

Trabajo Fin de Grado

Contaminación difusa: Una evaluación de las
Directivas Europeas en las zonas vulnerables.

Autora

Beatriz Sixtac Gracia

Directora

Yolanda Martínez Martínez

Facultad de economía y Empresa
2016

Contaminación difusa: Una evaluación de las Directivas Europeas en las zonas vulnerables.

Autora del trabajo: Beatriz Sixtac Gracia

Directora del trabajo: Yolanda Martínez Martínez

Titulación: Grado en economía

RESUMEN

El desarrollo de la actividad agrícola lleva asociado a él un problema de contaminación hídrica que últimamente está tomando más relevancia en el ámbito social. Este problema se debe al excesivo uso de fertilizantes y plaguicidas, que creció en gran medida cuando se mecanizó la agricultura. Para luchar contra este grave problema, se han llevado a cabo distintas medidas correctoras, destacando las dos regulaciones enfocadas a lograr la reducción de la contaminación difusa en el ámbito europeo, que son la Directiva de Nitratos de 1991 y la Directiva Marco del Agua del 2000.

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto que tales normativas han tenido sobre la calidad del agua en dos zonas vulnerables de Huesca, como son la Hoya de Huesca y el Saso del Alcanadre. Los resultados muestran que el efecto de las normativas ha sido limitado y parece necesario introducir otras medidas de control de la contaminación que introduzcan incentivos más fuertes para su cumplimiento.

ABSTRACT

The agricultural activity development is associated with a hydric pollution problem, which is becoming more relevant in the social sphere. This problem is due to the excessive use of fertilisers and pesticides, which increased dramatically when agriculture was mechanised. In order to fight this serious problem, different corrective measures have been introduced. Two regulations focused on achieving the reduction of the diffuse pollution in the European sphere stand out: the Nitrate Directive of 1991 and the Water Framework Directive of 2000.

The aim of this study is to analyse the impact which those regulations have had on the quality of the water in two vulnerable areas in Huesca: Hoya de Huesca and Saso del Alcanadre. The results show that the effect of the regulations has been limited and it seems necessary to apply other pollution control measures, which introduce stronger incentives for their compliance.

ÍNDICE.

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	LA CONTAMINACIÓN DIFUSA COMO PROBLEMA ECONÓMICO	17
2.1.	INSTRUMENTOS ECONÓMICOS	18
2.1.1.	Impuestos	18
2.1.2.	Subvenciones	20
2.1.3.	Creación de mercados de permisos de contaminación	20
2.2.	INSTRUMENTOS INSTITUCIONALES	21
2.2.1.	Teorema de Coase	21
2.2.2.	Controles directos	22
2.2.3.	Regulación	22
3.	METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS	30
3.1.	ÁREA DE ESTUDIO	30
3.2.	FUENTES DE DATOS	31
4.	RESULTADOS	33
4.1.	CONCENTRACIÓN DE NITRATOS	33
4.2.	CONCENTRACIÓN DE POTASIO	39
4.3.	CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS	40
5.	CONCLUSIONES	41
6.	BIBLIOGRAFÍA	42
7.	ANEXO 1	45

1. INTRODUCCIÓN

Ganadería y agricultura fueron las primeras actividades que realizaron los seres humanos que tuvieron consecuencias negativas en el medioambiente, de forma más intensiva en el siglo XX que en el XIX, ya que en este último los procedimientos que se usaban estaban ligados a las condiciones ecológicas y eran menos agresivos debido al escaso uso de tecnologías ligadas al uso de combustibles fósiles. Sin embargo, en el siglo XX esos efectos nocivos se aceleraron a causa del cambio que se dio en cuanto a las técnicas y herramientas usadas antaño (Mema, 2006).

La ganadería ha ocupado un lugar importante en la economía española, y con el paso del tiempo ha visto incrementada su presencia debido al auge exportador en este sector. En España existen más de 23 millones de cabezas de ganado porcino y más de 18 millones de ganado ovino, lo que nos sitúa en el segundo lugar de la Unión Europea en ambas especies, mientras en ganado bovino ocupamos el sexto lugar. El sector porcino español representa el 15% del total de la Unión Europea, siendo el segundo mayor productor de carne de cerdo después de Alemania (INE, 2009).

España tradicionalmente ha sido un país agrícola, siendo éste el sector principal sobre el que se asentaban las bases de su economía. Sin embargo, en los últimos tiempos ha experimentado numerosas transformaciones debidas a los avances tecnológicos, mecanización del sector, uso de fertilizantes y plaguicidas, e incluso con la entrada de España a la Unión Europea, con los pertinentes cambios en las normativas vigentes.

Esta serie de mejoras que se han llevado a cabo, han logrado elevar considerablemente los rendimientos y la productividad de la actividad agraria, pero no sólo han tenido efectos positivos sino que también han afectado negativamente al ecosistema. Según la FAO, la agricultura sostenible constituye uno de los mayores desafíos del sector. Esta sostenibilidad supone que la agricultura no sólo debe ser capaz de garantizar un suministro sostenido de alimentos, sino que sus efectos ambientales, socioeconómicos y sanitarios se reconocen y contemplan en los planes nacionales de desarrollo.

Todo cultivo agrícola requiere una serie de recursos naturales (como son por ejemplo la luz solar, agua o tierra), y de otras sustancias químicas (como el nitrógeno, fósforo y potasio). El nitrógeno puede tener dos procedencias, o bien de procesos naturales tales como de la descomposición de plantas o animales o bien el que proviene de los fertilizantes de origen industrial.

El nitrógeno es transformado de unas formas a otras dependiendo de las condiciones medioambientales, tales como pH, temperatura, humedad, y mediante la acción de distintos microorganismos. Las transformaciones y flujos del nitrógeno en la naturaleza conforman el Ciclo del Nitrógeno. El balance de todos estos procesos, indica la cantidad de nitrógeno disponible y asimilable por las plantas y, por lo tanto, el que hay que aportar a través de la fertilización (Magrama, 2009).

La determinación de las dosis de fertilizante y de los momentos de aplicación a los cultivos es un proceso complejo que depende del cultivo, del rendimiento esperado, de los nutrientes disponibles en el suelo y de sus transformaciones a lo largo del ciclo de cultivo, y de las condiciones climáticas (Magrama, 2009).

Lo que sucede con el uso de los fertilizantes industriales, así como con los plaguicidas, es que una parte de ellos pueden ir a desembocar en los recursos hídricos. Esto puede ocurrir por tres vías: escorrentía superficial, por la cual los nutrientes son transportados a lo largo de la superficie del suelo debido a la lluvia, nieve o agua de riego que no penetra en el suelo; vertido directo de productos químicos en el agua superficial ya que pueden existir muros o poros fracturados o construcciones mal realizadas; o bien por el lixiviado o lavado de nutrientes a través del suelo a causa de la percolación de agua de lluvia, riego o nieve (Ribaudó *et al.*, 1999 tomado de Sánchez, 2015).

