
**Informe cuatrienal 2008-2011 sobre la contaminación por nitratos
en la comunidad autónoma de La Rioja**

DATOS DE CONTROL DEL DOCUMENTO

Título documento: Informe cuatrienal 2008-2011 sobre la contaminación por nitratos en la comunidad autónoma de La Rioja

Número de expediente: 1237

Título del proyecto/estudio: Informe nitratos GLR

Versión: **Revisión:**

Nombre del fichero: H:\PRODUCCION 2\1237 Informe nitratos LR 2012\Informe\ Informe N GLR 2008-2011.doc

Fecha de Inicio: 14/3/2012

REGISTRO DE CAMBIOS EN EL DOCUMENTO

Vers.-Rev.	Fecha	Autor	Secciones Afectadas
1	14/3/2012	M. Arce	Todas
1.1	10/4/2012	J. Ruiz Tutor	
1.2	25/4/2012	M. Arce	
2.0	07/05/2012	M. Arce	Todas

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	1
2.1.- DESCRIPCIÓN DE LA RED DE CONTROL DE NITRATOS DE LA RIOJA.....	1
2.1.1 ANTECEDENTES DE LA RED DE CONTROL DE NITRATOS.....	1
2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED ACTUAL.....	4
2.2.- REGISTRO EN CONTÍNUO EN EL ALUVIAL DEL TIRÓN.....	5
2.2.1 OBJETIVOS.....	5
2.2.2 INSTALACIÓN Y MEDIDAS REALIZADAS.....	6
2.2.3 EXPOSICIÓN DE LOS RESULTADOS.....	8
2.2.4 INTERPRETACIÓN.....	10
2.2.5 CONCLUSIONES ACERCA DE LA DINÁMICA DE LA CONTAMINACIÓN	12
2.3.- BALANCE DE NITRATO EN EL EBRO PARA EL PERIODO 2008-2011	16
2.4.- CONTENIDOS DE NITRATO DEL PERIODO 2008-2011.....	21
2.5.- TENDENCIA CON RESPECTO AL PERIODO ANTERIOR	28
2.6.- ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN FUTURA	30
2.6.1 EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN FUTURA MEDIANTE MODELIZACIÓN	31
2.6.2 EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN FUTURA MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS.....	31
3.- ZONAS VULNERABLES DESIGNADAS	33
3.1.- SITUACIÓN EN EL PERIODO 2000-2003	33
3.2.- SITUACIÓN EN EL PERIODO 2004-2007	34
3.3.- SITUACIÓN EN EL PERIODO 2008-2011	34
4.- CUADROS RESUMEN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	35
5.- GLOSARIO	36

Índice de Figuras

Figura 1. Hitos en la evolución de la red de control de nitratos del GLR.....	4
Figura 2. Red de control de nitratos GLR	5
Figura 3. Evolución del contenido de nitratos en el río Tirón.....	6
Figura 4. Evolución del contenido en nitrato en el aluvial del Tirón en Tormantos periodo 17/12/2009 al 10/01/2010.....	9
Figura 5. Datos de la estación SAICA del Tirón en Ochánduri.....	10
Figura 6. Modelo conceptual de la dinámica de contaminación por nitratos en el río Tirón.....	11



Figura 7. Ocupación del suelo en la cuenca del Tirón.....	12
Figura 8. Registro continuo en el sondeo SN-1 de Tormantos durante octubre 2009/abril 2010.	14
Figura 9. Elementos para el balance de nitrato en el Ebro.....	17
Figura 10. Aportaciones medias mensuales de nitrato al Ebro en Haro, Logroño, Mendavia y Castejón	20
Figura 11. Aportaciones porcentuales de nitrato al Ebro.....	21
Figura 12. Contenido promedio de nitratos para el periodo 2008-2011. Red GLR	22
Figura 13. Resultados 2008-2011 en el aluvial del Oja	23
Figura 14. Resultados aluvial del Tirón 2008-2011.....	24
Figura 15. Resultados aluvial del Nájera-Ebro 2008-2011.....	25
Figura 16. Contenido promedio de nitratos anual. Red GLR.....	28
Figura 17. Tendencia con respecto al periodo de información anterior.....	29
Figura 18. Histograma del error típico de la media	30
Figura 19. Evolución (valores normalizados) del contenido en nitrato en los puntos de la red operativa del GLR en la masa de agua subterránea del Aluvial del Oja	32

Índice de tablas

Tabla 1. Perfiles longitudinales del contenido en nitrato en el Tirón.....	7
Tabla 2. Superficie agrícola (ha) de la cuenca del Tirón aguas arriba del embalse de Leiva (Fte. Corine Land Cover, 2000).....	13
Tabla 3. Aportaciones de nitrato al Ebro (en rojo caudales medios mensuales calculados por regresión con la A002)	18
Tabla 4. Aportaciones de nitrato en Tirón y Nájera.....	19
Tabla 5. Resumen de la aportación de nitrato al Ebro en el ámbito de La Rioja.....	20



1.- INTRODUCCIÓN

2.- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

2.1.- DESCRIPCIÓN DE LA RED DE CONTROL DE NITRATOS DE LA RIOJA

La red de control de nitratos de La Rioja es operativa desde 1996. Desde entonces, ha evolucionado en criterios y objetivos y se ha ampliado con nuevos puntos de control. La explotación y el análisis de la información emergente de la red, ha permitido mejorar sustancialmente el conocimiento sobre la contaminación difusa en los acuíferos riojanos.

Con el “Proyecto de construcción de nuevos puntos para la red de control de nitratos del Gobierno de La Rioja” llevado a cabo por la antigua Dirección General del Agua a lo largo de 2009 se dispone de 23 puntos de nueva construcción y siete ya existentes con los que ampliar y mejorar la red de control de nitratos¹. La construcción de nuevos sondeos de control, diseñados para el seguimiento de la contaminación difusa, y acondicionamiento de algunos ya existentes, tiene por objeto conseguir una mejor representatividad de las terrazas bajas en los acuíferos aluviales, hasta ese momento escasamente representadas en la red dada la ausencia de pozos de explotación en estas zonas. Esta mejor representatividad de la red obedece fundamentalmente al hecho de que son las terrazas bajas de los acuíferos aluviales las que canalizan la mayor parte del flujo de agua subterráneo, por lo que se consideró necesaria su mejor monitorización. Por otra parte, los sondeos se diseñaron para poder caracterizar con más detalle los flujos profundos, que no están bien evaluados en la red actual basada en pozos poco penetrantes. Los sondeos se acondicionaron para tomar muestras de los tramos investigados, sellando el resto de la perforación para evitar la entrada de otros flujos distintos a los objetivos de control y seguimiento.

La otra línea de mejora de la red es la automatización del control en algunas áreas contaminadas. La idea es disponer de sensores de registro continuo para caracterizar la evolución estacional de la contaminación, así como su relación con las prácticas agrícolas del sector. Con esta información se dispone de un conocimiento detallado de la estructura estadística de las muestras (la dispersión debida a oscilaciones estacionales, etc.), como elementos claves para disponer de elementos de juicio con los que valorar las tendencias observadas en la red de control.

2.1.1 ANTECEDENTES DE LA RED DE CONTROL DE NITRATOS

La actual red de control se definió a partir de las redes anteriores de la Comunidad Autónoma de La Rioja que se iniciaron en el año 1996, de los datos del inventario de Confederación Hidrográfica del Ebro, de los datos obtenidos en los estudios hidrogeológicos realizados por la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA) y de las observaciones de campo.



A partir del 2003 la red adquiere mayor entidad con 75 puntos de control, siempre con el objetivo prioritario de detectar los sectores de mayor volumen de lixiviados de nitratos, independientemente de su representatividad en el conjunto de la masa de agua. Desde entonces se lleva a cabo la recogida y el análisis posterior de las muestras de forma ininterrumpida.

En el 2007 la red de control constaba de 58 puntos de muestreo mensual y de 15 de muestreo trimestral. En el 2008 se incluyen además los puntos de muestreo en aguas superficiales.

Además, esta red se complementó con los controles analíticos que se realizan en las captaciones para abastecimiento humano. Estos controles tuvieron unos objetivos propios específicos al margen de la Directiva 91/676/CEE, por lo que no se implementaron en la red de control de nitratos. No obstante esta información fue muy útil para conformar los primeros criterios de diseño de la mencionada red, así como en las primeras revisiones y declaraciones de Zonas Vulnerables al amparo de la particular interpretación de lo previsto en el artículo 3 de la Directiva.

En el 2009, a la red se incorporaron nuevos puntos de muestreo de titularidad del Gobierno de La Rioja, formados por sondeos construidos *ad hoc*, para resolver las lagunas detectadas de representación de la red. La construcción de nuevos sondeos de control, diseñados para el seguimiento de la contaminación difusa, y acondicionamiento de algunos ya existentes, tiene por objeto conseguir una mejor representatividad de las terrazas bajas de los aluviales, escasamente representados en la red anterior dada la ausencia de pozos de explotación en estas zonas. Por otra parte, los sondeos se diseñaron para poder caracterizar con más detalle los flujos profundos, que no están bien evaluados en la red previa basada en pozos poco penetrantes. Los sondeos se acondicionaron para tomar muestras de los tramos investigados, sellando el resto de la perforación para evitar la entrada de otros flujos distintos a los objetivos de control y seguimiento.

Los trabajos realizados durante el 2009 para la ampliación de la red de control incluyeron:

- Estudio hidrogeológico en detalle de los acuíferos aluviales de La Rioja
- Localización de puntos de agua bien caracterizados y de titularidad pública y ubicación de nuevos emplazamientos accesibles y representativos de los acuíferos a caracterizar
- Tramitación de permisos y visitas a futuros emplazamientos
- Perforación de 380 m en 23 sondeos de nueva construcción, entubados 264 m y acondicionados con arquetas antivandálicas.
- Desarrollo, control piezométrico y análisis fisicoquímicos
- Adecuación de sondeos: construcción de arquetas antivandálicas

¹ Ver informe cuatrienal 2004-2007 y contestación Rioja a la carta emplazamiento 2008



Perforación sondeo SN-30 (Alfaro)



Acabado del sondeo SN-7 (Villamediana de Iregua)

La red actual de control de nitratos incluye la totalidad del territorio susceptible de mostrar contaminación de origen agrícola. Esta amplia dispersión espacial hace que cada uno de sus puntos de control tenga una representatividad diferente, que atiende a la información que se pretende buscar en cada uno de los puntos. En este sentido, la representatividad de la muestra significa que se reflejan fielmente las condiciones del agua subterránea en ese sector y no está alterada por las condiciones de la toma (aguas estancadas, contaminaciones desde el brocal, etc.), lo que no supone que ésta sea extrapolable a todo el acuífero en el que se integra.

En líneas generales, los resultados emergentes de la red muestran que las mayores concentraciones de nitrato se dan en pequeños acuíferos de escaso recurso (lo que les confiere una baja capacidad de dilución), y en muchos casos este efecto se acentúa por la recirculación de aguas ya contaminadas. En cualquier caso, su contribución neta en términos de masa contaminante es poco significativa, dado que los recursos que estos albergan son muy bajos.

La evaluación de la concentración promedio en nitrato de una masa de agua subterránea, que frecuentemente integran varios acuíferos mal conectados, es un complejo ejercicio que requiere de una detallada interpretación de cada punto para determinar su representatividad volumétrica en el conjunto de la masa de agua.

El control de la contaminación agrícola se enfrenta a una realidad física compleja y, sobre todo, heterogénea; dentro de un misma masa de agua subterránea hay sectores muy próximos entre sí con condicionantes hidrodinámicos diferentes. En estas circunstancias, la razón fundamental de la amplia dispersión espacial en la que se ha basado el diseño del control de nitratos es ahondar en el conocimiento de la distribución de la contaminación agrícola.

Por otra parte, este conocimiento detallado del territorio atiende en buena medida a la preocupación de la Administración Autonómica por dotar con agua de calidad a la población, lo que incluye necesariamente zonas que, aun teniendo escasa representatividad espacial, atienden las necesidades urbanas de pequeños núcleos de población. En no pocos casos estas captaciones están fuera del ámbito de las masas de agua subterránea definidas por el Organismo de cuenca a tenor de la baja cuantía de sus recursos. Esta realidad se ve bien reflejada en el Plan Director de Abastecimiento de Agua a Poblaciones 2002-2015, aprobado por el Gobierno de La Rioja en el año 2001 y que está en ejecución. Esta estrategia es, por otra parte, coherente con lo dispuesto en el considerando 6º de la

Directiva de Nitratos, que especifica que uno de los objetivos de este control es la protección de la salud humana.

En definitiva, una red de control de nitratos extensa y compleja como es la que opera el Gobierno de La Rioja requiere de un detalle de interpretación adecuado, que no sólo se basa en la concentración de nitrato como indicador del impacto agrícola, sino que, además, pretende evaluaciones específicas del cómputo de masa de contaminante que se genera en el ámbito de La Rioja. Tal interpretación se fundamenta en que el hecho contaminante es la cantidad de nitrógeno lixiviado por los suelos agrícolas, no la concentración de nitrato en una serie de puntos.

Figura 1. Hitos en la evolución de la red de control de nitratos del GLR



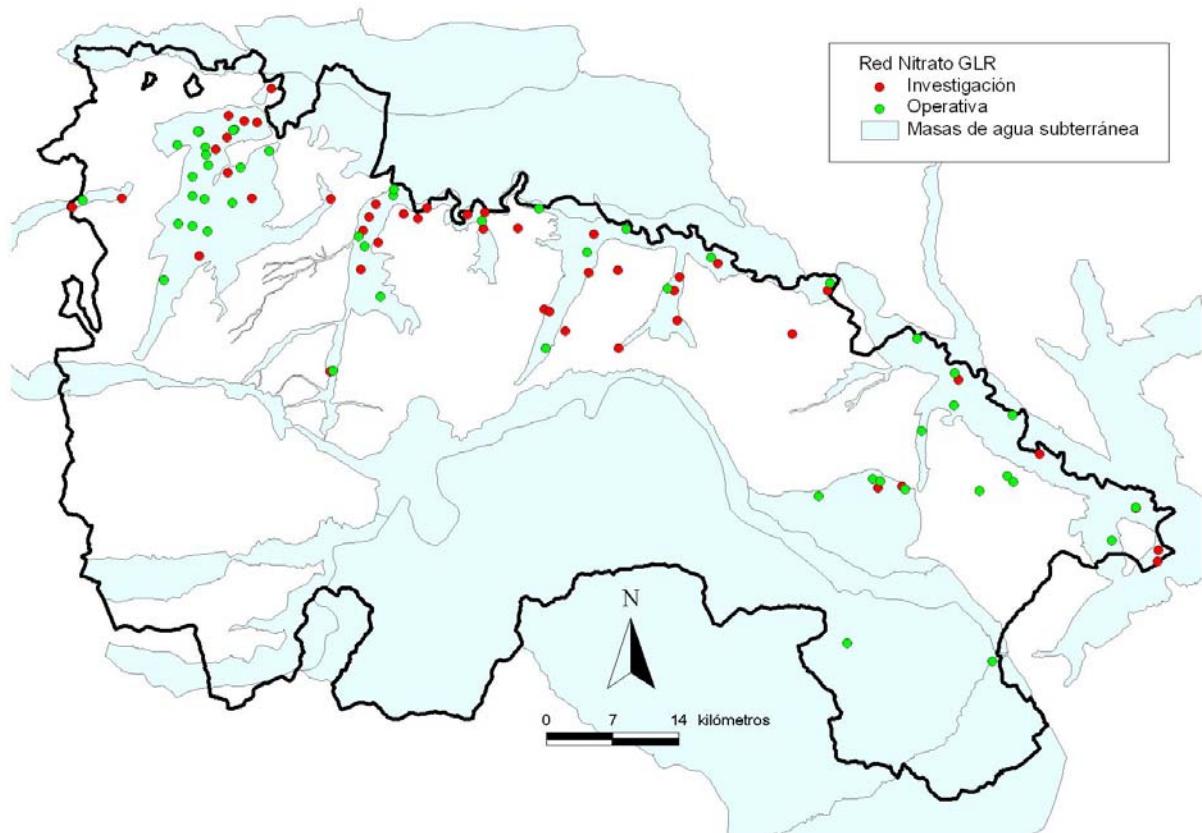
2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED ACTUAL

Actualmente la red de control de nitratos del GLR se configura como sigue

- Red de control operativa. Constituye la red oficial del Gobierno de La Rioja para la información sobre el estado de sus aguas subterráneas atendiendo a los requerimientos de la Directiva 91/676/CEE. Dicha red consta de 48 puntos de muestreo con cadencia de muestreo mensual, elegidos entre los más representativos de cada acuífero o masa de agua subterránea, con el objeto de disponer de una aproximación más veraz al estado “promedio” de la contaminación.
- Red de investigación. Se trata de 45 puntos de control, con una cadencia de muestreo trimestral. Esta red complementa a la anterior con puntos de menor representatividad volumétrica. El objeto de esta red es disponer de un mejor conocimiento areal de la contaminación, extendiendo el control hacia acuíferos o sectores de acuíferos de menor entidad. Esta red servirá de alerta ante evoluciones no deseadas en determinadas zonas de las masas de agua subterráneas vulnerables a la contaminación difusa. También es para no perder las series históricas de información



Figura 2. Red de control de nitratos GLR



2.2.- REGISTRO EN CONTÍNUO EN EL ALUVIAL DEL TIRÓN

2.2.1 OBJETIVOS

La disposición de datos en registro continuo en los sondeos construidos para la red de control de nitratos de La Rioja constituye un medio para la mejora en el conocimiento del movimiento del nitrógeno en el agua, y con ello, de los mecanismos de progreso de la contaminación.

