas fuentes, tienen una relación directa.
- Plantear cómo pueden incidir en la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas las variables: superficie agraria útil (SAU), explotaciones agrarias, cabaña porcina y bovina y pluviometría.
- Estudiar la tendencia del contenido de nitratos en las aguas de la zona en estudio.
- Comprender si la contaminación por nitratos afecta a la mineralización de las aguas subterráneas.
- Proponer usos posibles de las aguas subterráneas contaminadas con nitratos.

## 2. Antecedentes

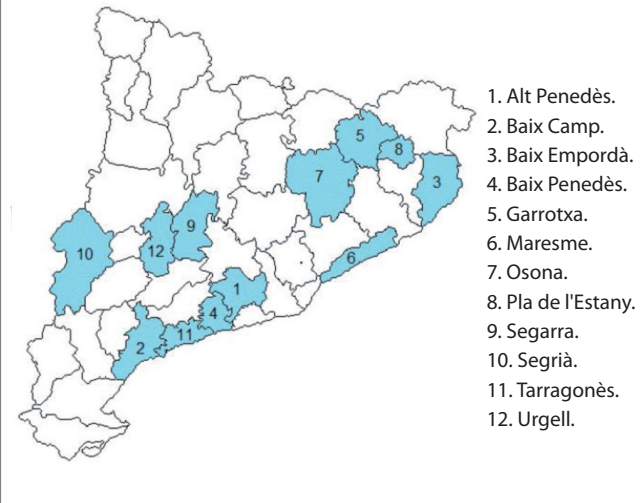
### 2.1. Origen de los nitratos en las aguas subterráneas

Los nitratos son aniones inorgánicos de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. Su presencia en las aguas subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, pero en determinadas zonas se pueden dar ciertas alteraciones con el resultado de un incremento de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas.

Los posibles orígenes de los nitratos en las aguas subterráneas pueden ser, entre otros:

- Naturales:
  - El nitrógeno geológico presente en los minerales y rocas avanza por lixiviación a través del suelo y llega a las aguas subterráneas debido a la lluvia o a prácticas de irrigación por la acción antropogénica.

**Figura 1.** Zona en estudio: 12 comarcas de Cataluña. Zona vulnerable.



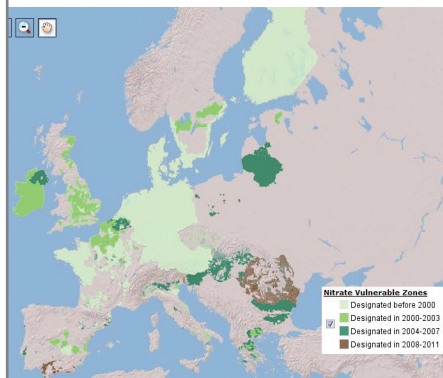
- Nitrógeno almacenado de forma natural en los bosques, que puede avanzar hacia las aguas subterráneas, debido a la deforestación, entre otras causas.
- Residuales:
  - Deficiencias en las instalaciones de recogida y almacenaje de las deyecciones animales (porcino, bobino).
  - Aguas residuales no tratadas.
  - Uso inadecuado de los lodos generados en las depuradoras.
  - Disposiciones no adecuadas de fosas sépticas.
  - Tratamientos no adecuados de la basura y los residuos sólidos urbanos.
- Agrícolas:
  - Uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en la agricultura.
  - Aplicación no adecuada de las deyecciones animales en el suelo.
  - Exceso de concentración de ganado en áreas reducidas.

### 2.2. Efectos de los nitratos de las aguas subterráneas en la salud humana

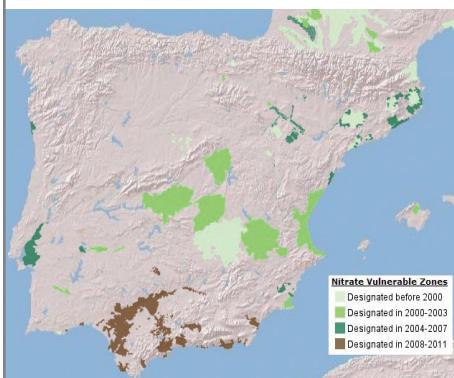
El principal efecto perjudicial que tiene la ingesta de agua contaminada con nitratos es la metahemoglobinemia en bebés, que de forma resumida implica un incremento de la metahemoglobina en la sangre que limita el transporte de oxígeno a los tejidos. Los síntomas de la metahemoglobinemia son diversos: cianosis (asociada a una tonalidad azulada de la piel), diarrea, el dolor de cabeza, fatiga, mareos...

Las diferentes investigaciones que se han llevado a cabo sobre el efecto de la ingesta de agua contaminada

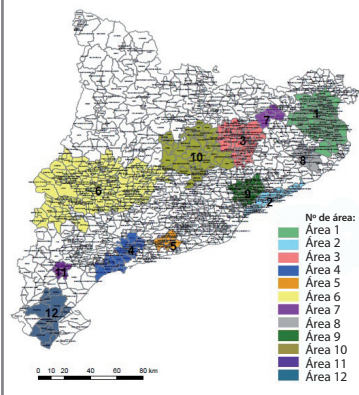
**Figura 2.** Mapa de zonas vulnerables a nitratos en Europa.