Dado el impacto que estos fertilizantes químicos pueden tener en la contaminación del agua es importante observar la evolución que ha sufrido el uso de los mismos en los últimos años. En el cuadro 1.1 se toman datos de la suma de nitrógeno, fósforo y potasio que nos muestran la evolución del consumo de fertilizantes en el siglo XX y XXI.

Tabla 1.1. Consumo de fertilizantes en la Unión Europea (kg/ha)

PAÍS	1990	1995	1998	1999	2001	2002
Alemania	277	238	243	252	217	216
Austria	87	168	170	164	154	143
Bélgica-Luxemburgo	258	427	365	359	334	344
Dinamarca	227	180	170	170	138	130
España	64	119	110	125	122	115
Finlandia	173	136	141	143	135	133
Francia	187	268	248	244	213	203
Grecia	132	228	123	121	109	105
Holanda	278	564	494	501	436	354
Irlanda	153	559	520	649	546	523
Italia	113	232	158	155	153	130
Portugal	70	112	96	95	84	77
Reino Unido	129	382	330	343	335	310
Suecia	96	115	101	101	106	100
Unión Europea (15)	142	173	198	203	185	174

Fuente: MAPA (2003), FAO (2004).

Como puede verse en el cuadro, la utilización de fertilizantes por hectárea a nivel europeo, sufrió un gran aumento en la segunda mitad del siglo veinte. En la Unión Europea de los 15 aumentó en un 42,95% en tan sólo nueve años, y esto es debido a que en aquella época se expandieron en gran medida las tecnologías que estaban ligadas al consumo de estos fertilizantes industriales.

Según un informe de la FAO (2015), el consumo de fertilizantes seguirá al alza a nivel mundial, incrementándose el potasio en un 2,6% anual hasta el año 2018, el fosfato en un 2,2% y el nitrógeno en un 1,4%. Por tanto, se deduce que Europa en su conjunto tendrá un superávit de los tres nutrientes (FAO, 2015).

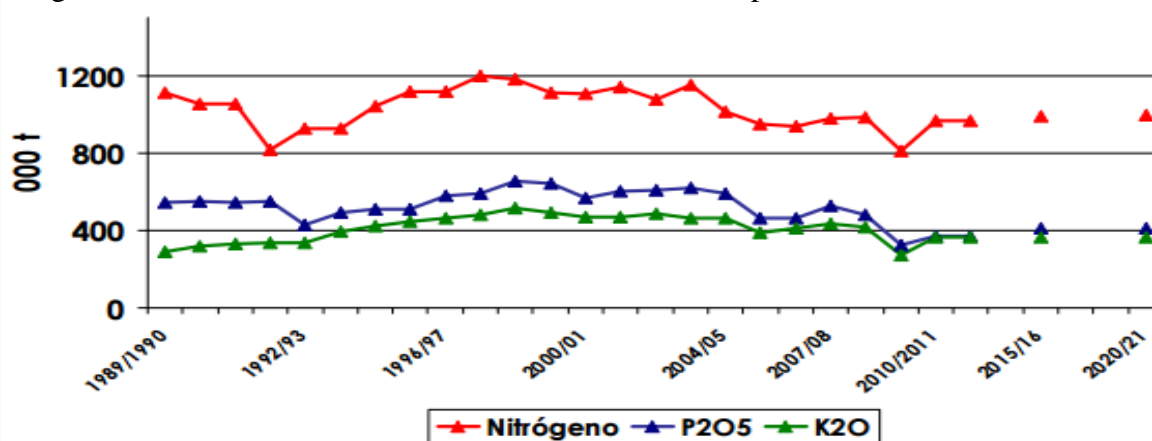
Pero si nos fijamos detalladamente en cada uno de los países que la conforman, nos damos cuenta de que hay grandes diferencias. En los extremos estarían Irlanda, que destaca por ser el país en el que más ha aumentado su utilización, concretamente en un

324,18% en el período transcurrido de 1990 a 1999. En el lado opuesto se encontraría por ejemplo Dinamarca, la cual ha disminuido progresivamente el consumo de fertilizantes. Tomando como referencia el mismo período ha caído en un 25,11%.

En lo que se refiere a España, la utilización de los fertilizantes se ha visto fuertemente incrementada, en un 95,31% debido a la mecanización de la agricultura así como la creciente entrada de distintas variedades de cultivo más rentables que requieren una mayor cantidad de fertilizantes, y la expansión del potasio y fósforo.

En la figura 1.2 se puede apreciar la desarrollo que han seguido los fertilizantes en España en la última mitad del siglo veinte hasta tiempos más recientes.

Figura 1.2: Evolución del consumo de fertilizantes en España.

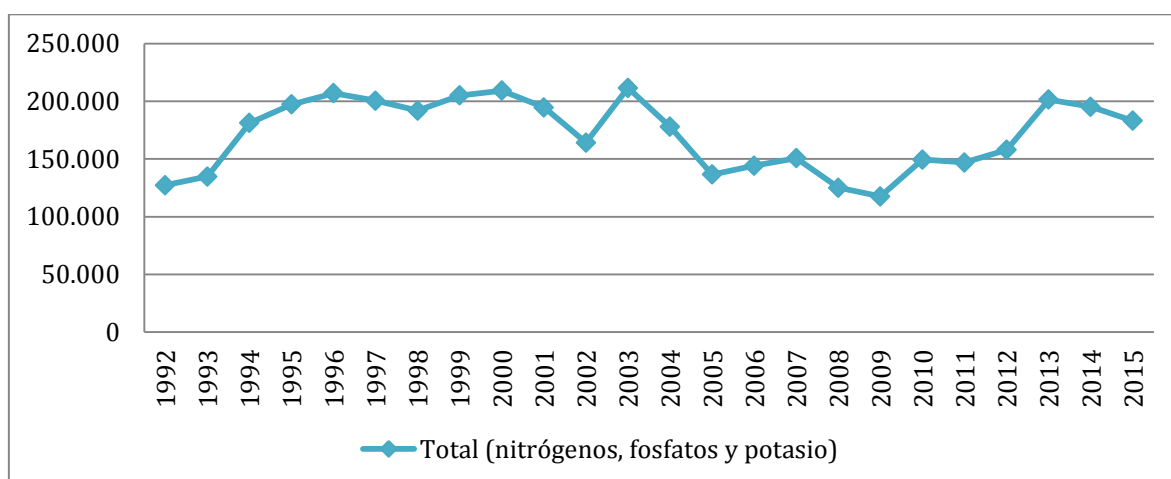


Fuente: AEFAO (2011)

Dado que el estudio se centra en la situación de Aragón, es interesante analizar el progreso que han seguido los fertilizantes químicos en esta comunidad autónoma. Anteriormente se ha visto que España ha incrementado su consumo de fertilizantes, y Aragón ha seguido la misma dinámica puesto que también se ha visto aumentada. Incluso en algunos estudios, como el de Orús et al. (2000, tomado de Mema, 2006), se ha demostrado que el uso de fertilizantes se encuentra entre un 20 y un 50% por encima de las necesidades de los cultivos.