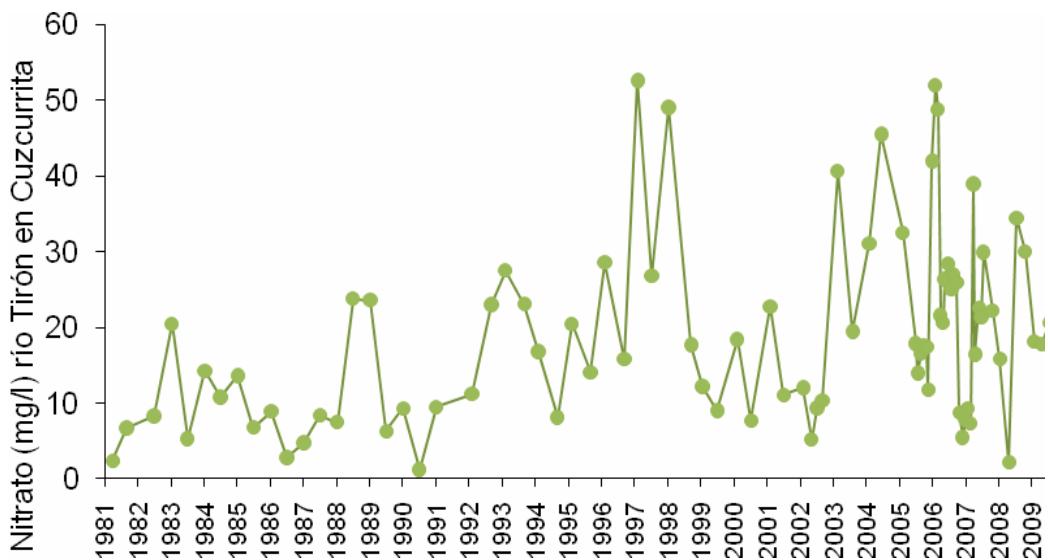
Hasta la perforación del sondeo de Tormantos, no se disponía de información sobre el contenido en nitratos en la terraza baja del Tirón. Los dos puntos de observación disponibles en esta masa de agua subterránea eran sendos manantiales de escarpe (el INB-13 en Herramélluri y el INB-21 en Tormantos) que drenan unas pequeñas terrazas colgadas respecto al río. Con el registro en continuo se ha paliado esta notable ausencia de información, y se mejora el conocimiento sobre la dinámica de la contaminación difusa y su relación con el río.

Por otra parte este tipo de control continuo permite, frente a los muestreos episódicos habituales en las redes de control, una detallada caracterización estadística de los datos de concentración de nitrato en agua, no bien identificada hasta la fecha. Este aspecto es de especial relevancia para disponer de estadísticos fiables sobre el valor representativo del nivel de la contaminación y su dispersión temporal, indicadores de referencia para informar a las autoridades competentes en el ámbito de la DN.



La información disponible de la estación de la red de calidad que opera la Confederación Hidrográfica del Ebro del Tirón en Cuzcurrita muestra elevados contenidos en nitrato con patrones temporales muy irregulares que no quedan claramente definidos con una red de cadencia de muestreo mensual.

Figura 3. Evolución del contenido de nitratos en el río Tirón



No está nada claro el origen de esta contaminación, dado que las elevadas concentraciones registradas en el río no tienen correspondencia con la presión agrícola y ganadera de su cuenca. Así, en la cuenca adyacente del Oja, con mayor presión agrícola, se registran menores valores de nitrato en el río.

2.2.2 INSTALACIÓN Y MEDIDAS REALIZADAS



Se instaló una sonda multiparamétrica (modelo YSI- 6920 V2) en el sondeo SN-1 Tormantos (punto OPB-23) a la profundidad de 5 m. Durante el periodo de octubre de 2009 a abril de 2010.

Durante este periodo se realizaron medidas de temperatura, conductividad, pH y nitratos en intervalos de 30 minutos.

Para contrastar resultados y validar la lectura de la sonda se tomaron de forma aleatoria 9 muestras de agua en las cuales se midió in situ conductividad, pH y temperatura, y en laboratorio el contenido en nitrato. En cada una de estas visitas también se realizó la lectura del nivel piezométrico del sondeo SN-1 y se analizó el contenido en nitratos del río Tirón. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

	T (ºC)	Cond (µS/cm)	pH	Pozo NO3 (mg/l)	Río NO3 (mg/l)	Nivel piezom.
09/10/2009	17.4	2120	7.4	8.0	-	3.28
01/11/2009	-	1923	-	8.9	-	-
20/11/2009	12.6	1884	7.5	8.0	10	3.32
26/11/2009	12.2	1797	7.5	-	-	3.31
16/12/2009	8.6	1246	7.6	5.3	-	3.20
22/01/2010	7.9	1145	7.6	18.6	-	2.71
24/02/2010	7.6	1389	7.6	24.4	21.3	2.79
23/03/2010	8.9	990	7.7	13.7	12.4	2.82
22/04/2010	10.6	971	7.6	8.42	10.2	2.84

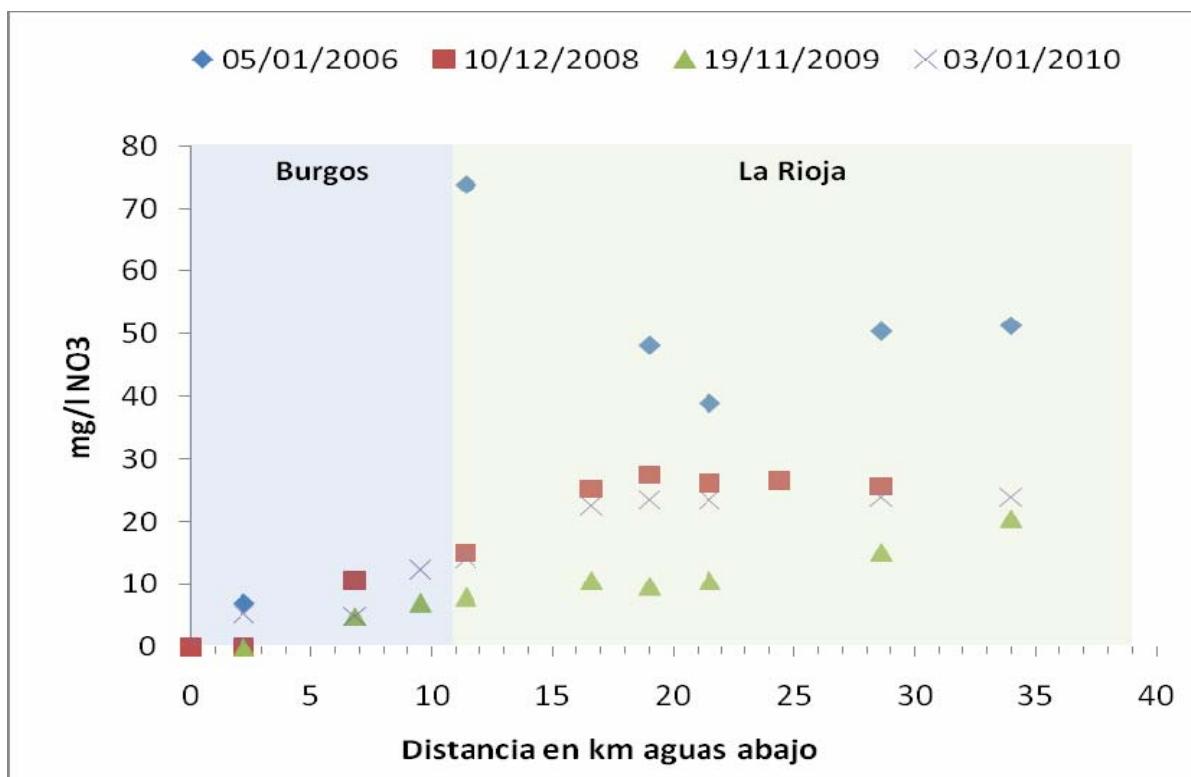
Para analizar la evolución de nitratos en el río Tirón, se realizaron varios perfiles longitudinales del contenido en nitratos, conductividad y temperatura desde la localidad de Belorado (Burgos) hasta Cihuri (La Rioja). Los resultados se detallan en la tabla y el gráfico siguientes.

Todos los perfiles tienden a mostrar un patrón común: un progresivo incremento desde valores muy bajos (generalmente inferiores a 5 mg/l) en Belorado hasta Tormantos, donde alcanza concentraciones entre 10 y 20 mg/l de nitrato. A partir de este punto y hasta su desembocadura en el Oja el incremento en la concentración de nitrato es mucho más suave, así en Cihuri, los valores habituales suelen ser del orden de 25 mg/l.

Tabla 1. Perfiles longitudinales del contenido en nitrato en el Tirón

	19/11/2009			3/01/2009			26/03/2009		
	T (ºC)	Cond µS/cm	NO ₃ (mg/l)	T (ºC)	Cond µS/cm	NO ₃ (mg/l)	T (ºC)	Cond µS/cm	NO ₃ (mg/l)
1.Cihuri	11.7	1845	20.4	8.4	1160	24.0	9.5	927	18.2
2. Cuzcurrita	11.6	1903	15.1	-	1153	24.0	10.1	934	17.3
3. Herramélluri	12.1	1963	10.6	8.4	1141	23.5	9.7	933	18.2
4. Leiva (aliviadero)	11.5	1962	9.77	8.8	1130	23.5	9.7	945	17.3
4B. Tormantos	11.6	1776	10.6	8.8	1183	25.6	9.4	710	11.6
5. Cerezo del Río Tirón	12.8	2660	8	8.4	732	14.7	9.7	737	9.3
5B. Aguas arriba minas de Cerezo	13.4	976	7.1	7.5	553	12.4	9.9	394	6.2
6. Fresnedo del Río Tirón	13.0	779	4.9	7.5	353	4.9	10	255	<1
7. Belorado	12.4	697	<1	7.2	293	5.3	8.8	198	<1





2.2.3 EXPOSICIÓN DE LOS RESULTADOS

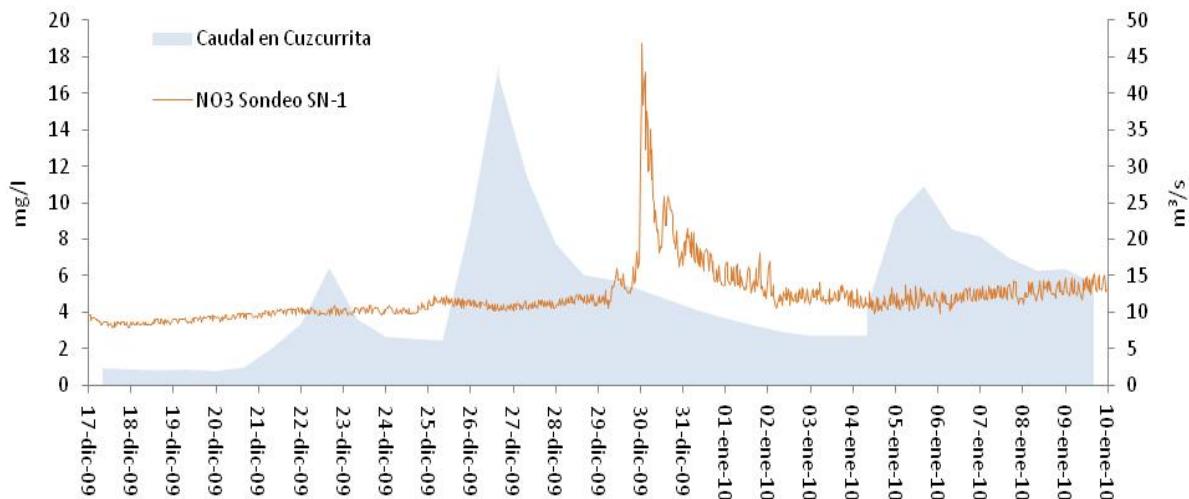
En las graficas de la Figura 8, se muestran los resultados del registro continuo instalado en el sondeo de Tormantos. En estas gráficas se ha representado el caudal registrado en la estación SAIH de Cuzcurrita, ubicada unos 10 km aguas abajo del punto de control en Tormantos. La distancia entre la estación del SAIH y el punto de control en Tormantos explica el desfase temporal entre la punta de la avenida, en Cuzcurrita, y la punta del contenido en nitratos, en Tormantos.

El registro continuo de nitrato en el sondeo de Tormantos muestra como el contenido de nitratos en el aluvial se mantiene bastante constante con valores inferiores a 10 mg/l durante largos periodos, si bien esporádicamente se registran picos de concentración de nitrato en los que se han registrado valores de hasta 24 mg/l.

Es muy significativo la relación positiva entre las puntas de contenido en nitrato y las puntas de crecida de las avenidas del río. Este efecto es claro en la avenida del 31/12/2009, en la que el río alcanzó 40 m³/s, el registro más alto durante el periodo de control realizado para este estudio. El resto de las crecidas registradas son de muy pequeña magnitud, aunque también se insinúa tal relación.