**Figura 3.** Mapa de zonas vulnerables a nitratos en España.



**Figura 4.** Mapa de zonas vulnerables a nitratos en Cataluña.



con nitratos en la salud humana ponen de manifiesto que su toxicidad se atribuye principalmente a la reducción de los nitratos a nitrito en el sistema digestivo.

### 2.3. Legislación

En cuanto a la normativa relacionada con la contaminación del agua con nitratos, tanto la Organización Mundial de la Salud (OMS) como las legislaciones europeas y españolas (en el Real Decreto 140/2003) establecen un valor paramétrico máximo de 50 mg/l de nitratos en el agua de consumo humano.

Dado que los efectos de la contaminación de las aguas subterráneas son difícilmente reversibles, es importante protegerlas y, por ello, la legislación vigente también obliga a la designación de zonas vulnerables, que son masas de agua en las que la escorrentía y la infiltración pueden provocar contaminación por nitratos a las aguas subterráneas. En los mapas de las **Figuras 2, 3 y 4** se observan las zonas designadas como vulnerables a los nitratos en Europa, España y Cataluña.

## 3. Material y métodos

Para la obtención de los datos utilizados en este trabajo primero se contactó con varios ayuntamientos de la zona en estudio, pero no fue posible seguir por esta vía, ya que casi ninguno de los municipios disponía de datos de contaminación de nitratos en las aguas subterráneas. Por lo tanto, se decidió recopilar los datos de la ACA, a través de consultas interactivas en su propia web, para obtener los datos de nitratos y conductividad de 945 puntos de muestreo repartidos en las 12 comarcas en estudio. Para obtener los datos del resto de variables (pluviometría, SAU, explotaciones agrarias y cabaña porcina y bovina) se consultó el anuario estadístico de Cataluña del Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat).

En el caso concreto de la comarca de Osona se han utilizado también datos de fuentes del archivo del Laboratorio Prat, datos de pluviometría particulares de Joan Dot y de nitratos por parte del Grup de Defensa del Ter (GDT).

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Zona en estudio

La zona en estudio está compuesta por 12 comarcas de Cataluña (**Figura 1**), con los municipios englobados en masas de agua descritas como una zona vulnerable.

### 4.2. Estudio de la evolución de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas de la zona en estudio

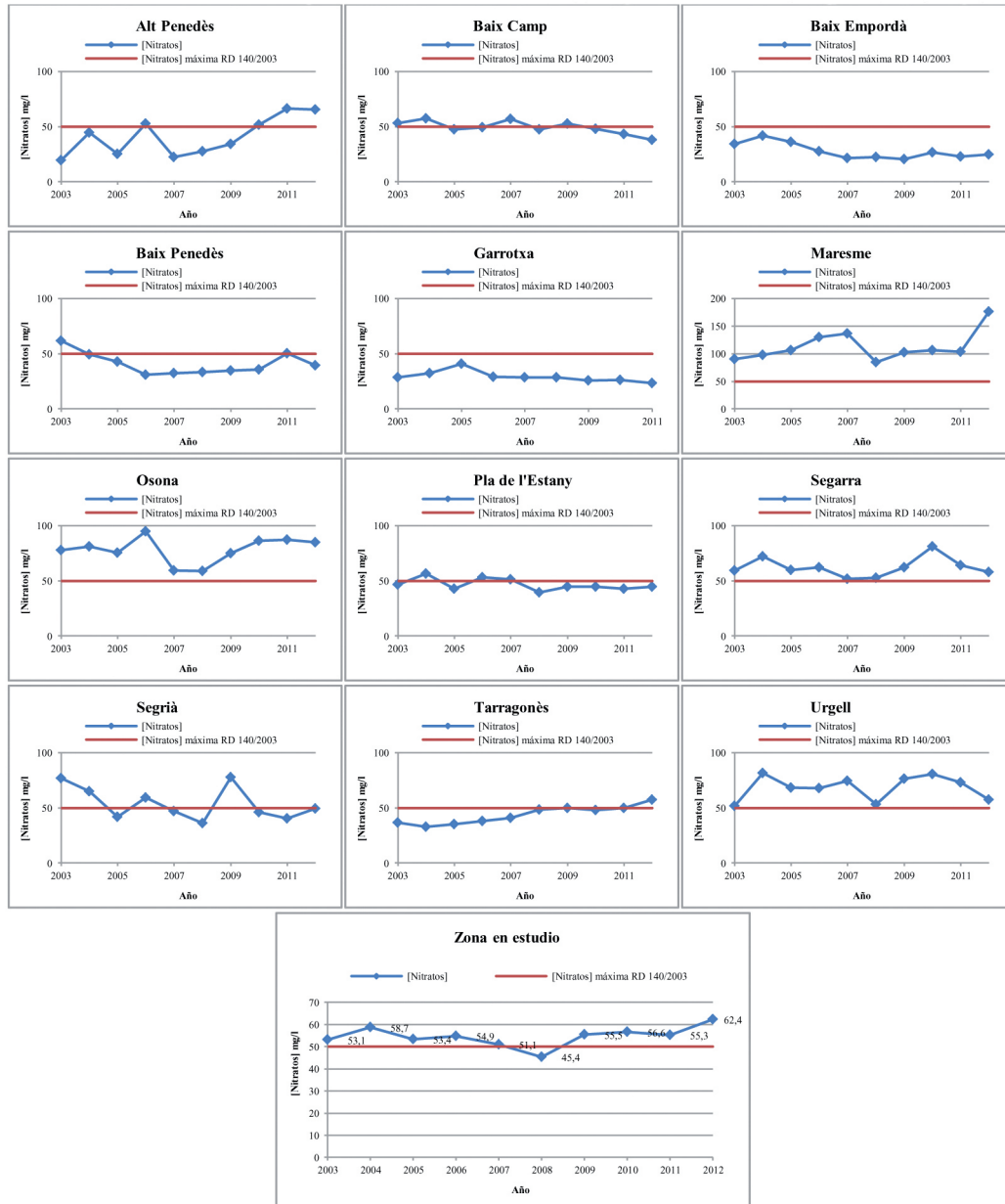
Para cada una de estas 12 comarcas en estudio se han recopilado los datos de nitratos en las aguas subterráneas y se ha estudiado su evolución a lo largo de los últimos 10 (2003 a 2012) años, obteniendo como resultados los gráficos mostrados en la **Figura 5**. Como se observa en esos gráficos, y en la **Tabla 1**, en la mayoría de las comarcas el valor de la concentración media de nitratos en los últimos 10 años es bastante elevado, superando en muchos casos el valor paramétrico del límite máximo de 50 mg/l establecido por la legislación vigente (Real Decreto 140/2003), exceptuando las comarcas del Baix Empordà y la Garrotxa. Según se observa en el último gráfico de la **Figura 5**, más la **Tabla 1**, la concentración de nitratos media en el conjunto de las comarcas se mantiene estable y con un valor superior a los 50 mg/l de nitratos.