La figura 1.3. nos muestra ese incremento en el consumo de los fertilizantes de Aragón en la segunda mitad del siglo XX y a principios del siglo XXI.

Figura 1.3. Consumo agregado de fertilizantes en Aragón (unidades en toneladas)



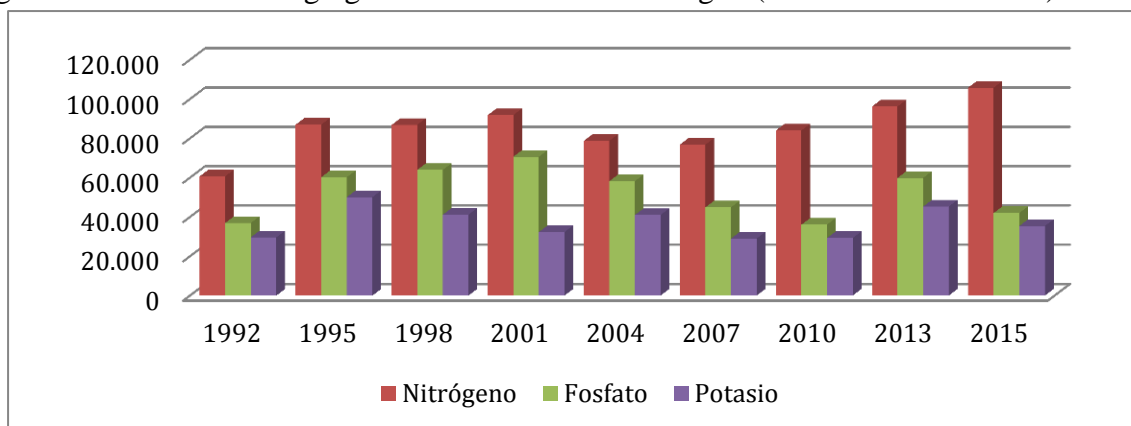
Fuente: Gobierno de Aragón (2015).

Como puede apreciarse en el gráfico, los máximos se han alcanzado en los años 1996, 2000 y 2003 después de algunas pequeñas fluctuaciones por razones fundamentalmente climatológicas. Después se estabilizó la demanda con una ligera tendencia a la baja por la PAC, políticas ambientales realizadas y mejoras en la eficiencia. Sin embargo, se dio una drástica caída del consumo en el período 2008-2009 por la caída que sufrieron los precios de los productos agrarios, aunque unos años después se aprecia que de nuevo han experimentado una evolución positiva (AEFAO, 2011).

Si se consideran los fertilizantes de manera desagregada podemos decir que el más consumido por Aragón es el nitrógeno, seguido del fosfato y el potasio. En los últimos años se han extendido más el fósforo y potasio. Llama la atención la diferencia existente entre el consumo del nitrógeno con los otros dos, y es precisamente ese sobrante que no necesitan los cultivos el que puede ser perjudicial para el ecosistema debido a que la tierra no sea capaz de absorberlo y pase a ser arrastrado hacia las aguas (tanto subterráneas como superficiales). La figura 1.4. muestra el consumo desagregado en Aragón de los tres fertilizantes.

En la actualidad, el uso intensificado de fertilizantes y plaguicidas provoca un serio problema de contaminación, siendo la agricultura una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas así como de la erosión y salinización del suelo (Mema, 2006).

Figura 1.4. Consumo desagregado de fertilizantes en Aragón (unidades en toneladas)



Fuente: DGA (1992-2015).

Esto es así porque la agricultura es el principal usuario de los recursos de agua dulce, ya que utiliza un promedio mundial del 70 por ciento de todos los suministros hídricos superficiales. Si se exceptúa el agua perdida mediante evapotranspiración, el agua utilizada en la agricultura se recicla de nuevo en forma de agua superficial y/o subterránea. No obstante, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío. Es víctima, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas (ONGLEY, 1997).

La contaminación hídrica es considerada como una alteración producida por el ser humano, en forma de daño o deterioro, a la integridad física, biológica y química del agua. Este deterioro de la calidad del agua está causado por la presencia en ella de diversos elementos como pueden ser sedimentos, pesticidas, fertilizantes, aceites, etc. Estos elementos se consideran contaminantes si están presentes en cantidades excesivas, de tal modo, que su uso sea perjudicial, o dañino para el medioambiente. Aparte de esto, pueden causar otros impactos como puede ser alteración hidráulica de los ríos, eliminar la vegetación ribereña (que se ubica cercana al cauce), o modificaciones hidrológicas que provocan que los ríos se tornen inestables y sufran de erosión (Novotny 2003, Campbell 2004).

Hay dos tipos de contaminación hídrica, de origen puntual o difuso. La contaminación puntual es aquella que afecta a una zona determinada y es emitida por un foco determinado y conocido, sin embargo, la contaminación difusa tiene varios focos de contaminación no determinados, de ahí la dificultad existente por determinar el origen de las emisiones, los procesos del transporte, destino y el efecto que tienen sobre el ecosistema. Por tanto, se deduce que la agricultura y ganadería son consideradas dos actividades que tienen como consecuencia la producción de este tipo de contaminación, que ha sido denominada en la literatura como contaminación difusa. En el presente trabajo, el problema que se trata es el de contaminación difusa.

Así pues, la contaminación difusa puede ser continua o intermitente, siendo la última su forma más común por estar relacionada con actividades estacionales características de la agricultura como son la fertilización en épocas concretas del año, en la cual un exceso de fertilizantes causará contaminación debido a que las plantas no podrán absorber todos los nutrientes, o debido a las precipitaciones que pueden provocar el arrastre de sustancias hacia los cursos de las aguas o ayudar a la lixiviación. Estos factores hacen difícil su control (Carpenter *et al*, 1998).

En muchos casos, los fenómenos climáticos son la causa de la mayor extensión de la contaminación difusa, y esto puede variar en función de las condiciones geológicas o geográficas, con lo que puede diferir mucho de un lugar a otro o incluso de año en año (Novotny 2003).