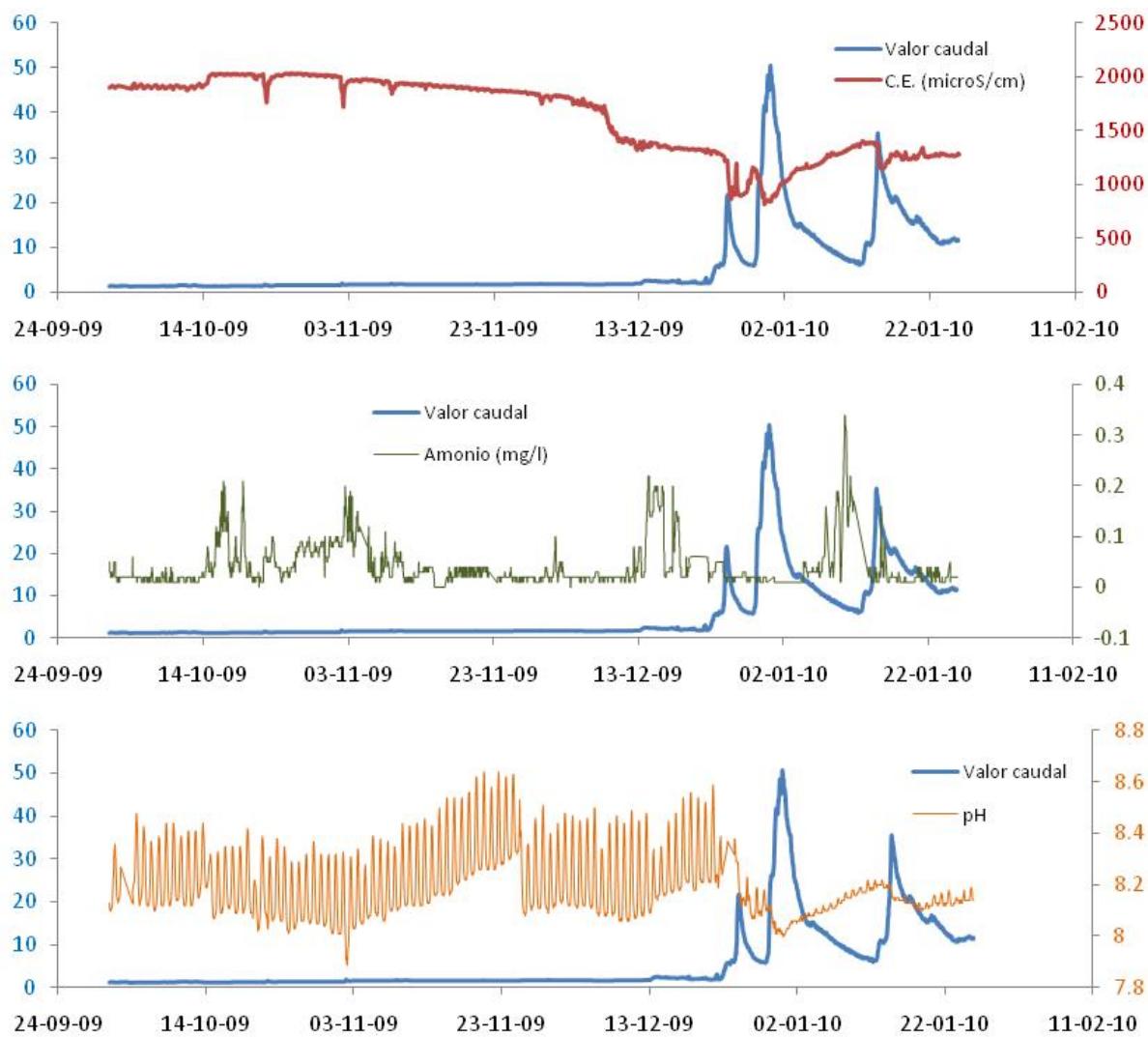
Figura 4. Evolución del contenido en nitrato en el aluvial del Tirón en Tormantos periodo 17/12/2009 al 10/01/2010



La estación automática del SAICA de Ochánduri que opera la CHE, realiza un registro continuo de conductividad eléctrica, amonio y pH, graficados en la figura siguiente. Estos datos revelan una disminución de la conductividad y del pH durante los picos de avenida registrados en diciembre de 2009 y enero de 2010. El contenido en amonio se mantiene en valores normales, inferiores a 0.3 mg/l, y no muestra una pauta clara en relación al caudal. Esta evolución temporal de los parámetros controlados en la estación del SAICA confirman las mismas pautas que las observadas en la instalación del sondeo de Tormantos en cuanto a la relación del pH y conductividad con las puntas de crecida del río.



Figura 5. Datos de la estación SAICA del Tirón en Ochánduri



2.2.4 INTERPRETACIÓN

A la luz de estos datos, es posible formular algunas conclusiones en relación a la dinámica del contenido en nitratos en el río y en la masa de agua subterránea del Aluvial del Tirón.

En primer lugar, la concentración de nitrato en la terraza baja del aluvial del Tirón está determinado por la del río, siendo ambos muy similares. Los contenidos más habituales están por debajo de 10 mg/l de nitrato, con eventos episódicos de mayor concentración (que alcanzan puntas de hasta 20 mg/l durante el periodo de registro) que coinciden con avenidas del río.

Esta dinámica de la concentración de nitrato en forma de pulsos muy marcados, patente en Tormantos, no es aparente aguas abajo, donde el contenido es más regular. Es probable que, al menos entre otras causas, el efecto de regulación del embalse de Leiva tenga incidencia en este diferente comportamiento temporal de la contaminación en el río aguas arriba y aguas abajo del embalse.

En estas condiciones, cabe concluir que el elevado contenido en nitratos del río no está provocado por la contaminación del aluvial. Las terrazas altas y desconectadas del río, si bien tienen elevados



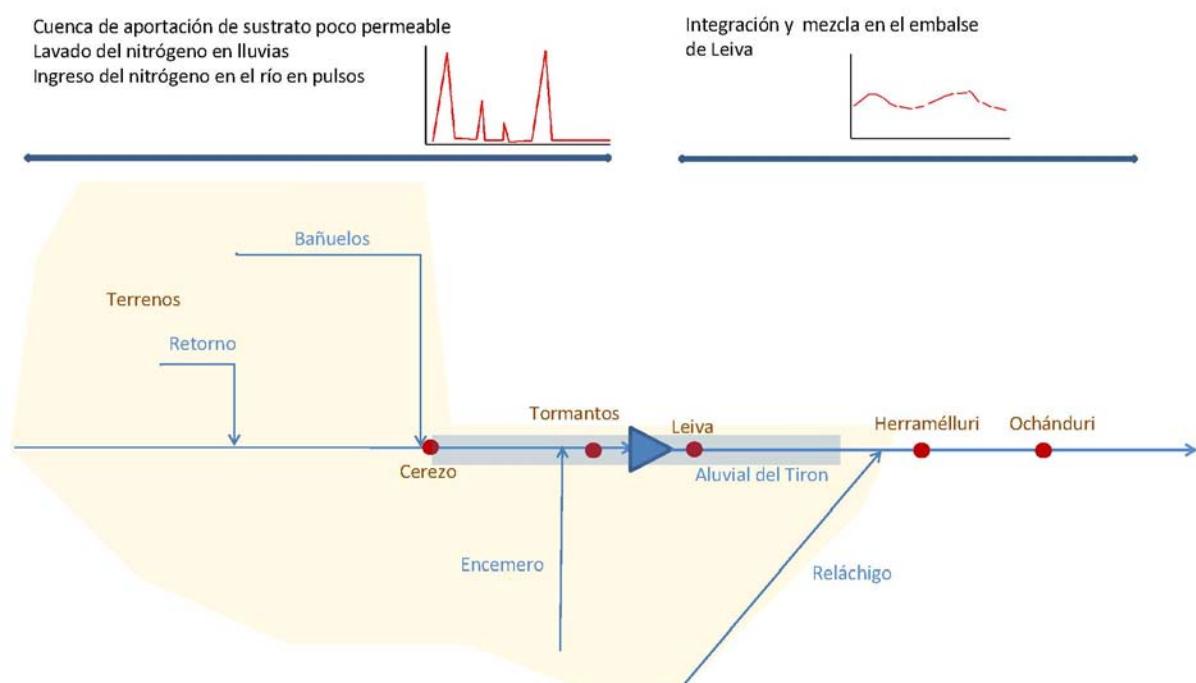
contenidos en nitrato, integran una superficie y un recurso de agua muy pequeños, que no justifican el contenido de nitratos en el río².

A tenor de la naturaleza de los pulsos de ingreso de nitrato en el río, se ha formulado la siguiente hipótesis en cuanto al origen de esta contaminación.

La cuenca de aportación del Tirón en Tormantos está ocupada mayoritariamente por terrenos agrícolas de secano (cuencas del Bañuelos, Retorno y Encemero). El nitrógeno que se emplea en este tipo de agricultura no puede lixiviarse en profundidad dada la naturaleza poco permeable del sustrato, de manera que los excedentes de nitrógeno se acumulan en la capa superior que forma el suelo.

Los excedentes de nitrógeno acumulados en el suelo se movilizan durante los períodos de lluvia, que lavan el suelo y alcanzan el río a través de una escorrentía superficial y subsuperficial. Esto explicaría la naturaleza pulsante de los ingresos de nitrógeno en el río, de forma que durante las avenidas se produce simultáneamente un incremento de la concentración de nitrato en el río, que recupera los niveles bajos una vez finalizada la escorrentía directa e hipodérmica provocada por las lluvias.

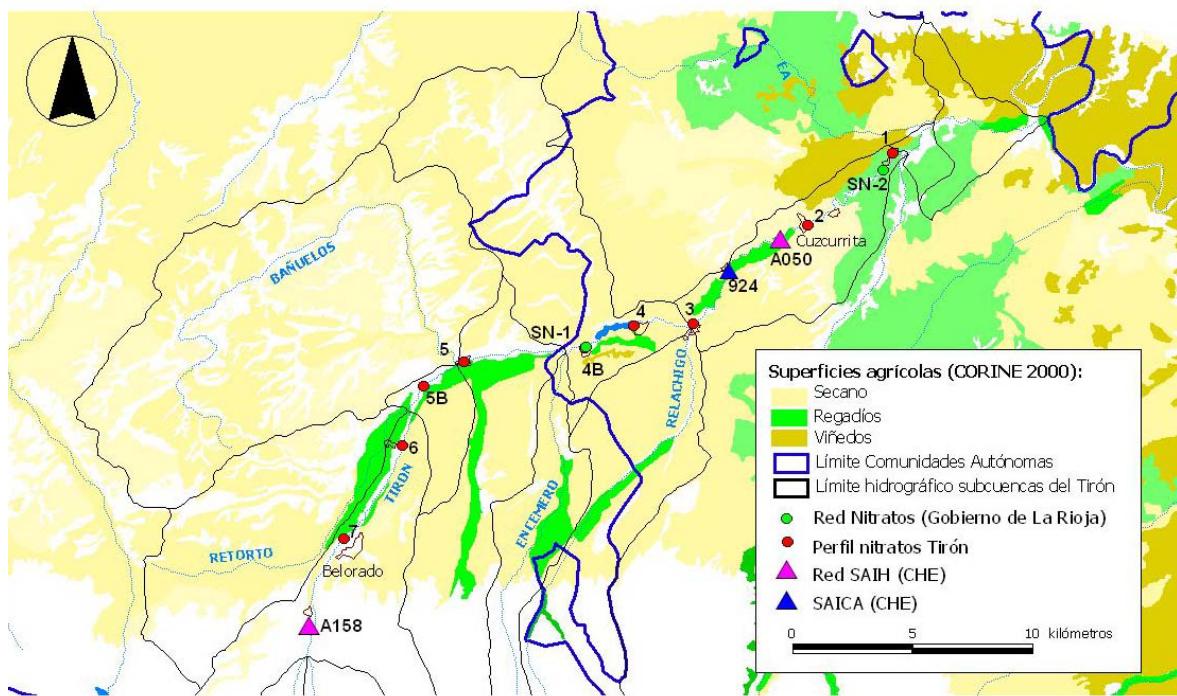
Figura 6. Modelo conceptual de la dinámica de contaminación por nitratos en el río Tirón.



No se descartan otras posibles entradas de contaminación que puedan justificar la naturaleza “pulsante” del contenido en nitratos en el río, si bien la cantidad de masa de nitrógeno implicada invita a descartar fuentes puntuales de contaminación.

² Los manantiales de escarpe que drenan estas pequeñas terrazas colgadas muestran contenidos en nitrato por encima de 100 mg/l, y representan en conjunto un recurso escaso, del orden de 0,5 hm³/año. Por lo tanto, la cantidad de nitrato que estas terrazas vierten al río Tirón se estima en unas 50 t/año, que extrapolado para toda la superficie del aluvial suponen 135 t/año. El río Tirón en Cuzcurrita tiene una aportación media anual de 5.065 l/s. Aun concentrando este vertido en los meses con

Figura 7. Ocupación del suelo en la cuenca del Tirón.



2.2.5 CONCLUSIONES ACERCA DE LA DINÁMICA DE LA CONTAMINACIÓN

Los datos procedentes de las estaciones de automáticas de control hidrológico (SAIH) y de calidad (SAICA) ubicadas en el río Tirón, los perfiles químicos realizados en el río y el registro continuo en el acuífero aluvial en Tormantos han aportado una valiosa información de la dinámica de la contaminación que permite adelantar ciertas conclusiones:

1 – La terraza baja del río Tirón muestra un contenido en nitratos similar al del río. Esta terraza aluvial conforma un acuífero de pequeñas dimensiones, muy ceñido al cauce y de escaso desarrollo vertical. Esto, junto con la elevada permeabilidad del acuífero asegura una respuesta inmediata de éste a los cambios en la calidad química de las aguas del río. Por ello, los análisis realizados evidencian un contenido en nitratos muy similar en ambos. La dinámica del contenido en nitratos observado en el aluvial actual obedece al mismo patrón que el río.

2 – El contenido en nitratos del río-aluvial actual muestra unas variaciones muy bruscas, con picos que pueden duplicar (o incluso más) el contenido en nitratos en pocas horas, para recuperar su contenido inicial con la misma rapidez. Estos episodios de contaminación coinciden con episodios de crecida de caudal en el río. Esta naturaleza “episódica” de la contaminación por nitratos está especialmente marcada aguas arriba de la presa de Leiva. Aguas abajo, el contenido en nitratos es más regular.

aportación más baja, de 1.500 l/s, el aumento de la concentración de nitratos en el río no alcanza los 3 mg/l. Este valor no justifica, con mucho, la concentración de nitrato registrada en el río Tirón en Cuzcurrita.



3 – Las terrazas altas muestran muy altos contenidos en nitrato que no guardan relación con el río. Dado su pequeño tamaño, sus aportaciones al río no permiten justificar los contenidos eventualmente altos registrados en el río. En cualquier caso, estas pequeñas aportaciones tampoco pueden justificar la naturaleza “pulsante” evidenciada en el río.

Con estas premisas queda claro que el acuífero aluvial del Tirón no es el responsable de la contaminación por nitratos evidenciada en el río. Para entender el posible origen de esta contaminación y de su peculiar naturaleza pulsante se exponen las características específicas de esta cuenca en relación a la adyacente del Oja.

En la cuenca del Tirón, el acuífero aluvial tiene una extensión muy pequeña y una capacidad de regulación casi nula. Dado que no dispone de acuíferos relevantes (el aluvial del Tirón apenas supone el 3% de su superficie), no hay posibilidad de percolación profunda de los excedentes de la fertilización. Por lo tanto todo el nitrógeno no aprovechado en los cultivos se acumula en los horizontes edáficos y es lavado por la escorrentía superficial y subsuperficial en sucesivos episodios de lluvias.

Otra de las peculiaridades de esta cuenca en relación al del Oja es su extensión de cabecera relativamente pequeña en relación a la extensión de la cuenca media y baja. Esto hace que gran parte de los recursos de esta cuenca se generan en lluvias que tienen lugar sobre la cuenca media y baja, extensamente ocupadas por terrenos agrícolas de secano (La Bureba). En el Tirón, aproximadamente el 50% del recurso se genera en la cuenca alta, en suelos no intervenidos. En la adyacente cuenca del Oja, el 70% del recurso se genera en zonas de montaña sin actividades agrícolas significativas. Estas cifras ya dan una idea de cómo el recurso del Tirón tiene un componente relevante de contaminación por lavado de zonas agrícolas.

Otro aspecto relevante a tener en cuenta es el papel que tiene el embalse de Leiva en el contenido en nitratos en el río y en su evolución. Los perfiles químicos longitudinales muestran un progresivo aumento de los contenidos en nitrato hasta el embalse de Leiva. Aguas abajo, los contenidos son más regulares. Este embalse tiene un efecto de regulación también sobre la contaminación: los pulsos de contaminación entran en el embalse, se mezclan con las aguas residentes, y el caudal vertido por el embalse muestra un contenido en nitrato más promediado.