#### 4.2.1. Pozos y fuentes en la comarca de Osona

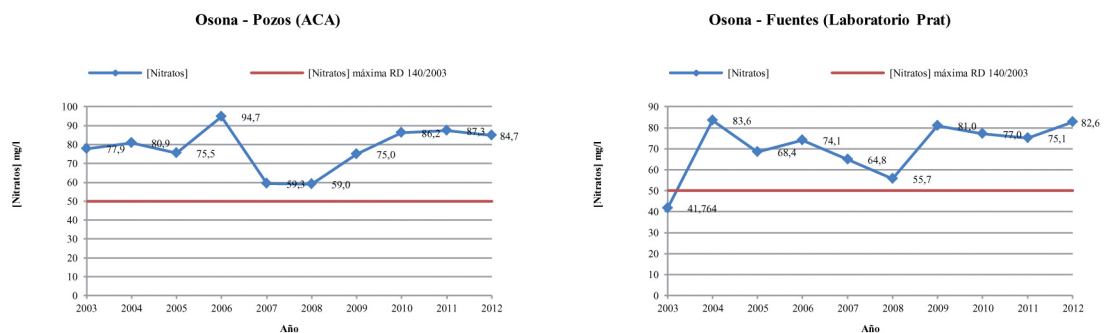
En la **Figura 6** se observa la evolución de la concentración de nitratos en el agua de pozos y de diversas fuentes en la comarca de Osona. Según se observa en estos dos



**Figura 5.** Gráficos de la evolución del valor de la concentración de nitratos de las aguas subterráneas desde el año 2003 hasta el 2012..



**Figura 6.** Gráficos de la evolución del valor de la concentración de nitratos de las aguas subterráneas de pozos y fuentes de la comarca de Osona desde el año 2003 hasta el 2012.



**Tabla 1.** Valor medio de la concentración de nitratos de las aguas subterráneas de las 12 comarcas en estudio.

Comarca	Valor medio de nitratos (mg/l)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Alt Penedès	19,5	44,5	25,0	52,6	22,4	27,7	34,1	51,8	66,3	65,5
Baix Camp	53,1	57,2	47,4	49,3	57,1	47,3	52,7	47,9	43,0	37,9
Baix Empordà	34,0	41,9	36,2	27,4	21,4	22,3	20,7	26,6	22,8	25,0
Baix Penedès	61,9	49,6	42,9	30,8	32,6	33,1	34,7	35,7	50,1	39,5
Garrotxa	28,4	32,5	41,1	29,3	28,4	28,5	25,6	26,2	23,5	
Maresme	89,9	97,5	106,4	129,5	136,5	84,9	102,5	106,7	103,8	176,3
Osona	80,4	73,9	94,7	59,3	57,4	73,5	84,4	84,4	84,7	75,6
Pla de l'Estany	46,4	56,5	42,5	53,2	44,0	37,4	44,5	44,6	42,7	44,7
Segarra	59,1	72,0	59,5	62,3	51,6	52,6	62,3	80,8	63,8	57,8
Segrià	76,8	64,9	41,9	59,2	47,1	36,0	77,7	46,1	40,2	49,5
Tarragonès	36,8	32,7	35,3	38,2	40,6	48,4	49,8	47,7	49,6	57,4
Urgell	50,9	81,7	68,1	67,8	74,3	53,3	76,4	80,5	72,9	57,4
<b>Valor medio anual</b>	<b>53,1</b>	<b>58,7</b>	<b>53,4</b>	<b>54,9</b>	<b>51,1</b>	<b>45,4</b>	<b>55,5</b>	<b>56,6</b>	<b>55,3</b>	<b>62,4</b>

gráficos, la evolución de la concentración de nitratos tanto en fuentes como en pozos sigue una tendencia muy similar en ambos casos, y siempre por encima de los 60 mg/l, lo que indica que siguen una relación muy similar.