Las principales fuentes contaminantes serían de acuerdo con Novotny (2003) y Campbell *et al* (2004) son fósforo, nitrógeno, sólidos suspendidos, grasas y aceites e hidrocarburos, desechos orgánicos, pesticidas, microorganismos fecales y metales pesados.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente ya adelantó en un documento de síntesis del libro blanco del agua de 1998 que en España la contaminación difusa era un motivo de preocupación ya que en los últimos años se había producido una degradación general y acelerada de la calidad del agua en embalses así como un empeoramiento de la contaminación en las aguas subterráneas. En este documento se establecía que con carácter general, la conservación de la calidad de las

aguas subterráneas debe regirse por el principio de prevención, evitando que se produzca su contaminación, estableciendo los medios y normativas que limiten el vertido incontrolado, la instalación de actividades peligrosas sin las debidas medidas de seguridad y la aplicación indiscriminada de productos agroquímicos (Magrama, 1998).

Teniendo en cuenta que el medioambiente y los recursos naturales son primordiales en la producción agraria y el empeoramiento que estaba sufriendo el ecosistema, se ha intentado corregir esos efectos negativos con el establecimiento de distintas políticas y normativas para intentar paliar o frenar la contaminación.

A continuación se citan y analizan brevemente algunos de los mecanismos de control que se han diseñado e intentado implementar para controlar la contaminación difusa, a pesar de la dificultad existente. En epígrafes posteriores se hará un análisis más exhaustivo de las directivas que se han llevado a cabo.

La normativa europea aplicada a la gestión y la calidad de agua que se ha establecido fue la Directiva de Nitratos en 1991. Tiene como objetivo reducir la contaminación del agua subterránea causada por los nitratos originados en la actividad agrícola. Esta Directiva imponía a los estados miembros la obligación de identificar las áreas afectadas por este tipo de contaminación o susceptibles de estarlo en un futuro próximo designándolas como “zonas vulnerables”. El criterio para identificar estas zonas, era detectar concentraciones de nitrato en las aguas próximas o superiores a 50 mg NO₃/l. la Directiva proponía a sí mismo, la elaboración de “Códigos de Buenas Prácticas Agrarias”, en los que se debían detallar tanto el laboreo de la tierra, como el manejo de los cultivos que resultan más favorables para limitar o eliminar la contaminación provocada por la agricultura (Martínez y Albiac, 2003).

Influido por la Directiva anterior, en el año 1997 en España se implantó el Código de Buenas Prácticas Agrarias, el cual es voluntario para todos los agricultores, pero de aplicación obligatoria en las zonas vulnerables. El objetivo de este código es dar unas pautas del uso de los fertilizantes nitrogenados y evitar una posible contaminación de la atmosfera y del agua. En él se pueden señalar tres apartados, que son los siguientes (Magrama, 2009):

- Balance de nutrientes: Debe determinarse la cantidad de nitrógeno que es necesario para el cultivo (basándose en experimentos de campo y las recomendaciones establecidas en cada zona) así como el que está disponible en el suelo.

La disponibilidad del nitrógeno varía con el tiempo, ya sea el del suelo que depende de la fuente de materia orgánica, las características del suelo y el clima, como el que procede del fertilizante nitrogenado que depende del tipo de fertilizante, forma (líquido o sólido) y la técnica de aplicación.

Los compuestos nitrogenados se transforman de forma natural en el suelo, pero cuando pasan a nitratos pueden producirse lixiviaciones en el suelo que pueden contaminar las aguas subterráneas.

- Plan de fertilización: Se tiene que tener en cuenta el valor nutricional de los productos reciclados por el agricultor. Los abonos orgánicos, deyecciones y residuos se aplicarán en primer lugar y se utilizarán los fertilizantes nitrogenados como suplemento. El nitrógeno interactúa con otros nutrientes: fósforo, potasio, azufre y con micronutrientes. Un plan equilibrado de fertilización deberá asegurar la correcta dosis de cada nutriente.

Se seleccionará el fertilizante más apropiado y eficiente. Igualmente se calculará la dosis en función del contenido, forma química y tiempo que puede transcurrir hasta que la planta lo absorba, considerando las características del suelo, clima y las necesidades nutritivas del cultivo. Las aplicaciones de fertilizante se realizarán según las épocas de absorción de nutrientes por el cultivo. El fraccionamiento de las aplicaciones puede ser necesario, sobre todo en cultivos de invierno, para maximizar así la absorción de nutrientes y prevenir las pérdidas.

El fertilizante se aplicará con precisión, usando la técnica más apropiada: espolvoreado, pulverizado o localizado. Las abonadoras se calibrarán y se aplicarán fertilizantes con una buena calidad física que facilite un reparto uniforme en el terreno. El plan de fertilización debe revisarse si las condiciones climáticas se hacen extremas o el crecimiento y desarrollo del cultivo se interrumpen.

- Práctica de la fertilización para la protección del agua: Se deberán seguir los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias que aconsejan o regulan sobre los siguientes aspectos:
 - Épocas menos apropiadas para abonar.
 - Aplicación de fertilizantes en terrenos escarpados.
 - Aplicación de fertilizantes en suelos encharcados, inundados, helados o nevados.
 - Condiciones para la fertilización en terrenos cercanos a cursos de aguas.
 - Capacidad y construcción de las balsas de estiércol, incluyendo medidas para evitar la contaminación del agua por la escorrentía y percolación a los acuíferos.
 - Procedimientos para la aplicación homogénea del fertilizante mineral u orgánico.
 - Manejo del suelo, incluyendo sistemas de rotación de cultivos que mantengan una adecuada proporción de parcelas dedicadas a cultivos permanentes en relación con los cultivos anuales.
 - Mantenimiento de una mínima superficie de cobertura vegetal durante los periodos de lluvias, que absorba el nitrógeno que podría ser causa de la contaminación del agua.
 - Establecimiento de planes de fertilización, finca por finca, y un registro del fertilizante utilizado

Más recientemente, se ha implantado la Directiva Marco del Agua (2000), la cual tiene como objetivo alcanzar el buen estado ecológico de todas las aguas, protegiendo los ecosistemas acuáticos y promoviendo el uso sostenible de los recursos hídricos. Para ello, establece: i) una combinación de restricciones de emisiones y estándares de calidad, con fechas límite para que todas las aguas tengan una calidad apropiada; ii) una gestión del agua basada en cuencas y con participación de los usuarios; y iii) un precio del agua a los usuarios que se aproxime al coste completo de recuperación, incluyendo los costes de captación, distribución y tratamiento, y los costes medioambientales del recurso (Martínez y Albiac, 2003) (Mema, 2006).

1.1. OBJETIVOS, TRASCENDENCIA Y MOTIVACIÓN

Este trabajo se centra en el estudio de la contaminación difusa que afecta a las zonas vulnerables como consecuencia del desarrollo de las actividades ganadera y agrícola. El área de estudio se localiza en la comunidad autónoma de Aragón, ya que ambas actividades son muy relevantes en esta región, y son varias las declaradas zonas vulnerables en la comunidad autónoma.