En la tabla siguiente se muestran las superficies agrícolas en la cuenca del Tirón aguas arriba del embalse de Leiva:

Tabla 2. Superficie agrícola (ha) de la cuenca del Tirón aguas arriba del embalse de Leiva (Fte. Corine Land Cover, 2000)

		Secano	Regadío	Viña	Total Agrícola	%
Tirón	Rioja	2112	90	43	2245	8
	Burgos	9417	1030	0	10446	36
Retorto	Burgos	3527	330	0	3857	13
Bañuelos	Burgos	9972	0	0	9972	35
Encemero	Rioja	137	52	0	189	1
	Burgos	1360	322	0	1682	6



Urbión	Burgos	115	276	0	391	1
Total	Rioja	2249	142	43	2434	8
	Burgos	24391	1958	0	26348	92
		26640	2100	43	28782	

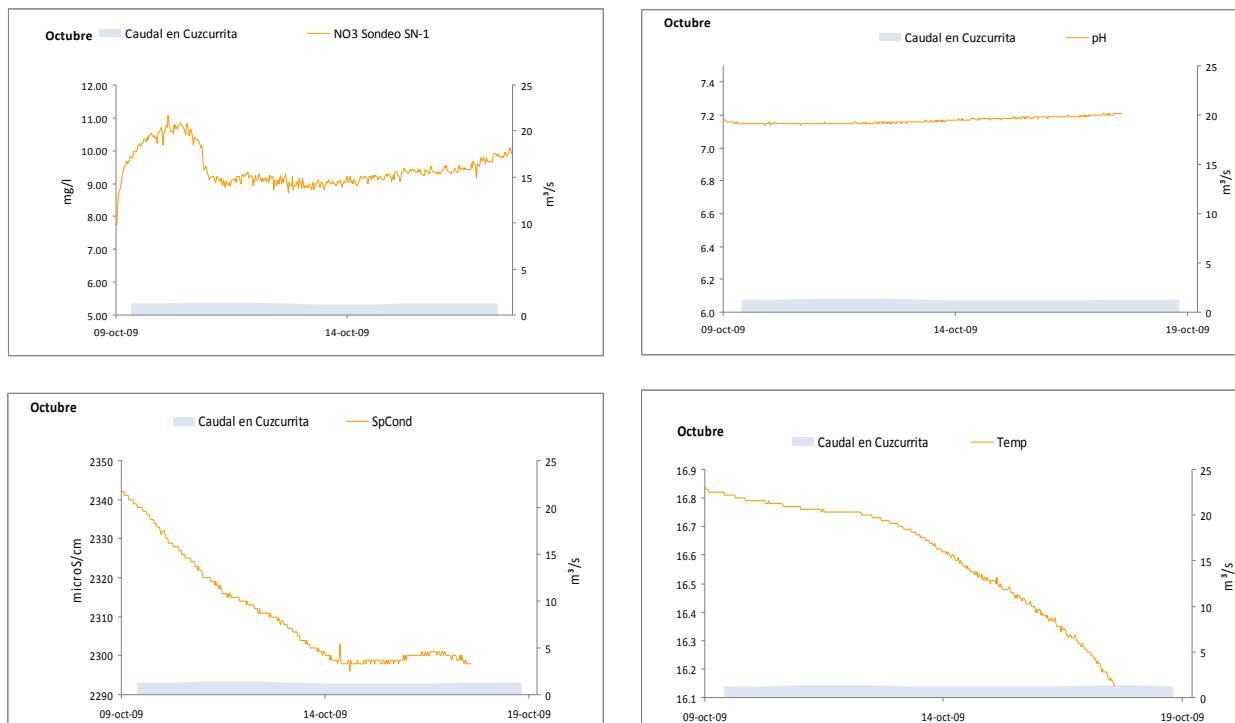
Aguas arriba del embalse de Leiva existen casi 29.000 ha de terrenos agrícolas, mayoritariamente en secano y el 92% de ellos ubicados en la provincia de Burgos.

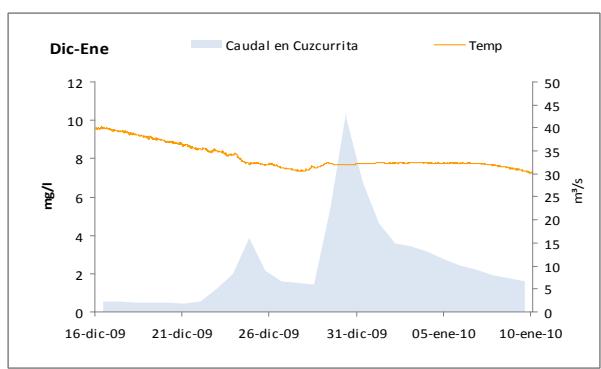
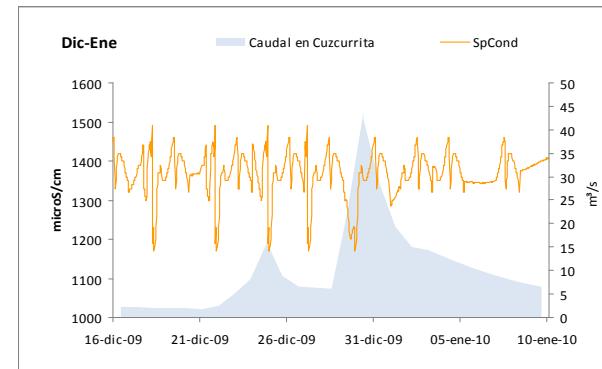
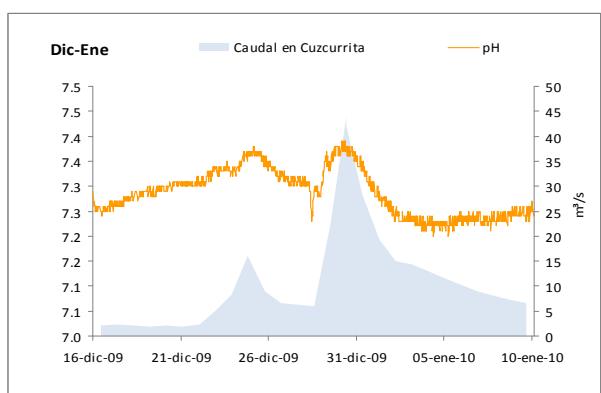
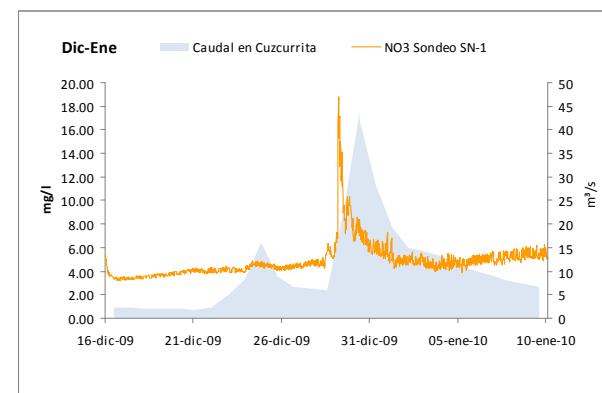
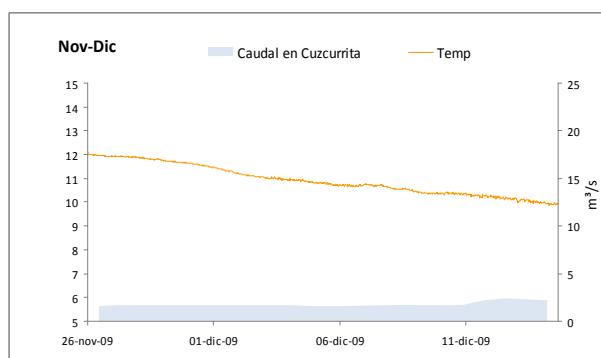
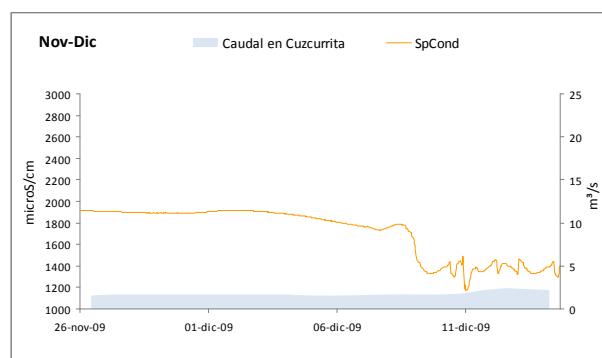
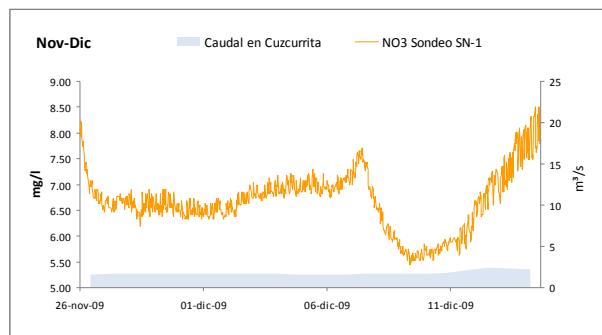
El Balance de Nitrógeno de en la Agricultura Española (MARM, 2007) cifra los excedentes de nitrógeno para el cereal en la provincia de Burgos en 13,9 kg N/ha/año. No se considera la presencia de otros cultivos de tubérculos y leguminosas que tienen unos excedentes mucho mayores, pues son minoritarios en la comarca de La Bureba. Esto supone unos excedentes agrícolas mínimos de 1.680 T de nitrato anuales. Para una aportación media del Tirón de 5 m³/s (Tirón en Cuzcurrita), esta masa supone una concentración promedio de 11 mg/l en el río. Se trata de un valor ligeramente superior a los valores de fondo registrados en el río, de 8 mg/l.

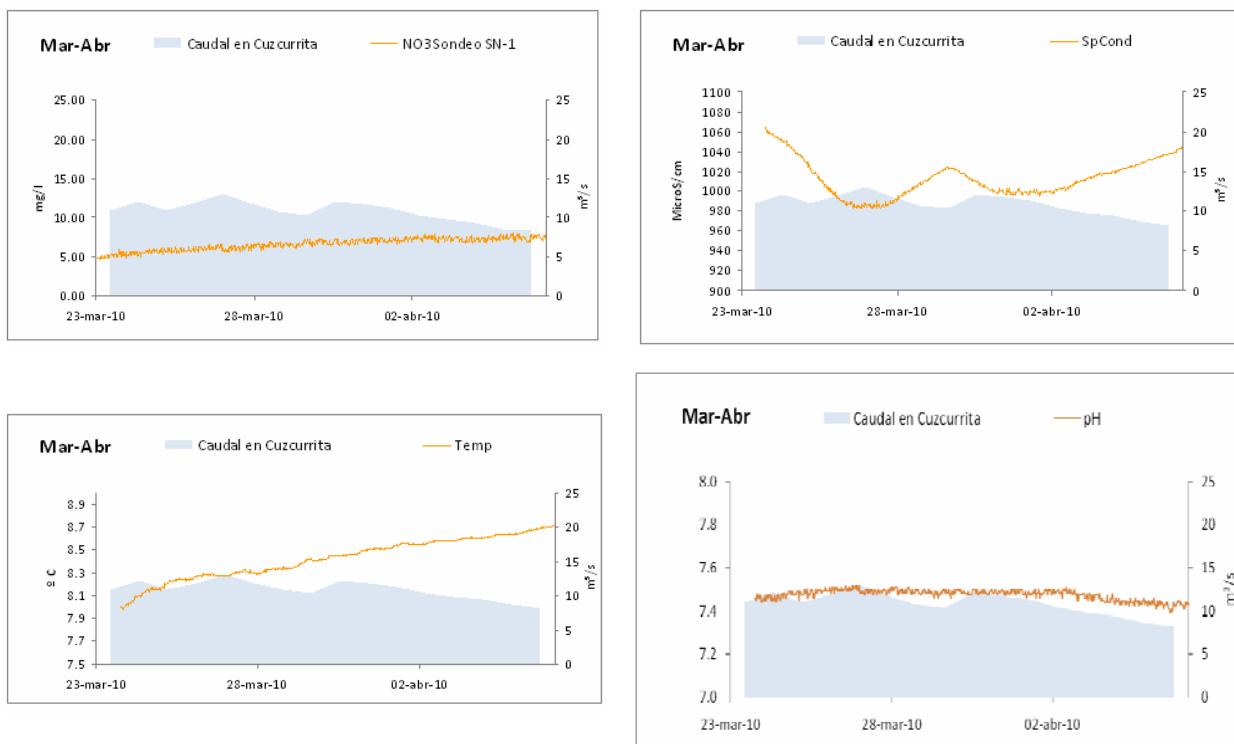
No obstante, el ingreso del nitrógeno en el río no se realiza de forma homogénea, sino a modo de pulsos de entrada que tienen lugar durante los episodios de grandes lluvias. Esto justifica la relación directa que existe entre el caudal del río y el contenido en nitratos.

Figura 8. Registro continuo en el sondeo SN-1 de Tormantos durante octubre 2009/abril 2010.

Caudales medios diarios en la estación del SAIH en Cuzcurrita.







2.3.- BALANCE DE NITRATO EN EL EBRO PARA EL PERIODO 2008-2011

³Para valorar la masa total contaminante de nitrato aportada en el tramo Riojano del río Ebro se han empleado los datos de la red de control de aguas superficiales del GLR (red OPP, con muestreos de cadencia mensual) junto con los datos de caudal medio mensual suministrado por las estaciones de la red SAIH de la CHE (Figura 9). Los cálculos se han realizado para lapsos de tiempo mensual y para el intervalo temporal de marzo de 2008 a octubre de 2010.

El balance se ha realizado calculando las aportaciones de nitrato en cuatro puntos:

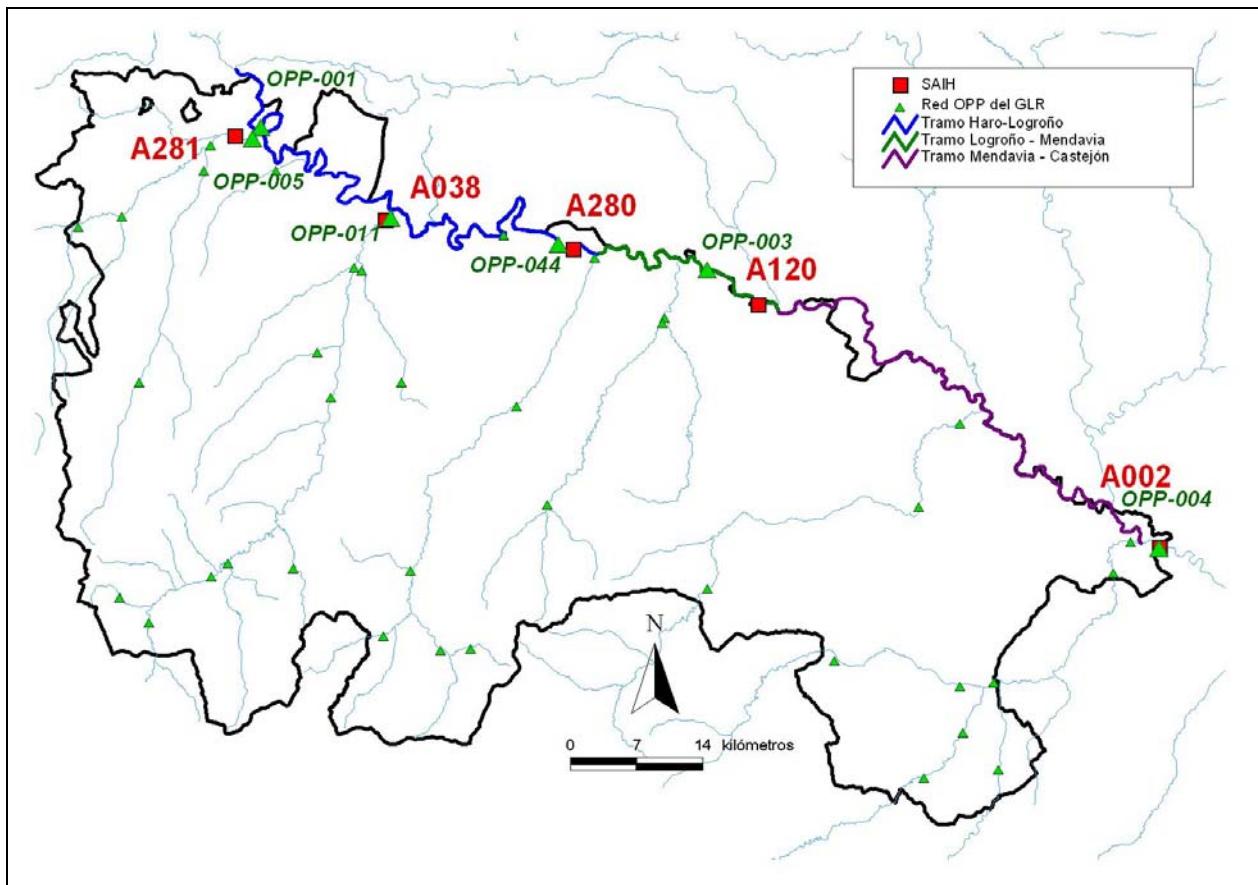
- Ebro a su entrada en la comunidad de La Rioja (Haro). Los contenidos de nitrato se corresponden con la estación de muestreo OPP-001 (Haro). Para valorar el caudal del Ebro a la entrada de la comunidad autónoma, se ha elaborado una serie foronómica sustrayendo a la serie de caudal medio mensual del Ebro en Logroño (SAIH A280), las correspondientes al Tirón en Haro (SAIH A281) y al Najarilla en Torremontalbo (SAIH A038).
- Ebro en Logroño, a partir de los datos de concentración registrados en la estación OPP-044 (Logroño) y de SAIH A280 (Logroño).
- Ebro en Mendavia, a partir de los datos de concentración registrados en la estación OPP-003 (Agoncillo) y de SAIH A120 (Mendavia).