### 4.3. Variables que afectan a la concentración de nitratos en las aguas subterráneas

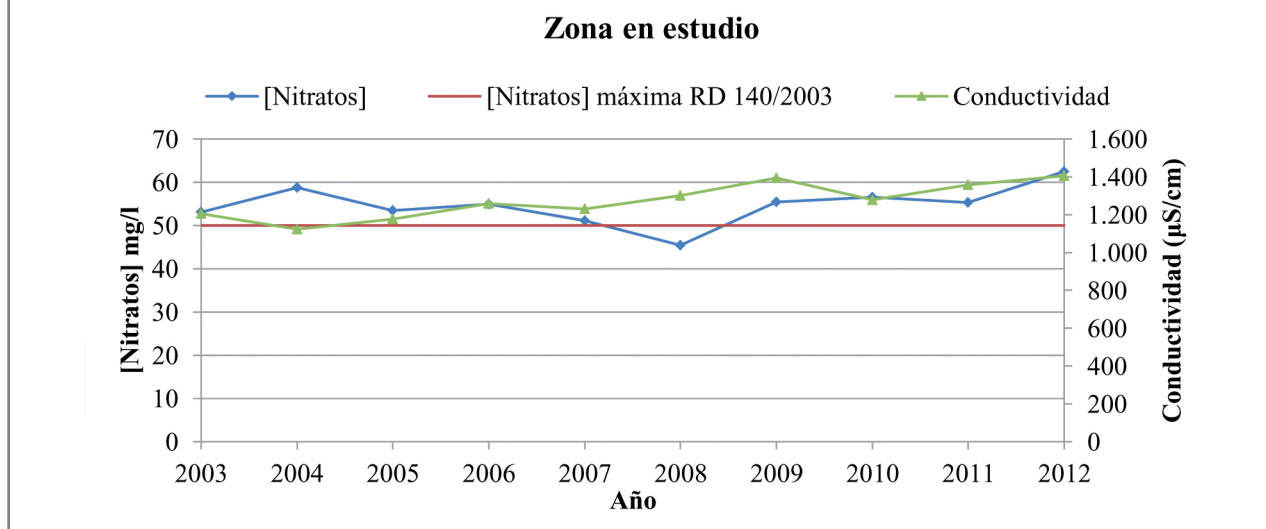
En este apartado se discute la posible relación de diferentes variables en el valor de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas.

#### 4.3.1. Conductividad

La conductividad eléctrica o mineralización de las aguas, tal y como se observa en la **Figura 7**, indica que en la mayoría de comarcas estudiadas, cuando las aguas subterráneas son más mineralizadas (> a 1.200 µS/cm), la contaminación por nitratos en las aguas también es más elevada (> a 50 mg/l), a excepción de dos comarcas, que son Baix Empordà y Osona.

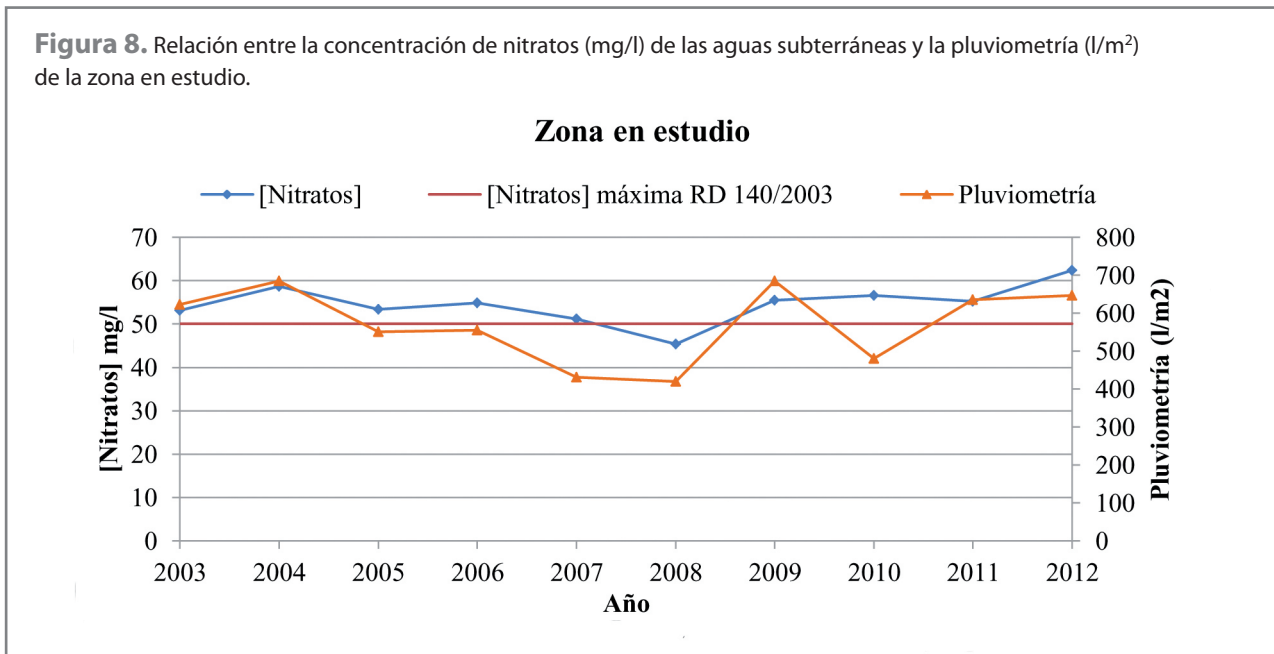
Así mismo, se observa que la tendencia es a un incremento constante de la mineralización de las aguas en los