El objetivo concreto es analizar la evolución de los principales parámetros ligados a la contaminación difusa en las zonas vulnerables de Aragón. Además, se describirán las distintas medidas descritas en la literatura para paliar la contaminación y se hará una síntesis de las distintas directivas europeas relacionadas con este tipo de contaminación con el fin de valorar en qué medida la situación ha mejorado a causa de su implantación.

Los resultados de este estudio son importantes para varios agentes: para el agricultor, instituciones y la sociedad. Para el agricultor porque es el responsable en última instancia de la aplicación de los fertilizantes en los cultivos y de la producción, y por tanto, es importante que sea cauteloso y aplique debidamente las normativas para no provocar problemas irreversibles en la calidad del agua. Para las instituciones porque son ellas las que aprueban y modifican normativas, y para ellas es interesante saber si están teniendo los efectos deseados. Para la sociedad, puesto que los problemas de la contaminación agraria y la calidad de aguas es una cuestión de la que depende nuestra salud y calidad de vida.

Las causas que me han motivado a realizar este trabajo son varias. En primer lugar, provengo de una familia de agricultores, en la que siempre se me ha inculcado el respeto por el medioambiente, así como las prácticas agrarias responsables, limitando en la mayor medida posible el uso de fertilizantes y plaguicidas en nuestros cultivos para dañar lo mínimo posible el ecosistema. En segundo lugar, las zonas vulnerables identificadas en Aragón son muy cercanas a mí ya que están en los alrededores de Huesca, y por ello, me pareció interesante indagar el problema desde una perspectiva económica aplicando los conocimientos adquiridos en estos años. Además, creo que es importante concienciarse de la problemática de la contaminación porque es un tema que nos afecta a todos directa o indirectamente y hay que poner límites para que no se

acelere y se acabe con el ecosistema a causa de prácticas irresponsables y poco respetuosas.

El resto del documento se organiza como sigue: en el capítulo 2 se hace análisis de los instrumentos correctores de la contaminación desde una perspectiva económica. Posteriormente, se presenta la metodología y las fuentes de datos empleados. Por último, se presentan los resultados y conclusiones del trabajo.

2. LA CONTAMINACIÓN DIFUSA COMO PROBLEMA ECONÓMICO

El funcionamiento del mercado competitivo garantiza la asignación eficiente de los recursos, tanto social como individualmente. Según Pareto (1896) se considera una situación eficiente a aquella que aumenta el bienestar de un agente sin disminuir el de otro, por tanto el equilibrio está allí donde el precio de los bienes es igual a los costes marginales. Pero puede darse el caso de que estos mercados no funcionen correctamente y es entonces cuando los resultados obtenidos no son eficientes. Esto son los llamados fallos de mercado. En concreto, una de las causas por la que se producen son las externalidades.

Son muchos los autores los que han abarcado el tema de las externalidades, pero puede decirse que una externalidad se define como la influencia que tienen las acciones de un agente sobre otro agente sin su autorización. Los costes de externalidad de un proceso de producción aparecen cuando se dan las dos condiciones siguientes: i) la actividad de un agente perjudica la actividad de otros agentes, y ii) el efecto negativo que sufren otros agentes no está compensado. Si no se cumplen estas dos condiciones, no existen costes de externalidad. Cuando el agente causante de la externalidad compensa de alguna forma a los perjudicados, se dice que se internaliza el daño, y en este caso el nivel de la actividad productiva se modificará hasta que su beneficio marginal privado se iguale al coste marginal de la externalidad que genera la actividad de producción (Mema, 2006).

Como ya hemos anticipado, el progreso técnico ha facilitado mucho la labor agrícola y también ha incrementado los beneficios obtenidos en el sector, pero esto tiene una

repercusión negativa sobre la sociedad ya que muchos agricultores hacen un uso mayor del necesario en productos químicos que afectan al ecosistema por las emisiones a la atmósfera, ríos y suelos con el fin de obtener así mayores beneficios. Esto es porque en el proceso de producción agrícola se arrastran nutrientes, sales y pesticidas, de ahí que se dificulte la identificación del lugar y momento en el que se produce. Además, el arrastre de esos elementos mediante el cauce fluvial hace que no se sepa exactamente a dónde van a parar, ya que pueden quedarse en el mismo lugar donde han sido producidos o transportarse a otros lugares.

Por tanto, al no poder identificar a los responsables del origen de la contaminación ni en qué medida contribuyen a los daños, el arrastre de estas sustancias (nitratos, fósforo, sales, pesticidas, metales pesados...) es considerado como una externalidad negativa en la producción agraria por la contaminación que generan, ya que tanto en el caso de ignorar la externalidad como en el de eliminar la actividad contaminante, no se alcanza el óptimo social, por lo que será necesario diseñar incentivos y medidas de control para que los costes del daño se incorporen en las decisiones de producción, teniendo en cuenta que el beneficio social de la actividad agraria es la diferencia entre beneficio privado de los agricultores y el coste del daño (Mema, 2006).

En la literatura se han definido varios mecanismos correctores que tratan de corregir esta externalidad negativa para poder alcanzar el nivel óptimo de contaminación. A continuación se verán algunos de ellos.

2.1. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS

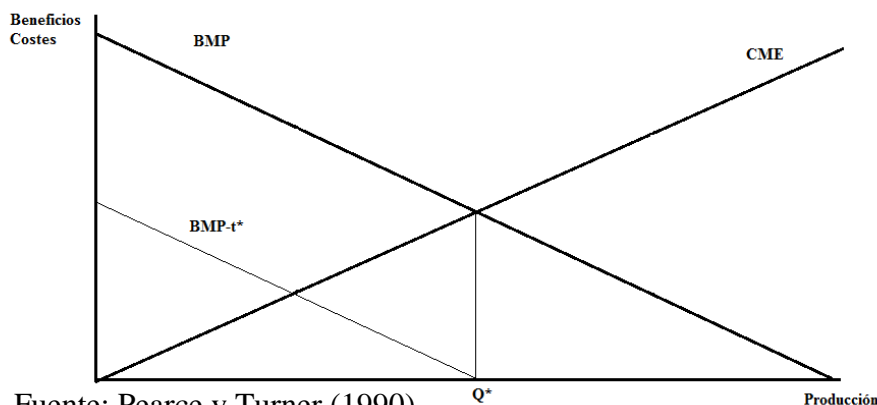
Este tipo de mecanismo corrector lo que trata de hacer es cambiar las decisiones de producción de los agentes para así ver disminuida la contaminación derivada de ella. Dentro de este grupo, son varios los incentivos que hay para conseguir reducir la producción.

2.1.1. Impuestos

Pigou estableció que para alcanzar un nivel óptimo de contaminación lo que debía hacerse era aplicar un impuesto que permitiera internalizar el coste de la externalidad a la hora de tomar decisiones de producción. Por tanto, había que ver cuál era el impuesto óptimo a fijar.