³ Creo que habría que poner algo de lo que presentamos en el balance anterior con aquella tabla del incremento de 1,2 mg/l y explicar un poco la evolución del proceso que hemos seguido con sus las incertidumbres. También debemos reflejar lo que se pretende con esta aproximación y las conclusiones que se pueden sacar



- Ebro en Castejón, para caracterizar la salida del río Ebro del ámbito geográfico de La Rioja. La aportación se ha evaluado con los datos de concentración de la estación OPP-004 (Castejón) y los caudales medios mensuales de la estación SAIH A002 (Castejón).

Figura 9. Elementos para el balance de nitrato en el Ebro



A partir de estos cuatro puntos se han calculado las aportaciones de masa de nitrato en tres segmentos del río, uno para La Rioja Alta entre Haro y Logroño, y dos para La Rioja Baja: Logroño-Mendavia y Mendavia-Castejón. En la Tabla 3 se detallan las series de caudal medio mensual (m^3/s), de concentración de nitrato (mg/l) y las aportaciones de nitrato calculadas (Ton/día). En la Figura 10 se grafican las series mensuales calculadas.

Como elemento de contraste se han calculado las aportaciones de masa de nitrato que vierten al Ebro las dos cuencas relevantes de La Rioja Alta: el Tirón (SAIH A281 y OPP-005) y el Najarilla (SAIH A038 y OPP-011). En la Tabla 4 se detallan las series de caudal, concentración y de aportación de masa de nitrato. Esta aportación de masa contaminante debe ser coherente con la calculada con datos del Ebro para el tramo Haro-Logroño.

Tabla 3. Aportaciones de nitrato al Ebro (* caudales medios mensuales calculados por regresión con la A002)

FECHA	m ³ /s	SAIH: caudal medio mensual en m ³ /s			Red OPP del GLR: Nitrato en mg/l				Aportación Nitrato calculada (Ton/dia)			
		A280 EBRO-LOGROÑO	A120 EBRO-MENDAVIA	A002 EBRO-CASTEJÓN	OPP-001 (HARO)	OPP-044 (LOGROÑO)	OPP03 (AGONCILLO)	OPP-004 (CASTEJÓN)	Ebro - Haro	Ebro - Logroño	Ebro - Mendavia	Ebro - Castejón
mar-08	119,39	126,18	140,16	315,68	9,70	1,00	9,60	9,00	100,1	10,9	116,3	245,5
abr-08	87,73	110,97	139,84	337,24	9,70	1,00	9,80	9,30	73,5	9,6	118,4	271,0
may-08	122,75	163,62	188,99	378,9	10,30	13,30	12,60	1,00	109,2	188,0	205,7	32,7
jun-08	162,95	215,4	268,57	519,4	7,40	16,30	16,90	10,90	104,2	303,4	392,2	489,2
jul-08	26,81	37,25	44,41	89,66	14,90	17,20	16,70	17,10	34,5	55,4	64,1	132,5
ago-08	19,46	25,37	28,74	79,16	9,20	11,60	10,50	1,00	15,5	25,4	26,1	6,8
sep-08	17,31	23,09	26,03	87,01	1,00	7,80	7,30	6,70	1,5	15,6	16,4	50,4
oct-08	21,21	27	31,25	68,25	35,70	7,10	9,10	1,00	65,4	16,6	24,6	5,9
nov-08	104,76	116,28	143,81	280,03	1,00	6,50	10,60	47,60	9,1	65,3	131,7	1151,7
dic-08	192,68	217,67	272,64	472,59	7,40	24,70	20,90	13,10	123,2	464,5	492,3	534,9
ene-09	150,36	173,69	180,64	383,36	16,00	9,30	8,90	18,60	207,9	139,6	138,9	616,1
feb-09	184,34	210,38	251,05	654,25	11,10	1,00	11,40	8,30	176,8	18,2	247,3	469,2
mar-09	138,81	162,16	184,19*	391,62	17,10	12,70	10,40	10,10	205,1	177,9	165,5	341,7
abr-09	49,64	67,57	98,79	217,68	12,60	15,00	16,90	11,70	54,0	87,6	144,2	220,0
may-09	28,96	43,89	66,6	148,68	9,90	11,50	11,30	9,60	24,8	43,6	65,0	123,3
jun-09	28,81	36,62	56,38	63,85	6,90	1,00	11,20	1,00	17,2	3,2	54,6	5,5
Jul-09	31,56	37,76*	47,39	57,81	3,60	8,30	16,00	1,00	9,8	27,1	65,5	5,0
ago-09	18,14*	27,62*	36,15	50,88	1,00	6,70	5,80	17,10	1,6	16,0	18,1	75,2
sep-09	14,15	19,45*	27,09	59,22	1,00	6,30	18,70	1,00	1,2	10,6	43,8	5,1
oct-09	18,43	21,81*	29,71	48,73	1,00	23,40	16,30	1,00	1,6	44,1	41,8	4,2
nov-09	58,79	63,23*	75,63	172,18	1,00		1,00	9,40	5,1		6,5	139,8
dic-09	70,74	92,39	98,96	188,28	10,70	13,20	28,50	1,00	65,4	105,4	243,7	16,3
ene-10	221,03	279,32	239,9	480,72	12,70	9,40	11,50	10,80	242,5	226,9	238,4	448,6
feb-10	126,54	179,37*	204,41	490,03	14,90	14,40	14,40	9,70	162,9	223,2	254,3	410,7
mar-10	60,67	111,23*	128,85	281,75	15,70	17,30	11,60	10,80	82,3	166,3	129,1	262,9
abr-10	28,22	64,77*	77,34	133,44	12,50	13,00	9,90	7,50	30,5	72,7	66,2	86,5
may-10	62,14	101,49*	118,06	228,34	7,10	7,70	7,70	1,00	38,1	67,5	78,5	19,7
jun-10	77,93	108,86*	126,23	163,13	5,40		7,00	8,00	36,4		76,3	112,8
Jul-10	37,16	54,77	70,55	74,97	4,30	6,50	7,10	9,20	13,8	30,8	43,3	59,6
ago-10	18,52	30,36	39,52	49,94	1,00	1,00	6,60	1,00		2,6	22,5	4,3
sep-10	12,05	25,75	28,77	58,23		6,60	6,00	1,00	0,0	14,7	14,9	5,0
oct-10	16,14	22,16	26,04	48,08	1,00	1,00				1,9		
Promedio	72,8	93,7	112,0	226,6					67,1	87,8	120,8	204,9

Tabla 4. Aportaciones de nitrato en Tirón y Nájera

FECHA	SAIH A038 (Caudal en m³/s)	OPP-011 (Nitratos en mg/l)	Aportación Nitrato Nájera (Ton/día)	SAIH A281 (Caudal en m³/s)	OPP-005 (Nitratos en mg/l)	Aportación Nitrato Tirón (Ton/día)
mar-08	3,72	5,70	1,83	3,07	10,50	2,79
abr-08	8,9	4,00	3,08	14,34	13,00	16,11
may-08	16,17	3,50	4,89	24,7	12,60	26,89
jun-08	18,99	2,00	3,28	33,46	18,30	52,90
jul-08	4,74	3,10	1,27	5,7	32,70	16,10
ago-08	3,33	2,30	0,66	2,58	34,50	7,69
sep-08	3,33	5,50	1,58	2,45	30,80	6,52
oct-08	3,33	4,40	1,27	2,46	95,20	20,23
nov-08	5,79	2,00	1,00	5,73	26,90	13,32
dic-08	10,51	2,00	1,82	14,48	42,90	53,67
ene-09	13,34	10,00	11,53	9,99	44,00	37,98
feb-09	15,31	2,00	2,65	10,73	28,80	26,70
mar-09	10,85	7,50	7,03	12,5	35,70	38,56
abr-09	7,44	2,00	1,29	10,49	24,30	22,02
may-09	6,96	5,60	3,37	7,97	14,40	9,92
jun-09	3,63	6,60	2,07	4,18	21,30	7,69
jul-09	4,1	5,60	1,98	2,1	23,70	4,30
ago-09				0,95	19,60	1,61
sep-09	3,81	6,90	2,27	1,49	15,00	1,93
oct-09	2,42	6,00	1,25	0,96	20,40	1,69
nov-09	2,99	2,00	0,52	1,45	1,00	0,13
dic-09	13,8	2,00	2,38	7,85	25,20	17,09
ene-10	39,09	4,50	15,20	19,2	25,50	42,30
feb-10	37,4			15,43	38,30	51,06
mar-10	35,59	4,00	12,30	14,97	28,70	37,12
abr-10	25,81	1,00	2,23	10,74	18,10	16,80
may-10	26,88	3,60	8,36	12,47	11,40	12,28
jun-10	19,15	3,50	5,79	11,78	10,70	10,89
jul-10	13,12	4,80	5,44	4,49	15,40	5,97
ago-10	9,23	4,90	3,91	2,61	18,00	4,06
sep-10	11,33			2,37	1,00	0,20
oct-10	4,05	5,20	1,82	1,97	21,40	3,64
Promedio				3,86		17,82

La aportación de masa de nitrato promedio del Ebro a la entrada en el ámbito de La Rioja (Ebro en Haro, antes de la incorporación del Tirón) para el periodo con disponibilidad de datos (mar-2008 a oct-2010) es de 67,1 Ton/día. En Logroño, la aportación promedio de nitrato es de 87,8 Ton/día. La diferencia, 20,7 Ton/día es la aportación media al Ebro en este tramo de La Rioja Alta.

La aportación de nitrato correspondiente al Tirón para este mismo periodo es de 17,82 Ton/día de promedio. La aportación calculada para el Nájera es de 3,86 Ton/día. En conjunto, estas dos cuencas aportan por lo tanto 21,7 Ton/día de nitrato. Esta cifra es coherente con la aportación de masa calculada en el tramo del Ebro de La Rioja Alta.



La aportación neta de nitrato al Ebro en el ámbito de la comunidad de La Rioja es de 137,8 ton/día, si bien con una distribución muy desigual según se detalla en la Tabla 5. Para poder comparar los distintos tramos se han calculado las aportaciones unitarias en Ton/día por km de longitud de río.

El tramo de La Rioja Alta, la aportación unitaria es de 0,23 Ton/día·km. Los dos tramos de la Rioja Baja registran aportaciones unitarias similares de 1,11 y 1,16 Ton/día·km. Es decir, en el tramo de La Rioja Baja las aportaciones de nitrógeno por unidad de longitud de río son 5 veces superiores a las registradas en la Rioja Alta.

Tabla 5. Resumen de la aportación de nitrato al Ebro en el ámbito de La Rioja

	Haro-Logroño	Logroño-Mendavia	Mendavia-Castejón
Aportación Nitrato ton/día	20,7	33,0	84,1
Longitud km	91,7	29,9	72,3
ton/día· km de río	0,23	1,11	1,16

La aportación de nitrato al río se desglosa según estos tramos como se muestra en la Figura 11.

El hecho de que las aportaciones unitarias en el tramo de La Rioja Alta sean sustancialmente inferiores a las de La Rioja Baja contrasta con la situación mostrada por la red operativa (Figura 12), según la cual las aguas subterráneas de La Rioja Alta muestran mayores concentraciones de nitrato. La justificación de este hecho radica en la cantidad de recurso implicado en los puntos muestreados. Buena parte de los puntos de la red de control de nitratos en La Rioja Alta se ubican en acuíferos de pequeña representatividad espacial y con pocos recursos, lo que justifica su escasa cuantía en términos de masa contaminante.

Figura 10. Aportaciones medias mensuales de nitrato al Ebro en Haro, Logroño, Mendavia y Castejón

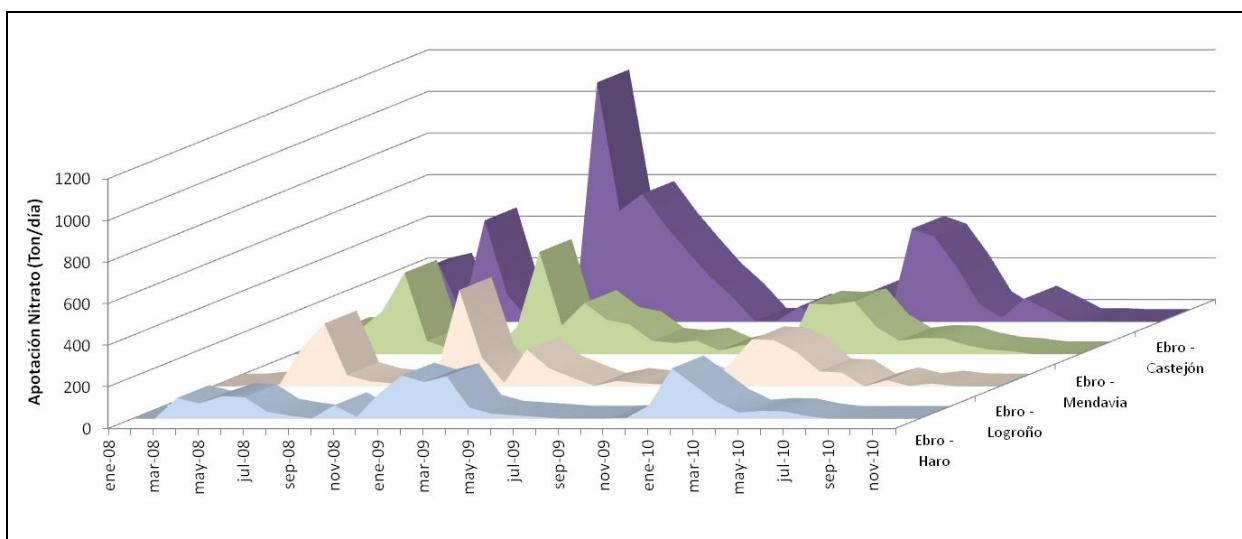
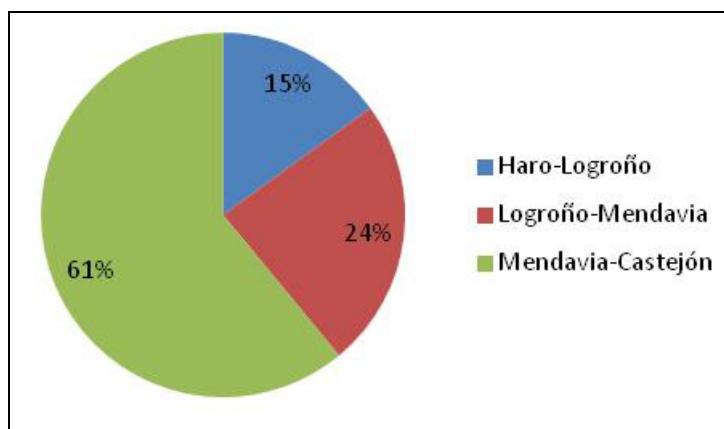


Figura 11. Aportaciones porcentuales de nitrato al Ebro



Se puede expresar la contribución de nitrato en el ámbito de La Rioja en términos de concentración aportada, teniendo en cuenta que entre Haro y Castejón el Ebro recibe una aportación media para el periodo considerado de 137,8 Ton/día de nitrato, con una desviación típica de 327 Ton/día. Para un caudal medio para este periodo en Castejón de 226,6 m³/s, el incremento de concentración neto en el Ebro es de 7,04 mg/l, con una desviación típica de 16,7 mg/l. Para entender la notable incertidumbre que alberga esta cifra hay que tener en cuenta la gran dispersión en los valores de caudal, que depende mucho del periodo considerado.