**Figura 7.** Relación entre la concentración de nitratos (mg/l) y la conductividad (µS/cm) en las aguas subterráneas de la zona en estudio.





**Figura 8.** Relación entre la concentración de nitratos (mg/l) de las aguas subterráneas y la pluviometría (l/m<sup>2</sup>) de la zona en estudio.



últimos 10 años, y también cabe destacar que las aguas de la zona en estudio están muy mineralizadas, con una conductividad media de más o menos 1.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a lo largo de los últimos 10 años, según se establece en Rodier (2009).

del año anterior ha incidido de forma directa en la contaminación por nitratos: cuando el régimen pluviométrico del año anterior ha sido alto (> 500 l/m<sup>2</sup>), el contenido de nitratos también ha aumentado, y viceversa. Hay algunas excepciones, como en la comarca del Baix Penedès.

#### 4.3.2. Pluviometría

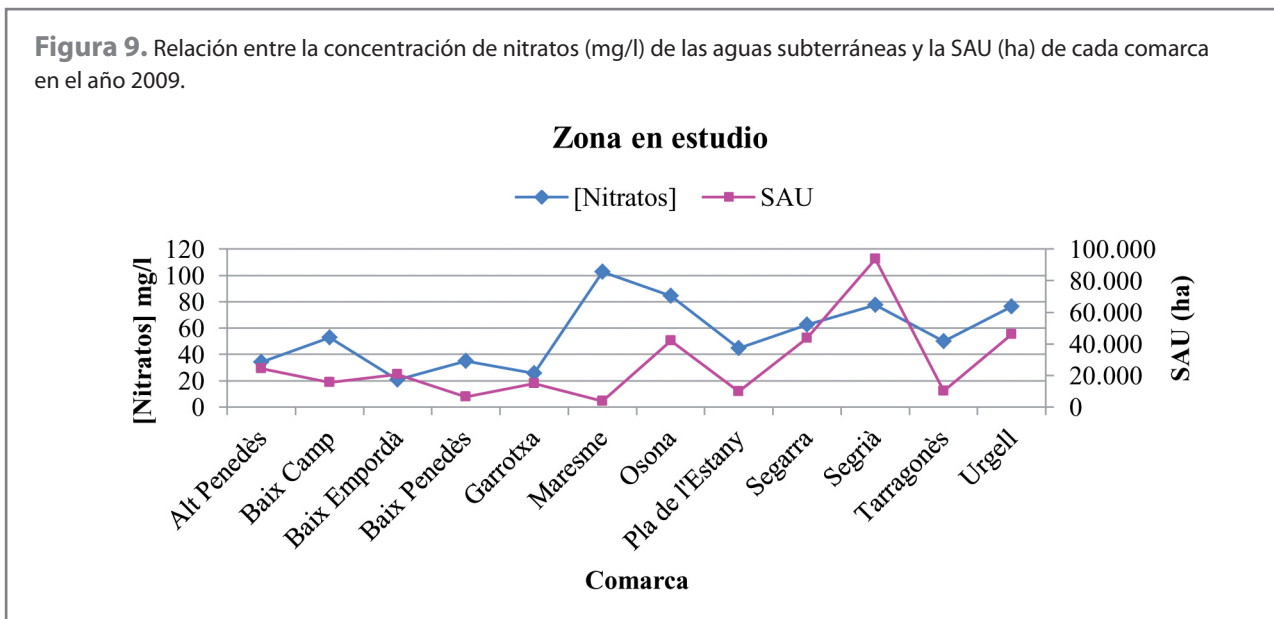
La pluviometría se ha relacionado con el valor de nitratos en las aguas en un año determinado con el régimen pluviométrico del año anterior, con el objetivo de dejar tiempo al agua de la lluvia a filtrarse.