El impuesto óptimo que maximiza el beneficio social (diferencia entre beneficio privado y coste de la externalidad) se denomina t^* . Tal y como se ve en la figura 2.1, la introducción de un impuesto sobre la producción en la actividad agrícola conlleva un desplazamiento hacia la izquierda de la curva de beneficios marginales privados. El óptimo de producción se encuentra en el punto Q^* donde beneficio marginal privado y coste marginal se igualan.

Figura 2.1. Contaminación óptima mediante el impuesto de Pigou



Fuente: Pearce y Turner (1990)

Los impuestos están basados en el enfoque de Pigou, y tenemos de dos tipos, los impuestos sobre las emisiones y los impuestos sobre los inputs que causan la contaminación. Para poder aplicar los primeros, es necesario poder medir las emisiones que se derivan de la producción agrícola, así como el efecto que tienen esas emisiones porque dependen del clima, época del año, etc. de cada zona, y para ello se realizan unas estimaciones con fórmulas estandarizadas. Este tipo de impuestos han tenido efectos considerables como incentivos en Holanda sobre sus 14 industrias más contaminantes ya que la contaminación cayó 50% entre 1969 y 1975, un 20% adicional hasta 1980 y un 10% más en 1986. Sin embargo, en el caso concreto de la agricultura donde no se puede identificar de manera exacta al responsable del origen de la contaminación ni en qué medida contribuye a los daños es muy difícil establecer el coste marginal de la externalidad que es la base para establecer el importe del impuesto, además de la ineficiencia de un impuesto homogéneo para todos los agentes contaminantes (Jacobs, 1991).

El segundo tipo es el impuesto sobre los inputs que causan la contaminación, que está más enfocado hacia aquellas actividades en las que las descargas de los residuos que generan la contaminación son muy dispersas, y hay numerosos agentes contaminantes en lugares diferentes, por lo que resulta muy complicado vigilar y gravar directamente

las emisiones. Este es el caso de la agricultura que es una de las principales fuentes de contaminación difusa, y por tanto, puede ser más sencillo o más razonable gravar los inputs que generan la contaminación, como podrían ser los fertilizantes que contengan nitratos.

2.1.2. Subvenciones

Las subvenciones son un instrumento alternativo y análogo a los impuestos, según el cual el Estado establece ayudas para paliar los costes que supone el disminuir la contaminación por importe de la diferencia entre el beneficio social marginal de reducir la contaminación y el beneficio marginal privado de la empresa.

Los efectos que tienen las subvenciones a corto plazo son idénticos a los que surgen de los impuestos, pero a largo plazo no son los mismos ya que a diferencia del impuesto, que induce la salida de algunos agentes económicos de la industria al verse mermados los beneficios, la subvención anima a la entrada de nuevos productores debido a las ayudas recibidas por el Estado.

2.1.3. Creación de mercados de permisos de contaminación

Estos mercados consisten en conceder una serie de permisos comercializables que posibilitan emitir una cierta cantidad de sustancias contaminantes, de manera que se reparten entre los agentes contaminantes para que los intercambien entre ellos para así no aumentar el nivel de contaminación. Los agentes comprarán permisos en el caso de que el precio de mercado del permiso sea menor que el coste marginal de reducir la contaminación, y venderán cuando el precio de mercado sea mayor que el coste marginal de reducir su contaminación.

Para que se lleve a cabo este instrumento es necesario saber la cantidad de emisiones totales, distribución inicial de los derechos de emisión a los agentes contaminantes así como las reglas y garantías de intercambio de los permisos de emisión para que estos mercados funcionen correctamente.

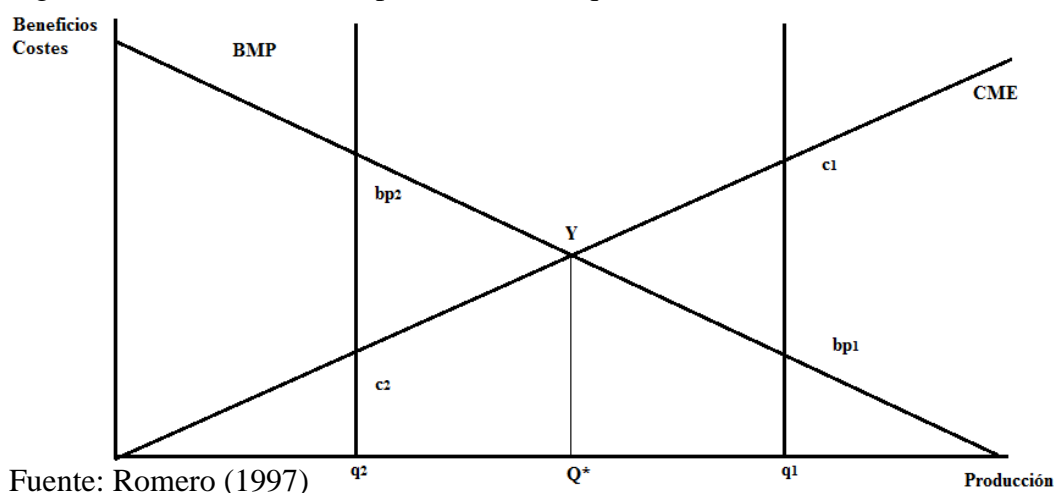
En comparación con los impuestos, estos mercados necesitan menos información que los impuestos para ser implantados así como menores costes de aplicación y cumplimiento.

2.2. INSTRUMENTOS INSTITUCIONALES

2.2.1. Teorema de Coase

Coase estudió el problema de la contaminación en un marco en el que los derechos de propiedad estaban bien definidos, y concluyó que la intervención no siempre tenía por qué ser necesaria ya que la parte causante y afectada de la externalidad negativa podían negociar para de esa manera alcanzar el óptimo social, siempre y cuando los costes que se derivaran de esa transacción no sean mayores que los beneficios de la negociación.

Figura 2.2. Contaminación óptima en el enfoque de Coase



En la figura 2.1. puede verse el planteamiento que propuso Coase sobre la negociación en el caso de que existan externalidades negativas.

En el caso de que el agente que produce la contaminación tiene los derechos de propiedad, el agente que sufre la contaminación como externalidad negativa estará dispuesto a pagar para que se reduzca la producción y con ella, la contaminación. El equilibrio inicial estaría en q_1 , donde tenemos un coste marginal c_1 y un beneficio marginal privado bp_1 . Tal y como se ve en el gráfico, el coste marginal de la contaminación es mucho mayor que el beneficio marginal privado, por eso el agente que sufre la externalidad está dispuesto a compensar al productor para que reduzca su actividad. Esta negociación hará que se desplacen hasta el punto Y con producción Q^* donde coste marginal y beneficio marginal se igualan, y donde se da el nivel óptimo de contaminación.