Como resumen de lo expuesto cabe resaltar que el 85% de la masa de nitrato aportada al Ebro en el ámbito de La Rioja tiene lugar en La Rioja Baja (Logroño-Castejón), frente a sólo un 15% aportado en el tramo de La Rioja Alta. Por el contrario, la mayor parte de los puntos de la red de control de las aguas subterráneas con mayores concentraciones de nitrato se ubican en el ámbito de las cuencas vertientes de La Rioja Alta. La justificación de este hecho es que la red de control de nitratos se basa en un indicador de contaminación, la concentración de nitrato, que no guarda relación directa con la masa total contaminante generada. Como más adelante se muestra, muchos de los puntos con altas concentraciones de nitrato representan pequeños acuíferos de escaso recurso hídrico y que, por lo tanto, suponen una cuantía menor en el proceso de contaminación difusa total en el río Ebro.

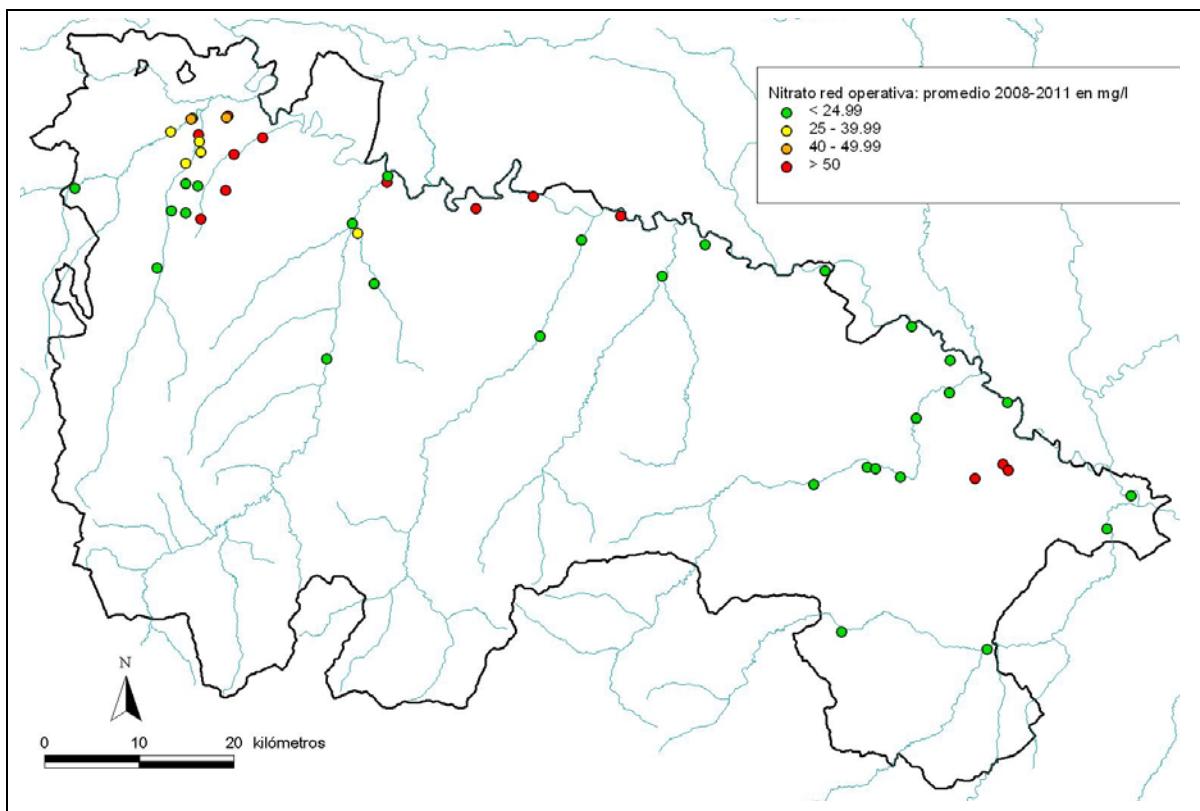
2.4.- CONTENIDOS DE NITRATO DEL PERIODO 2008-2011

Para la elaboración de los mapas de contenido promedio en nitrato se han seguido los criterios de evaluación y presentación según lo establecido en la guía para la elaboración de informes por los Estados miembros de la DN. Esta guía es un documento de carácter no oficial elaborado por la Comisión en el 2011, y su objeto es facilitar a los Estados Miembros la elaboración de los informes previstos en el artículo 10 de la DN. Las clases de calidad que hay que representar de acuerdo con la citada guía son las siguientes:

Concentración NO ₃ (mg/L)	Color
0-24,99	VERDE
25-39,99	AMARILLO
40-50	NARANJA
≥ 50	ROJO

Se muestran a continuación los resultados sobre el contenido promedio en nitrato de las aguas subterráneas de La Rioja procedentes de los puntos de muestreo del Gobierno de La Rioja para todo el periodo de información considerado 2008 a 2011, y para cada año del periodo: 2008, 2009, 2010 y 2011.

Figura 12. Contenido promedio de nitratos para el periodo 2008-2011. Red GLR



Como en el periodo de información anterior (2004-2007), los mayores contenidos en Nitrato se ubican en los aluviales de la Rioja Alta, aguas arriba de Logroño, con la excepción de los puntos del Glacis de Aldeanueva de Ebro, adscritos a un pequeño recubrimiento detrítico epitelial de escasos recursos y renovación para el que no se ha identificado masa de agua subterránea.

Un factor clave que contribuye a esta diferenciación es el origen del agua de riego. La carencia de regulación en las cuencas de la Rioja Alta incide en una mayor explotación de las aguas subterráneas para riego. Esto implica la reutilización de aguas contaminadas por el efecto bombeo-riego-retorno, con el consiguiente efecto de acumulación del nitrógeno. En cambio, en la Rioja Baja se riega con aguas procedentes del canal de Lodosa, de bajo contenido en nitratos, lo que favorece el lavado del acuífero

Aluvial del Oja

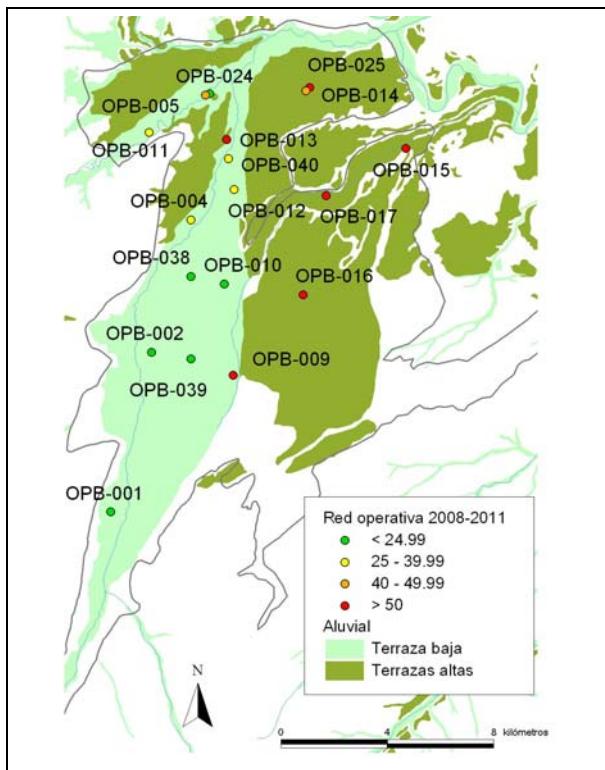
En el aluvial del Oja desde las zonas de cabecera, en el extremo S del acuífero, se mantiene la tendencia espacial al aumento del contenido en nitrato en la dirección del flujo subterráneo, como ya se advirtió en el informe cuatrienal anterior. El mayor contenido en nitratos se da en las terrazas altas y aluviales que no están conectadas con el Oja. Sobre la terraza baja, que alberga el mayor volumen de agua de la masa de agua subterránea, los contenidos son menores, en tanto que hacia las terrazas laterales, como la del aluvial del Zamaña, con menores recursos y mal conectadas con el río, los



contenidos en nitrato son máximos porque casi todo el aporte de agua es procedente de los retornos de riego.

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-001	Manantial de Patagallina	S.Domingo de la Calzada	3
OPB-002	Hormigones Rioja	Villalobar de Rioja	11
OPB-004	Pozo Castañares	Castañares de Rioja	31
OPB-005	Abastecimiento a Sajazarra	Cihuri	45
OPB-009	Antiguo abastecimiento a Bañares	Bañares	75
OPB-010	Pozo Castañares de Rioja	Castañares de Rioja	20
OPB-011	Pozo Tirgo	Tirgo	39
OPB-012	Abastecimiento a Casalarreina	Tirgo	30
OPB-013	Fuente del Pobe	Casalarreina	52
OPB-014	Abastecimiento a Haro	Haro	52
OPB-015	Fuente el Caño	Ollauri	117
OPB-016	Fuente Cidamón	Cidamón	142
OPB-017	Pozo Zarratón	Zarratón	114
OPB-024	SN 2 CIHURI	Cihuri	18
OPB-025	SN 3 HARO	Cihuri	44
OPB-038	IGME Castañares de Rioja	Castañares de Rioja	4
OPB-039	IGME BAÑARES	Bañares	8
OPB-040	IGME CASALARREINA 2	Casalarreina	28

Figura 13. Resultados 2008-2011 en el aluvial del Oja



El acuífero aluvial del Oja está formado por seis niveles de aterrazamiento. El más reciente (la terraza baja) es el único que tiene relación directa con el río Oja. Este nivel representa el 40% de la superficie aluvial y alberga del orden del 90% de los recursos de la masa de agua subterránea. El resto son acuíferos desconectados del río y de muy escasa renovación, ligada a las precipitaciones y los retornos de riego.

Aluvial del Tirón

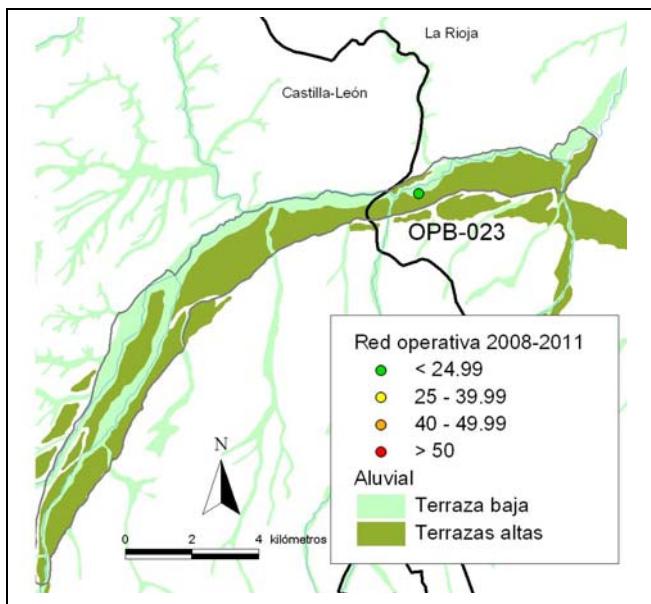


En el caso del aluvial del Tirón, representado por el sondeo de Tormantos (OPB-23) muestra un bajo contenido promedio. Son valores habituales los contenidos por debajo del límite de detección, con valores puntuales que alcanzan los 30 mg/l.

Este dato ofrece una visión de la contaminación muy distinta que los dos puntos de la red de la CHE (también incluidos en la red de investigación del GLR: INB-013 e INB-021). La razón es que estos manantiales de escarpe drenan unas pequeñas terrazas colgadas respecto al río. A pesar de que ambos muestran contenidos en nitrato por encima de 100 mg/l, representan en conjunto un recurso escaso. En cambio, el sondeo de Tormantos, ubicado en la terraza baja es una mejor representación de la situación promedio de la masa de agua subterránea del aluvial del Tirón. En este caso, como ya se ha señalado en el epígrafe 2.2.-, la afección por nitratos que afecta a la terraza baja y al propio río procede en su mayor parte de lavados del suelo agrícola durante los períodos de lluvias en la adyacente comunidad de Castilla-León (provincia de Burgos).

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-023	SN 1 TORMANTOS	Tormantos	6

Figura 14. Resultados aluvial del Tirón 2008-2011



Aluvial del Najarilla-Ebro

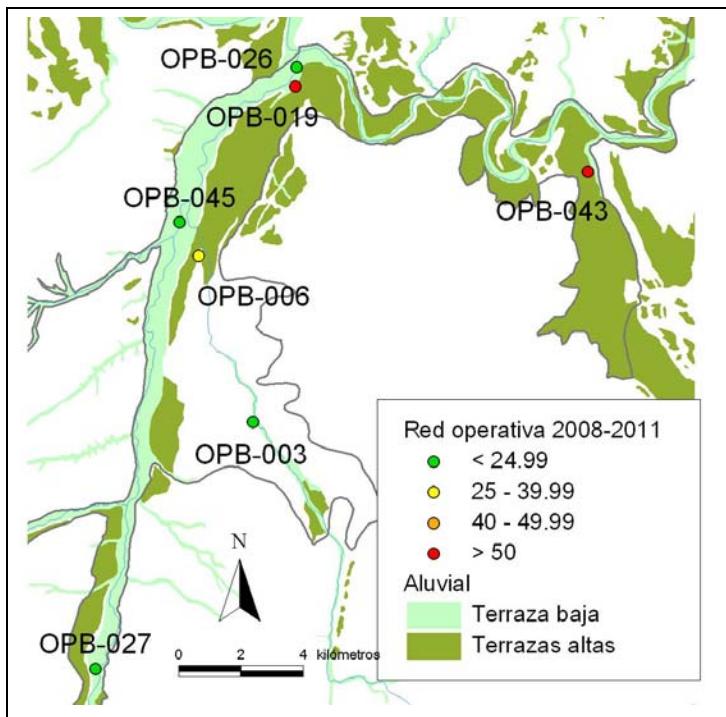
El estado de esta masa de agua subterránea es bueno en general, con algunas salvedades en el tramo final del Najarilla y en los aluviales del Ebro. En este caso también se insinúa en la organización



espacial de la contaminación una acumulación en el sentido del flujo subterráneo, de forma que sólo en el tramo final tienden a superarse los 50 mg/l de nitrato. Por otra parte, en la parte final del aluvial del Najarilla se han venido produciendo vertidos directos de efluentes urbanos e industriales sin depuración hasta su integración en el 2008 en la nueva depuradora que da servicio a Nájera, Huércanos y Uruñuela. Estos vertidos, de origen no agrícola, han contribuido en una cuantía de difícil precisión en la contaminación de este sector.

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-003	Abastecimiento Alesón	Alesón	20
OPB-006	Fuente Edesa	Uruñuela	39
OPB-019	Manantial de la Trucha	Cenicero	89
OPB-026	SN 5	Torremontalbo	4
OPB-027	SN 6	Baños de Río Tobía	3
OPB-043	FUENMAYOR MMA	Fuenmayor	91
OPB-045	SN 25 Torremontalbo III Najarilla-Yalde	Uruñuela	5

Figura 15. Resultados aluvial del Najarilla-Ebro 2008-2011



El sondeo de Fuenmayor se ubica en el viejo cauce del Iregua, (río Madre) que ha dejado un pequeño aluvial desconectado que recoge fundamentalmente aguas de retorno de riego, Por lo tanto, sus condiciones hidrogeológicas no son extrapolables al resto de la masa de agua subterránea.

Aluvial de La Rioja-Mendavia

Los aluviales del Iregua y Leza están en buen estado, con valores usuales por debajo de 20 mg/l. En esta masa de agua, la red de control de la CHE vigila un manantial en Murillo (incluido como punto INB-



038 de la red de investigación del GLR) que registra altos contenidos. Se trata de un drenaje de terraza alta, desconectada del río, por lo que su significado en términos de cantidad de recurso es muy bajo y en cualquier caso no extrapolable a la llanura de inundación, por donde discurre la mayor cuantía del flujo subterráneo.

Los mayores contenidos se ubican en el entorno de Logroño. En el caso del punto OPB-018 (Indukit) que muestra contenidos en nitrato excepcionalmente altos, es probable que esté afectado por lixiviados del antiguo vertedero clausurado de Logroño.

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-018	Indukit	Logroño	169
OPB-028	SN 7	Villamediana de Iregua	4
OPB-029	SN 8	Murillo de Río Leza	2
OPB-034	SN 13	Logroño	87
OPB-046	SN26	Albelda de Iregua	7
OPB-047	SN 27	Arrúbal	16
OPB-048	SN 28	Alcanadre	9

Aluvial del Ebro-Aragón: Lodos - Tudela

Esta masa de agua subterránea incluye además del aluvial del Ebro los aluviales de los ríos Cidacos y Alhama. Todos los puntos de control muestran aguas con contenidos promedios por debajo de 25 mg/l.