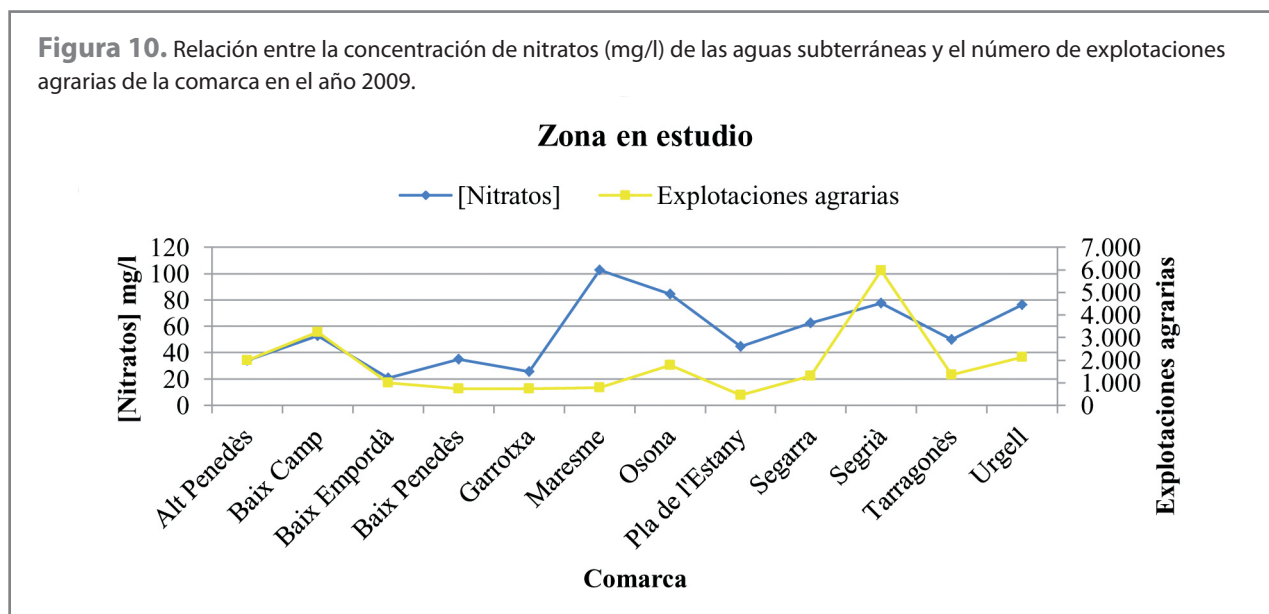
De los resultados obtenidos, y tal y como se observa en la **Figura 8**, se puede afirmar que, en general, la lluvia

#### 4.3.3. Superficie agraria útil (SAU)

La incidencia de la variable superficie agraria útil (SAU) sobre la concentración de nitratos se muestra en la **Figura 9**. Indica que en la mayoría de comarcas estudiadas la concentración de nitratos en las aguas subterráneas es directamente proporcional a la SAU de la comarca donde se encuentran. Es decir, que las comarcas con mayor SAU

**Figura 9.** Relación entre la concentración de nitratos (mg/l) de las aguas subterráneas y la SAU (ha) de cada comarca en el año 2009.





son aquellas que tienen aguas subterráneas más contaminadas por nitratos y viceversa.

Hay algunas excepciones, como en las comarcas del Baix Camp, el Baix Empordà, el Baix Penedès y el Maresme. Cabe destacar la situación de la comarca del Maresme, ya que se trata de la comarca con la SAU más pequeña pero en cambio es la que tiene una concentración media de nitratos más elevada.

#### 4.3.4. Explotaciones agrarias

La incidencia de la variable explotaciones agrarias sobre el valor de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas se muestra en la **Figura 10**. De forma similar a la SAU, en la mayoría de las comarcas estudiadas la concentración de nitratos es directamente proporcional al número de explotaciones agrarias de la comarca. Es decir, que las comarcas con mayor número de explotaciones agrarias son las que tienen una mayor concentración de nitratos.

De nuevo se observan excepciones entre las comarcas, entre ellas y de forma clara el Maresme, que pese a ser una de las comarcas con menor número de explotaciones agrarias es también la que tiene mayor contaminación por nitratos.

#### 4.3.5. Censo porcino y bovino

En la **Figura 11** se refleja la relación entre el valor medio de nitratos en las aguas subterráneas de las comarcas en estudio y su número de cabezas de ganado bovino y porcino. Se puede observar que, de forma general, en la mayoría de las comarcas estudiadas la concentración de nitratos es directamente proporcional al número de

cabezas de ganado bovino y porcino de la comarca. Es decir, que las comarcas con mayor número de cabezas de ganado son las que tienen una mayor concentración de nitratos.

De nuevo se observan excepciones: en el Baix Camp, Baix Empordà, Baix Penedès y Maresme. Cabe destacar el Maresme otra vez, ya que a pesar de tener un número muy reducido de cabezas de ganado tanto bovino como porcino, es la que tiene un valor más elevado de nitratos de la zona en estudio.

Las comarcas del Baix Camp, Baix Empordà y Baix Penedès tienen valores de nitratos por debajo de 50 mg/l, pero bastante por encima de los 10 mg/l propios de los nitratos de origen natural. No obstante, estas comarcas no tienen SAU ni cabaña porcina y bovina elevada, pero sí explotaciones agrarias. Una posible razón por la que el nivel de nitratos en las aguas subterráneas es elevado sería que en la agricultura intensiva se aplica un uso abusivo de fertilizantes.