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-007	Pozo Torrescas	Calahorra	3
OPB-008	Manantial de los 13 caños	Calahorra	4
OPB-035	SN 15	Calahorra	6
OPB-036	SN 16	Calahorra	23
OPB-037	SN 16	Alfaro	10
OPB-049	SN 29	Calahorra	6
OPB-050	SN 30	Alfaro	10

Detritico de Arnedo

En los cuatro puntos de control (tres de nueva construcción) no se detectan síntomas de afección de contaminación por nitratos.

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-030	SN 9	Autol	2
OPB-031	SN 10	Arnedo	1



Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-032	SN 11	Quel	0.6
OPB-052	Pozo Coronas	Quel	8

Cameros

En esta masa de agua subterránea se controlan dos puntos en los aluviales de los ríos Alhama y Linares. En ambos casos no se aprecian síntomas de afección por nitratos

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-033	SN 12	Cervera del Río Alhama	7
OPB-051	SN 31	Cornago	9

Glacis de Aldeanueva

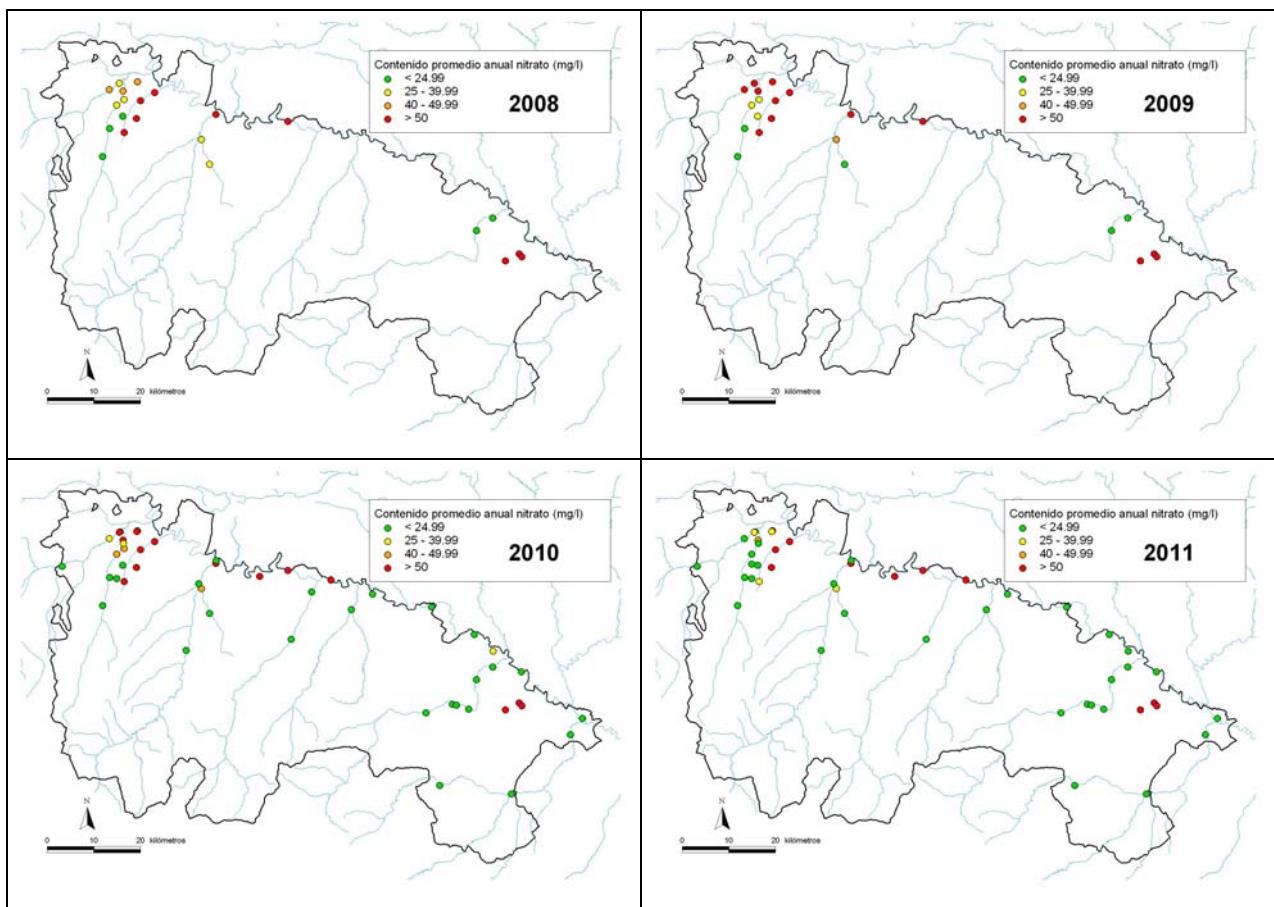
Si bien este glacis no está adscrito a ninguna masa de agua subterránea por la escasa cuantía de sus recursos, existen tres puntos de la red de control operativa, dado que se declaró como zona vulnerable.

Código punto	Denominación punto	Municipio	Promedio 2008-2011 (mg/l NO ₃)
OPB-020	Pozo Buitrago	Aldeanueva de Ebro	85
OPB-021	Pozo de las escuelas	Aldeanueva de Ebro	109
OPB-022	Fuente del Cura	Aldeanueva de Ebro	226

En este caso se registran altos valores de concentración de nitrato. Estos puntos se localizan sobre un pequeño glacis en el que la tasa de renovación de sus aguas es muy baja, lo que unido a la pequeña cantidad de recurso, favorece la acumulación del nitrógeno.



Figura 16. Contenido promedio de nitratos anual. Red GLR



2.5.- TENDENCIA CON RESPECTO AL PERIODO ANTERIOR

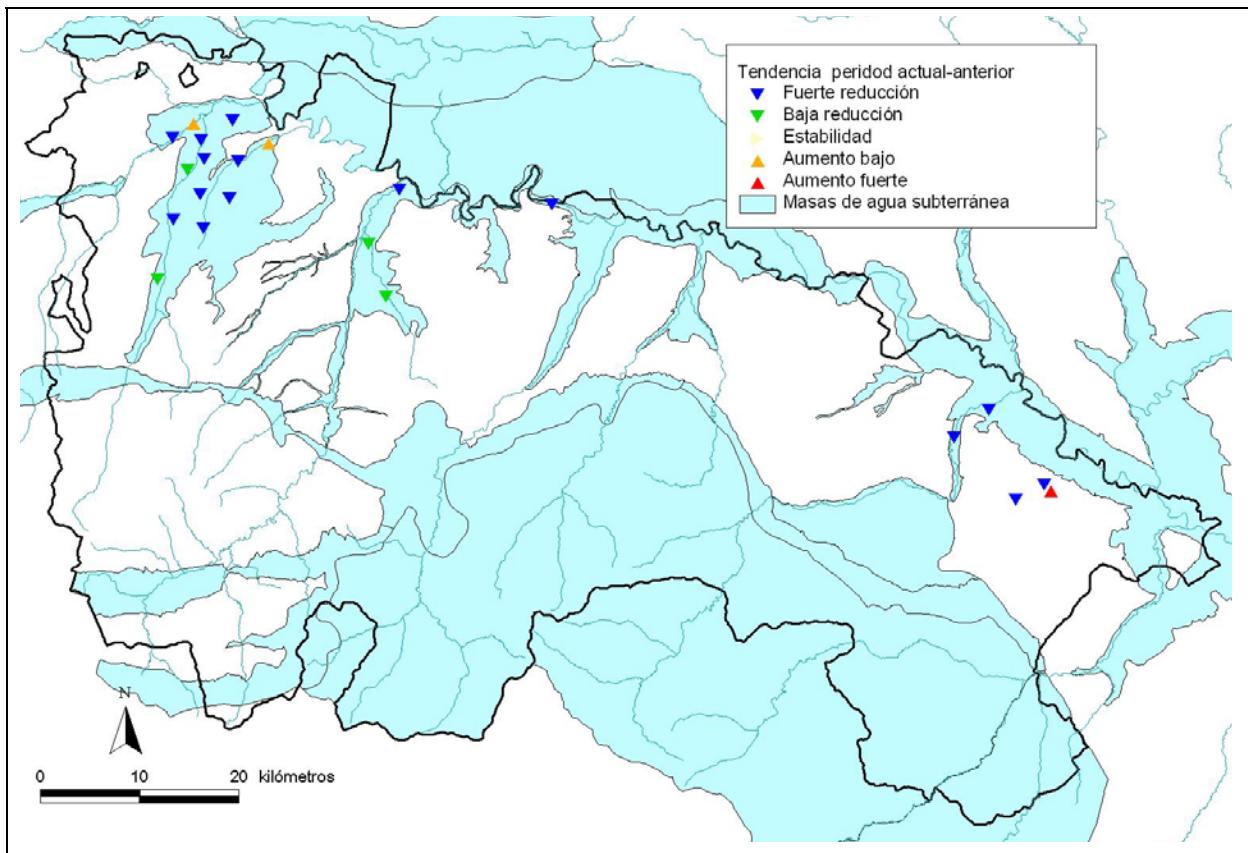
Se ha realizado un análisis de las tendencias entre el periodo de informe actual (2008-2011) y el anterior (2004-2007), siguiendo los criterios establecidos en el documento “Guía para la elaboración de informes de los Estados miembros”, especificados en el cuadro siguiente.

Tendencias (NO_3)		Diferencia x	Forma	Color
Aumento	Fuerte	$\geq + 5 \text{ mg/L}$	\triangle	ROJO
	Débil	$+ 1 \text{ a } + 5 \text{ mg/L}$	\triangle	NARANJA
Estabilidad		$- 1 \text{ a } + 1 \text{ mg/L}$	\triangleright	AMARILLO
Reducción	Débil	$- 1 \text{ a } - 5 \text{ mg/L}$	∇	VERDE
	Fuerte	$\geq - 5 \text{ mg/L}$	∇	AZUL



Con estos criterios, en casi todos los puntos de control se asignan tendencias, a la reducción de la contaminación (Figura 17). Sólo en el caso del Aluvial del Oja se advierte un aumento en 2 puntos y un aumento fuerte en uno de los tres puntos del Glacis de Aldeanueva.

Figura 17. Tendencia con respecto al periodo de información anterior



No obstante, los rangos de variación de nitrato indicados en la guía para clasificar las tendencias son muy inferiores a la incertidumbre en la valoración de los resultados, procedente de errores analíticos y de muestreo.

La determinación de nitratos en agua se realiza en la CCAA de La Rioja en el Laboratorio Regional (acreditado con el nº 168/LE399 bajo norma ISO 17025). En la tabla adjunta se presentan para diferentes niveles de nitrato los rangos entre los cuales puede encontrarse la concentración real. Como puede observarse dependiendo de la concentración son perfectamente asumibles diferencias de más de 15 mg/l sin que esto sea reflejo de una tendencia ascendente o descendente de los niveles de nitrato en el acuífero sino únicamente debido a variabilidad de resultados asociada al método de ensayo de laboratorio. Para los valores promedios obtenidos en este periodo, es asumible una incertidumbre entre 0,1 y 9 mg/l.

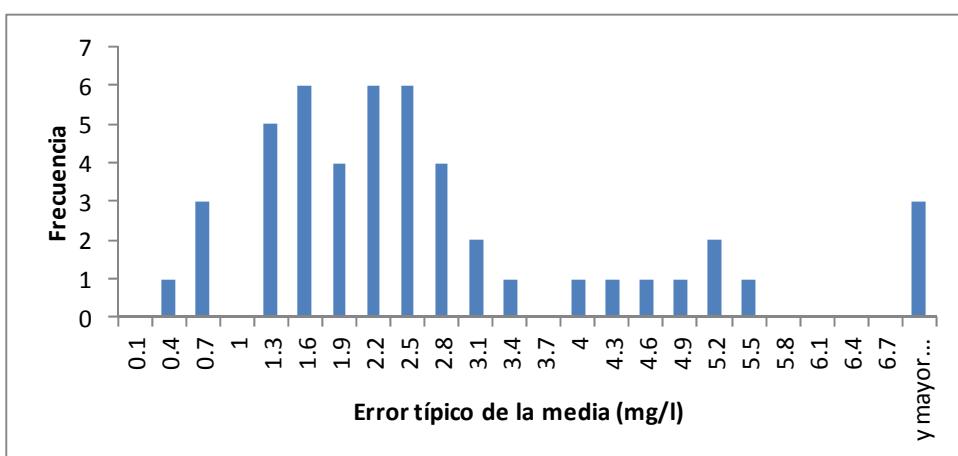
Concentración (mg/l)	Incertidumbre	Resultado (mg/l)	Límite superior	Límite inferior	Diferencia (mg/l)	Umbráles mg/l
25	4,40%	25±1,1	26,1	23,9	2,2	>1
40	4,40%	40±1,8	41,8	38,2	3,6	>1



50	4,40%	50±2,2	52,2	47,8	4,4	>1
100	4,40%	100±4,4	104,4	95,6	8,8	>5
200	4,40%	200±8,8	208,8	191,2	17,6	>5

Por otra parte, la heterogeneidad del medio hidrogeológico también introduce incertidumbre en el establecimiento de valores medios. Para ilustrar esta variabilidad hidrogeológica de los contenidos en nitrato se han calculado, para cada punto de la red operativa el error de estimación de la media (calculado como el cociente entre la desviación típica y la raíz cuadrada del número de observaciones disponibles en cada punto). Los valores obtenidos para los 48 puntos de control se han representado en el histograma de la Figura 18

Figura 18. Histograma del error típico de la media



A la vista de estos resultados, y teniendo sólo en cuenta la incertidumbre asociada al muestreo, sólo una diferencia por encima de 3 mg/l podría considerarse como significativa para la mitad de los casos. Teniendo en cuenta que el error analítico para contenidos en nitrato entre 40 y 50 mg/l es de 3,6-4,4, la suma de ambas incertidumbres está por encima de los 5 mg/l establecidos en la guía para clasificar una tendencia fuerte.

En consecuencia, es previsible que las tendencias obtenidas según esta clasificación no sean significativos. Es decir, con los datos disponibles no se puede aseverar que exista una tendencia en el contenido de nitrato en base a la clasificación de tendencias propuesta por la guía y, por lo tanto, no se puede prever su evolución a futuro mediante ellas.

2.6.- ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN FUTURA

Existen varios antecedentes que tratan de prever la evolución futura de la contaminación de las aguas subterráneas de La Rioja con distintas metodologías; mediante modelización del proceso de contaminación y mediante técnicas analíticas. Se exponen a continuación las conclusiones de estos trabajos para el caso de los acuíferos riojanos. Por último se realiza una valoración estadística de las tendencias en el acuífero del Aluvial del Oja, para el que se dispone de series de datos suficientemente largas.



2.6.1 EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN FUTURA MEDIANTE MODELIZACIÓN

En el 2009, la Universidad Politécnica de Valencia realizó, para la Dirección General del Agua un modelo de simulación⁴ cuyo objetivo fue la estimación de la evolución futura de las concentraciones medias de nitrato en las masas de agua subterráneas de España, concretamente para los plazos temporales fijados en la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000) el año 2015 y dos sucesivas revisiones en los años 2021 y 2027. La determinación de las concentraciones medias en las masas de agua subterráneas se realiza mediante el empleo de los modelos de simulación del transporte de nitrato a través del ciclo hidrológico en la cuenca hidrográfica, mediante la evaluación de diferentes escenarios.

En ese documento se estiman las concentraciones de nitrato futuras en las masas de agua subterráneas de España, proporcionando un rango de variación de dichos resultados en función de las hipótesis futuras que se consideren más probables.

En relación con las masas de agua subterránea de La Rioja, la simulación realizada en los casos del aluvial del Tirón y el aluvial del Oja, obtuvo como resultado que no cumplirían los objetivos de buen estado respecto a la contaminación por nitratos (esto es, un valor de concentración promedio por debajo de 50 mg/l) para el horizonte más alejado, 2027, por lo que se recomendaba la adopción de objetivos menos rigurosos.

2.6.2 EVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN FUTURA MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

En 2010, el IGME elaboró un documento⁵ en el que se analizaron las tendencias de las masas de agua subterránea clasificadas en riesgo empleando para ello métodos estadísticos. La evaluación de tendencias tuvo en cuenta los datos de todas las estaciones de la red de control de vigilancia y/o de control operativo definidas en cumplimiento del artículo 8 de la Directiva 2000/60/CE. El análisis incluyó las masas de agua subterránea del Tirón (090.044), Oja (090.045), Aluvial del Najarilla-Ebro (090.047), Aluvial de La Rioja-Mendavia (090.048) y Aluvial del Ebro: Lodosa-Tudela (090.049).

Los resultados de este documento no son conclusivos para las masas de agua subterránea relacionadas con La Rioja citadas. Según se concluye en él, en general la información analizada no permite realizar un análisis de tendencias desde el punto de vista estadístico, y la representatividad espacial de las estaciones tampoco permite evaluar la extensión del problema. El documento señala además dudas razonables sobre la representatividad de los valores en el tiempo y en el espacio. Asimismo, se considera imprescindible disponer de series temporales más extensas y regulares para poder estimar la tendencia desde un punto de vista estadístico. En este sentido aconseja que realizar, como mínimo, dos medidas al año (marzo-abril y septiembre-octubre).

A partir de este año, la CHE diseñó una red específica para analizar las tendencias de nitrato con una cadencia de muestreo bimestral, si bien la serie disponible no tiene aun una longitud suficiente para ofrecer resultados conclusivos.

Los datos de la red operativa del GLR disponen de muestreos con una cadencia entre mensual y bimestral con datos que en algunos casos abarcan el periodo 1998-2011. La mayor parte de ellas se

⁴ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA - TRAGSATEC S.A. (2009): Definición de la concentración objetivo de nitrato en las masas de agua subterráneas de las cuencas intercomunitarias. Dirección General del Agua.

⁵ IGME (2010): Identificación de tendencias en cumplimiento de la Directiva 2006/118/CE



localizan en estaciones de control de la masa de agua subterránea del Aluvial del Oja, donde se ha definido una de las zonas vulnerables declaradas en esta comunidad.

Se han graficado los datos de las estaciones de control de esta masa de agua subterránea del Aluvial del Oja, agrupando por separado las estaciones de control ubicadas en la terraza baja y las de las terrazas altas.

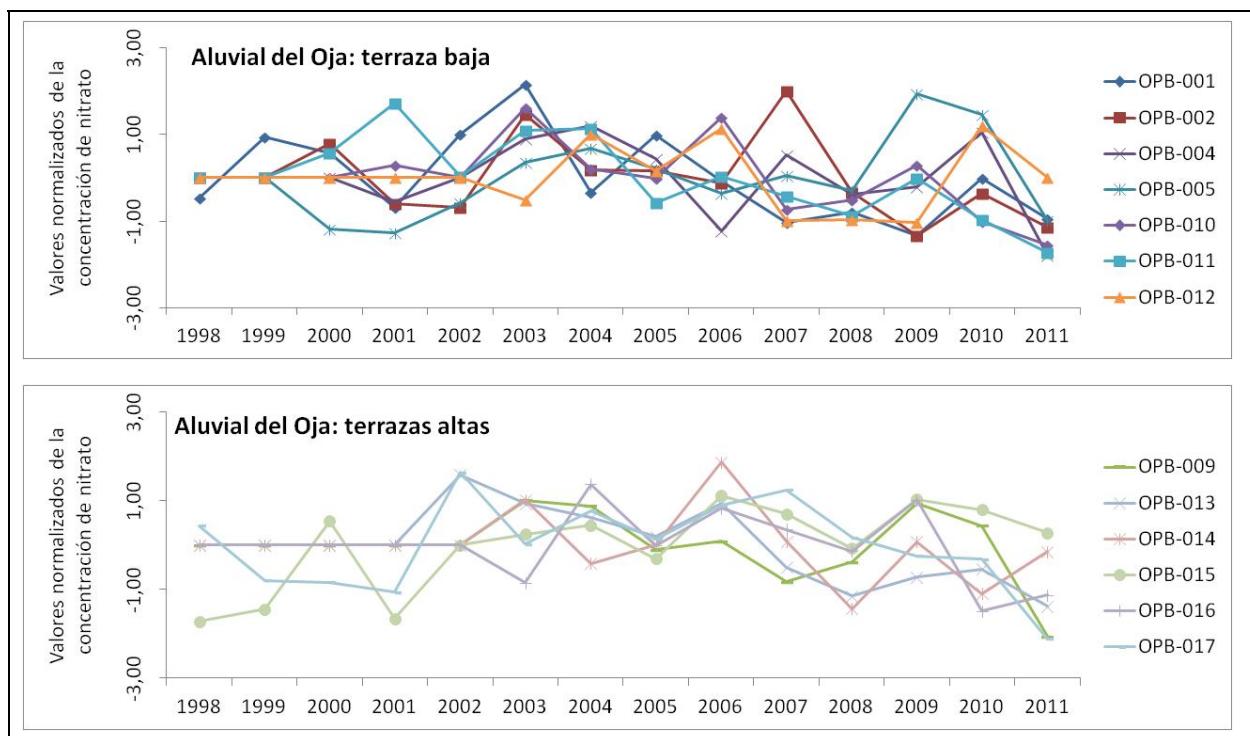
Las series se han construido a partir de la concentración media anual para el periodo 1998-2011. Para una mejor visualización de las relaciones entre las series temporales de las diferentes estaciones de control, se han normalizado los promedios anuales según la expresión:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

siendo Z el valor normalizado, X el promedio anual, μ el promedio de toda la serie y σ la desviación típica.

Los resultados, mostrados en la Figura 19, no evidencian tendencias generales para ninguno de los dos grupos de puntos de control. Tampoco se puede reconocer un patrón de evolución común, lo que hace suponer que la evolución temporal de cada estación de control está muy determinada por sus condiciones locales específicas.

Figura 19. Evolución (valores normalizados) del contenido en nitrato en los puntos de la red operativa del GLR en la masa de agua subterránea del Aluvial del Oja



En estas condiciones, en ausencia de tendencias visibles en las series históricas, no se dispone de criterios estadísticos que permitan realizar una estimación de la evolución futura de la contaminación por nitratos.



En definitiva, con los datos analíticos disponibles no es posible concluir una tendencia de la contaminación, debido fundamentalmente a la escasa longitud de la mayor parte de las series de datos y con ello la elevada incertidumbre que aun poseen. Consecuentemente no se puede predecir el comportamiento de la contaminación en el futuro en base a criterios meramente estadísticos.

Los criterios hidrogeológicos, basados fundamentalmente en la caracterización vertical de la contaminación, son de gran utilidad para la estimación de tendencias a futuro. De hecho, una de las funciones previstas para los sondeos de reciente construcción es aportar series de datos que resultarán valiosas en este sentido. Se trata de sondeos perforados y con un acabado diseñado expresamente para el control de la contaminación a profundidades predeterminadas. Los datos obtenidos en estos puntos serán de gran ayuda para la previsión de tendencias en los próximos años.

Por lo tanto, las principales herramientas de que se dispone actualmente para tratar de evaluar el comportamiento futuro de la contaminación por nitratos son de índole agrícola: evolución de las superficies de cultivos, dotaciones, etc.

3.- ZONAS VULNERABLES DESIGNADAS

3.1.- SITUACIÓN EN EL PERÍODO 2000-2003

El control de la contaminación por nitratos se lleva a cabo teniendo en cuenta lo dispuesto en el Decreto 38/1998, de 5 de junio, por el que se crea la Comisión Interdepartamental de Lucha contra la Contaminación Difusa en La Rioja y se regulan sus competencias, composición y funcionamiento.

La Dirección General de Calidad Ambiental realiza el estudio de esta problemática en el ámbito de la Comunidad Autónoma. Desde 1998 la Dirección General de Calidad Ambiental controla la calidad de las aguas subterráneas en relación con los nitratos con los datos procedentes de la Red de Control de la Contaminación Difusa de La Rioja.

En el 2001 la Comisión Interdepartamental de Lucha Contra la Contaminación Difusa de La Rioja propone la declaración de dos zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en la Comunidad Autónoma. En concreto se trata de los aluviales y terrazas del Zamaca y un área del glacis (terrazas antiguas del río) de Aldeanueva de Ebro.

La Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural del Gobierno de La Rioja aprueba el 27 de noviembre de 2001 la declaración de zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias. La primera de las zonas declaradas se encuentra en la cuenca del Zamaca y la otra es un área del glacis de Aldeanueva de Ebro. Esta declaración se formaliza en aplicación de la directiva comunitaria que obliga a identificar las áreas donde se pueden producir estos efectos, con el objetivo de establecer medidas de prevención y corrección.

Con el objetivo de reducir la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de la actividad agraria y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones, el Gobierno de La Rioja aprobó en 2002 un plan de actuación de dos zonas consideradas vulnerables en la comunidad autónoma: una en Rioja Alta y la otra en Rioja Baja.

Zona del acuífero aluvial del Zamaca

Para el reconocimiento de esta zona se contó con muestras procedentes de más de sesenta puntos de agua de todo el aluvial del Oja y la cuenca del Zamaca. Los datos constatan que la mayor parte del



acuífero tiene contenidos bajos en nitrato, sin embargo, se han detectado valores relativamente altos que llegan a superar los 100 mg/l de contenido en nitrato en los alrededores de Ollauri, Cidamón, Zarratón, Rodezno, Gimileo y Haro. Coincide con un área en la que existen antiguas terrazas aluviales del Oja que han sido capturadas por el Zamaca. La extensión de la zona declarada vulnerable es de 2.280 hectáreas brutas, concentradas en el tramo bajo de la cuenca del Zamaca.

Zona del Glacis de Aldeanueva de Ebro

En el conjunto de los acuíferos aluviales del Ebro, entre Alcanadre y Alfaro, en los de sus afluentes Cidacos y Alhama y en los acuíferos colgados de glacis o terrazas antiguas se dispuso de más de cuarenta muestras. La abundancia de muestras permitió hacer una distinción entre los acuíferos aluviales, los glacis y terrazas colgadas.

Los acuíferos aluviales analizados presentaban un gran espesor saturado y una gran recarga de agua por los excedentes de los riegos por inundación y sus contenidos en nitrato son relativamente bajos.

La principal afección se detectada en los sondeos del glacis de Aldeanueva de Ebro con contenidos superiores a 100 mg/l. En este caso, el espesor del acuífero y de su zona saturada de agua es mucho menor. En concreto, el área más afectada es una zona donde predomina el cultivo de la viña. Se trata de explotaciones modernas tecnificadas (goteo) con pocos excedentes de agua. La superficie declarada como zona vulnerable tiene una extensión de 869 hectáreas.

3.2.- SITUACIÓN EN EL PERIODO 2004-2007

En 2006 se amplió el área afectada en Rioja Alta (zona vulnerable 1) que alcanza una superficie de casi 9.500 ha. La zona vulnerable del Glacis de Aldeanueva de Ebro (zona vulnerable 2) mantiene su extensión.

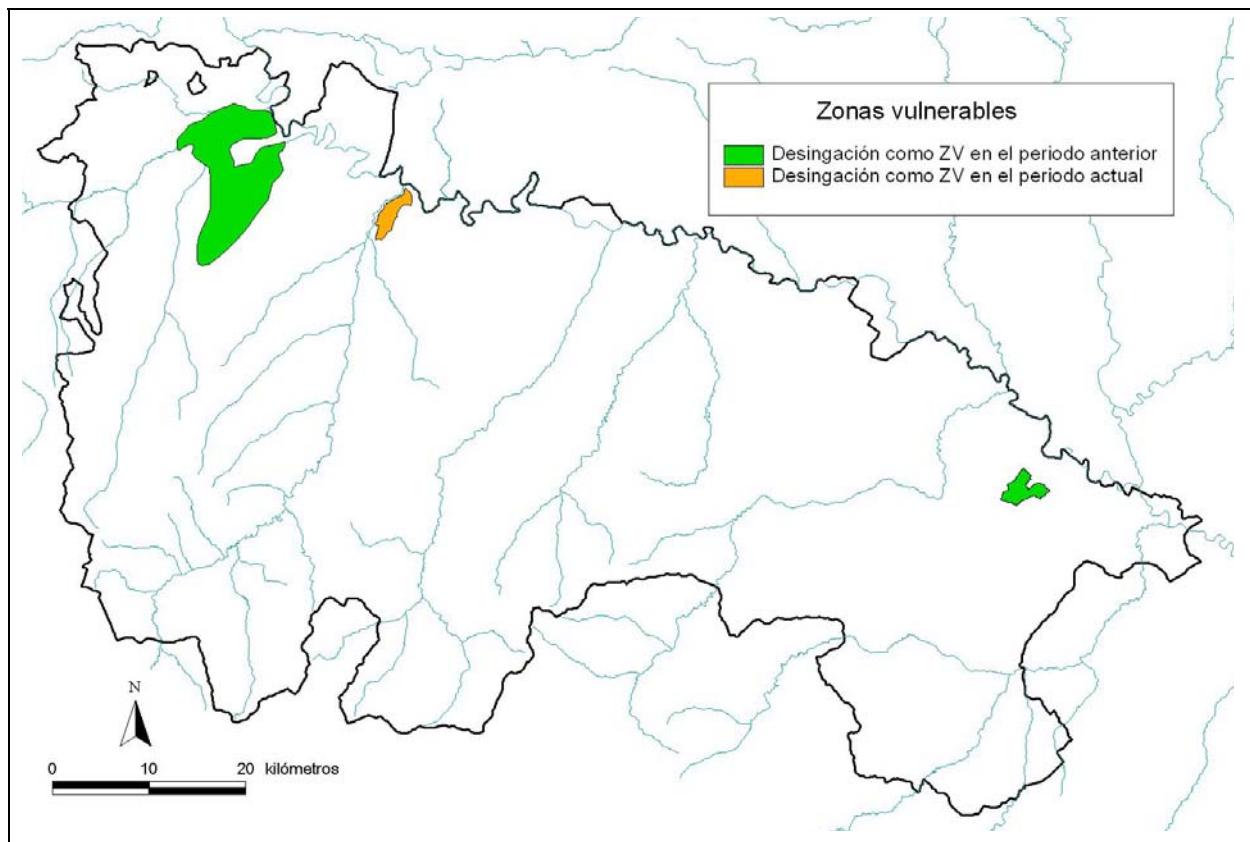
El decreto 39/2008, de 6 de junio, aprobó el nuevo programa de actuación, medidas agronómicas y muestreo de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario.

3.3.- SITUACIÓN EN EL PERIODO 2008-2011

Se incluye una nueva zona vulnerable en el aluvial bajo del Najarilla, con un área de 777 ha.

El decreto 79/2009, de 18 de diciembre, modifica la designación de Zonas Vulnerables, incluyendo como nueva zona vulnerable el aluvial bajo del Najarilla y aprueba el nuevo Programa de Actuación, Medidas Agronómicas y Muestreo de las Zonas Vulnerables a la contaminación procedentes de origen agrario.





4.- CUADROS RESUMEN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Número de puntos de control de las aguas subterráneas

	Periodo de información anterior	Periodo de información actual	Puntos comunes
Número de puntos	22	48	22

Evolución entre los dos informes de control

- Porcentaje de puntos:

Porcentaje de puntos	Periodo de información anterior	Periodo de información actual
que rebasan los 50 mg/l		
en valores máx. de NO ₃	90.9 %	48.9 %
en valores medios de NO ₃	54.5 %	26.5 %
que rebasan los 40 mg/l		
en valores máx. de NO ₃	95.4 %	65.3 %



en valores medios de NO ₃	63.6 %	30.6 %
--------------------------------------	--------	--------

• Concentración de NO₃:

Porcentaje de puntos comunes	En valores máx. de NO ₃	En valores medios anuales
En aumento		
fuerte	31.8 %	4.5 %
débil	4.6 %	9.1%
Estable	0 %	0%
En descenso		
fuerte	54.5 %	68.2 %
débil	9.1 %	18.2 %

5.- GLOSARIO

CHE – Confederación Hidrográfica del Ebro

GLR – Gobierno de La Rioja

DN - Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura

IGME – Instituto Geológico y Minero de España

SAIH - Sistema Automático de Información Hidrológica

SAICA - Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas