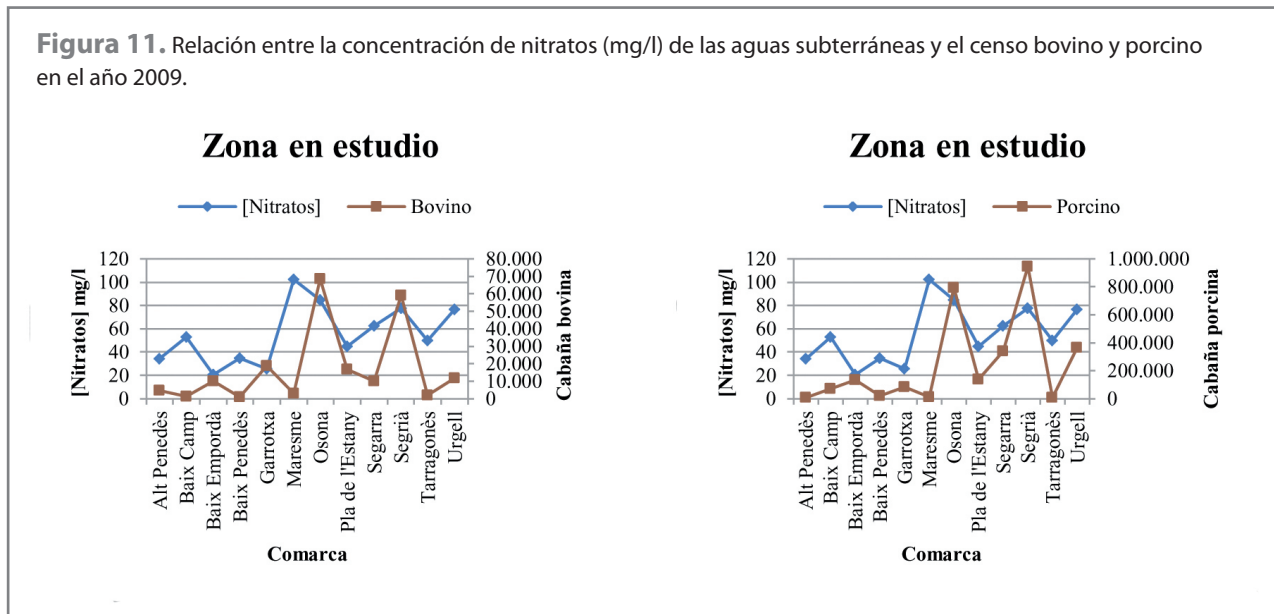
## 5. Conclusiones

Según los resultados obtenidos, se alcanzan las siguientes conclusiones:

- La concentración media de nitratos en las aguas subterráneas es bastante elevada en la mayoría de comarcas estudiadas. Las comarcas con aguas subterráneas más contaminadas por nitratos en el año 2012 son el Maresme (176,3 mg/l), Osona (75,6 mg/l), Alt Penedès (65,5 mg/l), Segarra (57,8 mg/l), Tarragonès (57,4 mg/l) y el Urgell (57,4 mg/l), todas con un nivel medio de nitratos superior al límite paramétrico según la legislación vigente



**Figura 11.** Relación entre la concentración de nitratos (mg/l) de las aguas subterráneas y el censo bovino y porcino en el año 2009.



(50 mg/l). La comarca con una contaminación por nitratos menor es el Baix Empordà, con una concentración media de nitratos de 25 mg/l.

- Teniendo en cuenta la evolución estudiada de los nitratos desde el año 2003 hasta el 2012, se puede concluir que, de forma general, solo se observa ligera mejora en las comarcas del Baix Camp, Garrotxa y Baix Penedès, con respecto a la contaminación de nitratos de sus aguas subterráneas.

- A raíz de la conclusión anterior, sobre el hecho de que casi no se observan mejoras en la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, dado que buena parte del nitrato está en el suelo y en tránsito hacia el acuífero por el medio no saturado, las cantidades almacenadas son significativamente elevadas -y poco cuantificadas- porque el contenido en nitrato pueda continuar aumentando aunque se llegue a suprimir la fuente que lo origina. Es muy difícil lograr la eliminación o notable disminución de las entradas de nitratos a corto plazo, ya que esto puede conllevar a tomar decisiones sociales desde un punto de vista político.

- En el estudio de la comarca de Osona se han utilizado tanto los datos de los puntos de muestreo de la ACA (principalmente aguas de pozos) como los datos procedentes del archivo del Laboratorio Prat (principalmente de fuentes). A pesar de las diferencias particulares entre estos dos tipos de datos, se ha comprobado que en promedio ambas conducen a los mismos resultados, tanto en cuanto a la concentración de nitratos como en cuanto a la relación nitratos-conductividad. Se concluye que, independientemente de los datos analizados, se alcanzan unos resultados que se ajustan muy bien con la situación real.

- En cuanto al estudio de la incidencia de diferentes variables sobre la concentración de nitratos se observa lo siguiente:

- Conductividad: la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas era más característica de lugares con aguas subterráneas más mineralizadas y que esta tiende al aumento gradual.

- Pluviometría: la concentración de nitratos en las aguas subterráneas de una comarca aumenta (o disminuye) cuando el año anterior esta ha tenido un régimen pluviométrico elevado (o reducido). Por lo tanto, se trata de dos variables directamente proporcionales.

- En las comarcas con mayor SAU, más explotaciones agrarias y mayor censo porcino y bovino, la concentración de nitratos es más elevada, excepto en la comarca del Baix Camp, la del Baix Empordà, la del Baix Penedès y la del Maresme.

- En el estudio de la situación de la comarca del Maresme se ha observado que las variables SAU, explotaciones agrarias y ganado bovino y porcino no inciden en la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas de esta comarca, que es la más contaminada de las estudiadas. Por lo tanto, la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas no siempre es debida a la fertilización con purines porcinos como muchas veces se puede suponer, sino que hay comarcas con un censo porcino reducido y unas concentraciones medias de nitratos muy elevadas. Tal y como se ha apuntado, estos niveles tan elevados de nitratos en las aguas subterráneas pueden ser debidos a la agricultura intensiva de la zona, con un uso abusivo de abonos sintéticos (que no son purines), fitosanitarios, etc.



- En este artículo se pone de manifiesto una concienciación real sobre la importancia de las aguas subterráneas y hay municipios que, aunque las tienen contaminadas por nitratos, hacen un uso sostenible y las aprovechan. Algunos de los diferentes usos que dan los municipios a las aguas contaminadas son:

- Riego de parques, jardines, huertos y campos.
- Mezcla con el agua de la red para reducir la concentración de nitratos y poder usarla para el abastecimiento.
- Limpieza viaria y del alcantarillado.

- También se debe considerar un posible uso industrial del agua subterránea contaminada por nitratos mediante una línea separativa para diversos procesos productivos.

## 5. Agradecimientos

La realización del presente trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda y la colaboración de varias personas e instituciones: Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universitat de Vic; a Joan Dot por facilitar los datos de pluviometría; al Laboratorio Prat de Torelló (Osona) por la aportación de datos de su archivo; a la Agencia Catalana del Agua (ACA); y al Grup de Defensa del Ter (GDT).

### Bibliografía

- [1] Escudero, J.; Cardona, E.; Miehé, A. (2009). Bones pràctiques agràries per a la prevenció del risc de nitrats. Departament d'Economia i Medi Ambient, Consell Insular de Menorca. Enllaç web: <http://www.biosferamenorca.org/WebEditor/Pagines/file/GRINMED.pdf>.
- [2] Gomis, M. (2013). Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya: l'Alt Penedès, el Baix Camp, el Baix Empordà, el Baix Penedès, la Garrotxa, el Maresme, Osona, el Pla de l'Estany, la Segarra, el Segrià, el Tarragonès i l'Urgell. Trabajo de Final de Carrera (Ingeniería en Organización Industrial). Director: Fortià Prat; Avaladora: Julita Oliveras. Universitat de Vic. <http://hdl.handle.net/10854/2306>.
- [3] Grup de Defensa del Ter (2005). Les fonts que tenim. Osona i el Lluçanès. Vic: GDT/ Eumo Editorial.
- [4] Jofre, J.; Lucena, F.; Matia, L.; Ribas, F. (2003). La qualitat de l'aigua de consum humà a Catalunya. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans (IEC).
- [5] Miñana, V. (2009). Agua de bebida en el niño. Recomendaciones prácticas. Acta pediátrica, núm. 67(6), págs. 255-266.
- [6] Niñerola, J.M.; Iglesias, M.; Fraile, J.; Floría, E.; Garrido, T. Evolució i estat de les aigües subterrànies de Catalunya a conseqüència de la contaminació per nitrats'. Agència Catalana de l'Aigua. Enllaç web: <http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/agenda/nitrats.pdf>.
- [7] OMS (2003). Nitrate and nitrite in drinking-water. Guías de Calidad del agua potable, 3ª ed., vol. 1. Recomendaciones. Organización Mundial de la Salud.
- [8] Oliveras, J.; Prat, F.; Torrecana, E. (2010). Evolució dels nitrats analitzats a l'aigua de 30 fonts situades a tres àrees geogràfiques de la comarca d'Osona. Enllaç web: <http://www.raco.cat/index.php/Ausa/article/download/252697/339371>.
- [9] Prat, F. (1999). Qualitat de les aigües subterrànies de la comarca d'Osona. Beca col·legial 98-99. Enllaç web: <http://mon.uvic.cat/tl/files/2012/06/nitrats-osona-beca-1999.pdf>.
- [10] Prat, F.; Oliveras, J.; Torrecana, E. (2012). Evolució dels nitrats analitzats a l'aigua de 87 fonts situades a 28 municipis de la comarca d'Osona. Enllaç web: <http://www.raco.cat/index.php/Ausa/article/view/252697>.
- [11] Rodier, J. (2009). Análisis del agua. Barcelona: Omega.
- [12] RD 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Admin/rd140-2003.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd140-2003.html).