Otro caso que puede darse es que los derechos de propiedad pertenezcan al agente que sufre la externalidad negativa. Este agente puede situarse en un punto en el que no haya contaminación, es decir, a no producir nada. Pero, mediante la negociación pueden pasar al punto q_2 donde su producción ya no es nula, y donde el beneficio marginal es mayor al coste marginal. Sin embargo, no será ese el punto donde se queden sino que la negociación los hará llegar hasta la intersección entre beneficio marginal y coste marginal, es decir, hasta el punto Y donde hay una producción Q^* .

2.2.2. Controles directos

Con ellos, se exige, prohíbe o limitan ciertas actividades a los agentes, en lugar de introducir incentivos económicos para que dejen de tener comportamientos nocivos para el medio ambiente. Estos controles directos son iguales para todos los agentes, por tanto, no se tiene en cuenta los costes que le suponen a cada agente.

2.2.3. Regulación

Otro de los mecanismos correctores que tiene mayor importancia en el caso de la contaminación difusa es la regulación. En la Unión Europea empezaron a ponerse en marcha políticas medioambientales en los años setenta, pero fue en 1991 cuando se estableció la Directiva de Nitratos en 1991, con la que se pretendía reducir la contaminación del agua subterránea causada por los nitratos originados en la actividad agrícola. Posteriormente, se ha implantado la Directiva Marco del Agua (2000), la cual tiene como objetivo alcanzar el buen estado ecológico de todas las aguas, protegiendo los ecosistemas acuáticos y promoviendo el uso sostenible de los recursos hídricos.

Por tanto, ambas normativas tratan de controlar y solventar el problema de contaminación difusa causada por la actividad agrícola. A continuación se analiza detalladamente cada una de ellas.

2.2.3.1. Directiva de Nitratos (1991)

Las causas por las que el Consejo de las Comunidades Europeas decidió poner en marcha esta Directiva, fueron el considerable aumento del contenido de nitrato de las aguas en algunas de las regiones de los Estados miembros teniendo en cuenta la calidad requerida en aguas superficiales destinadas para la producción de agua potable y al consumo humano. Por todo ello, consideraron que se necesitaban iniciativas comunes

para controlar problemas ocasionados por la ganadería intensiva así como el uso excesivo en la agricultura de fertilizantes y abonos animales que contengan nitrógeno. Esto fue así porque la causa principal de la contaminación difusa eran los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

En consecuencia, se estableció que era necesario reducir la contaminación de las aguas así como prevenir dicha contaminación para proteger la salud humana, recursos vivos y los ecosistemas acuáticos y salvaguardar otros usos legítimos de las aguas.

Para ello, los Estados miembros tienen que identificar sus zonas vulnerables y realizar programas de acción para reducir la contaminación. Después, deberían asegurarse de la efectividad de las medidas controlando la calidad de las aguas y aplicando métodos de medición, y redactar y presentar informes a la Comisión sobre la aplicación de la presente Directiva.

La Directiva consta de 13 artículos y de 5 anexos en los que se especifica de manera más detallada cada uno de los aspectos relevantes a tener en cuenta para poder reducir la contaminación emitida como consecuencia del desarrollo de la actividad agrícola.

En el primer artículo se presenta el objetivo que persigue la implantación de esta Directiva, que es “reducir la contaminación causada o provocada por los nitratos de origen agrario, y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase”.

Pero es importante para reducir la contaminación y evitar nuevas contaminaciones, identificar las zonas vulnerables, que se corresponden con aquellas aguas afectadas o que podrían verse afectadas por la contaminación a menos que se tomen medidas, y deberán hacerlo los Estados miembros en un plazo de dos años desde que se notifique la Directiva y notificar a la Comisión esa designación inicial en un plazo de 6 meses (y en caso de que la contaminación proceda de un Estado miembro, éste será avisado también). Estas zonas se podrán ver modificadas o ampliadas como mínimo cada 4 años si ha habido cambios o factores no previstos en la última designación realizada.

Los criterios establecidos en el Anexo I de la Directiva para identificar las aguas que pertenecen a las zonas vulnerables son los siguientes:

- Las aguas dulces superficiales, en particular las que se utilicen o vayan a utilizarse para la extracción de agua potable presentan, o pueden llegar a presentar, una concentración de nitratos superior a la fijada de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 75/440/CEE
- Si las aguas subterráneas contienen más de 50 mg/l de nitratos, o pueden llegar a contenerlos.
- Si los lagos naturales de agua dulce, otras masas de agua dulce naturales, los estuarios, las aguas costeras y las aguas marinas son eutróficas o pueden eutrofizarse en un futuro próximo.

A parte de estos criterios, también es importante tener en cuenta las características físicas y ambientales de las aguas y de la tierra, los conocimientos actuales sobre el comportamiento de los compuestos nitrogenados en el agua y suelos así como las repercusiones de las acciones llevadas a cabo de conformidad a la Directiva.

Para que los Estados miembros sean capaces de designar, modificar o ampliar esas zonas vulnerables, deben controlar la concentración de nitratos en las aguas dulces (en aguas de superficie y acuíferos subterráneos) durante un año dentro de un plazo de dos años a partir de la notificación de la Directiva. Este procedimiento se repetirá cada cuatro años, a menos que la cantidad de nitratos fuera inferior a 25 mg/l, en cuyo caso se realizaría cada 8 años. También se verificará el estado eutrófico de las aguas dulces de superficie, aguas de estuario y costeras cada 4 años.

En el Anexo II de la Directiva se especifican varias cuestiones que deben aparecer en estos códigos, como son i) períodos en los que no es conveniente la aplicación de fertilizantes a las tierras, ii) aplicación de fertilizantes en terrenos inclinados y escarpados así como en terrenos hidromorfos, inundados, helados o cubiertos de nieve, iii) condiciones de aplicación de fertilizantes a tierras cercanas a cursos de agua, iv) capacidad y diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol, medidas para evitar la contaminación por escorrentía y filtración en aguas superficiales o subterráneas de líquidos que contengan estiércol, v) procedimientos para la aplicación a las tierras de

fertilizantes químicos y estiércol que mantengan las pérdidas de nutrientes en las aguas a un nivel aceptable. También podrán aplicar a parte de estas cuestiones otras, como son por ejemplo la gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de cultivos o el establecimiento de planes de fertilización acordes con la situación particular de cada explotación y consignación en registros del uso de fertilizantes.

Los programas de acción en zonas vulnerables se pueden referir a todas las zonas vulnerables o incluir programas diferentes para las distintas zonas vulnerables siempre que tengan en cuenta datos científicos y técnicos y las condiciones medioambientales de cada región. Unidos a ellos estarán los programas de control para analizar su eficacia, y así poder revisar y poder modificar los programas de acción.

Los programas de acción llevan inherentes a ellos una serie de medidas obligatorias, que son: i) los períodos en los que está prohibida la aplicación a las tierras de determinados tipos de fertilizantes, ii) la capacidad de los tanques de almacenamiento del estiércol, que deberá ser superior a la requerida a lo largo del período más largo durante el cual esté prohibida la aplicación de estiércol a la tierra en la zona vulnerable, excepto cuando pueda demostrarse que la cantidad que exceda la capacidad real pueda ser eliminada sin causar daños al medio ambiente, iii) limitación de la aplicación de fertilizantes a las tierras que sea compatible con las políticas agrarias correctas y que tenga en cuenta las características de la zona vulnerable considerada.

2.2.3.2. *Directiva Marco del Agua (2000)*

En la presente Directiva se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas ya que el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea consideraron que el agua no es un bien comercial, y por tanto, es un patrimonio que debía protegerse, defenderse y tratarse como tal.

Se llegó a la conclusión de que era necesario desarrollar una política comunitaria integrada de aguas, la cual necesita un marco legislativo coherente, efectivo y transparente, que proporciona esta Directiva ya que establece dicho marco y garantizará la coordinación, integración, y a largo plazo, la adaptación de las estructuras y los principios generales de protección y uso sostenible del agua en la Comunidad. Pero el éxito de la Directiva depende de una estrecha colaboración y actuación coherente de la

Comunidad, los Estados miembros y la autoridades locales, así como de la información, las consultas y la participación del público, incluidos los usuarios.

El uso de instrumentos económicos por los Estados miembros puede resultar adecuado en el marco de un programa de medidas en virtud del principio de “quien contamina paga”. Por tanto, ha de garantizarse la plena aplicación y el cumplimiento de la legislación medioambiental vigente relativa a la protección de aguas. También es necesario garantizar la correcta aplicación de las disposiciones que den cumplimiento a la presente Directiva en todo el territorio de la Comunidad mediante sanciones apropiadas previstas en la normativa de los Estados miembros. Estas sanciones deben ser efectivas, proporcionadas y disuasivas.

La Directiva está compuesta por 26 artículos y 11 anexos en los cuales se exponen las directrices que han de seguir los Estados miembros para desarrollar la política comunitaria integrada de aguas. En ellos se trata tanto la situación de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas.

Se especifica que el objetivo es establecer un marco para la protección de las aguas que i) prevenga todo deterioro adicional y mejore y proteja el estado de los ecosistemas acuáticos y terrestres, ii) promueva un uso sostenible del agua, iii) proteja y mejore el medio acuático, iv) reduzca progresivamente la contaminación del agua subterránea y evite nuevas contaminaciones, v) palie los efectos de inundaciones y sequías. Para ello, los Estados miembros deberán especificar las cuencas hidrográficas situadas en su territorio nacional e incluirlas en las demarcaciones hidrográficas.

Se establece que los Estados miembros tienen que fomentar la participación activa (por ejemplo presentando observaciones por escrito) de todas las partes interesadas en esta Directiva, sobre todo en la elaboración, revisión y actualización de los planes hidrológicos de cuenca.

La Directiva incluye objetivos medioambientales para las aguas superficiales, aguas subterráneas así como para las zonas protegidas a cumplir cuando se pongan en marcha los programas de medidas especificados en los planes hidrológicos de cuenca. Para las

aguas subterráneas: i) se aplicarán las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua subterránea, ii) proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua subterránea y garantizar un equilibrio entre la extracción y la alimentación de dichas aguas con el objetivo de alcanzar un buen estado de las aguas subterráneas a más tardar 15 años después de la entrada en vigor de la presente normativa, iii) aplicar las medidas necesarias para invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de cualquier contaminante debida a las repercusiones de la actividad humana con el fin de reducir progresivamente la contaminación de las aguas subterráneas. Respecto a las zonas protegidas, los Estados miembros tienen que lograr el cumplimiento de todas las normas y objetivos a más tardar 15 años después de la entrada en vigor de la presente Directiva.

Cada programa de medidas debía incluir una serie de medidas básicas así como medidas complementarias cuando se crea oportuno. Las medidas básicas consistirán en los requisitos mínimos que deben cumplirse, y en particular, para las fuentes difusas que puedan generar contaminación, se trata de medidas para evitar o controlar la entrada de contaminantes, y los controles podrán consistir en un requisito de reglamentación previa como es la prohibición de la entrada de contaminantes en el agua, el requisito de autorización previa o el de registro basado en normas generales de carácter vinculante, cuando este requisito no esté establecido de otra forma en la legislación comunitaria.

Una de las principales diferencias que se encuentran respecto a la Directiva de Nitratos de 1991 es que no se habla de zonas vulnerables, sino de zonas protegidas, que aparecen detalladas en uno de los Anexos del documento. En el artículo 6 nos habla de su registro, en el cual se dice que los Estados miembros velarán porque se establezca uno o más registros de las zonas incluidas en cada demarcación hidrográfica que hayan sido declaradas objeto de una protección especial bien por la protección de sus aguas superficiales o subterráneas o bien por la conservación de los hábitats y las especies que dependen directamente del agua.

Los Estados miembros tienen que velar por el establecimiento de programas de seguimiento del estado de las aguas para tener una visión general coherente y completa del estado de las aguas en cada demarcación hidrográfica. En el caso de las aguas subterráneas, los programas incluirán el seguimiento del estado químico y cuantitativo,

mientras que el caso de las zonas protegidas, los programas se completarán con las especificaciones contenidas en la norma comunitaria en virtud de la cual se haya establecido cada zona protegida.

Se establece en la Directiva que en el caso de impactos difusos, los Estados miembros tendrán que velar por el establecimiento y/o aplicación de las mejores prácticas medioambientales detalladas en varias directivas, entre las que se encuentra la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

En el Anexo II se detalla más a fondo las características de las aguas subterráneas a tener en cuenta. En primer lugar se habla de la caracterización inicial de todas las masas de agua que se realizará para poder evaluar su utilización y la medida en que dejan de adecuarse a los objetivos establecidos. Para ello, se podrán usar: i) la ubicación y límites de la masa de agua subterránea, ii) presiones a la que están expuestas la masa, entre las que se encuentran las fuentes de contaminación difusa, iii) las características generales de los estratos supra yacentes, iv) masas de agua de las que dependan directamente ecosistemas de aguas superficiales o ecosistemas terrestres. En segundo lugar, se explica la caracterización adicional de las masas de agua subterránea que presenten un riesgo con el objeto de evaluar con mayor exactitud la importancia de dicho riesgo y de determinar con mayor precisión las medidas que se deban adoptar. Para ello, se obtendrá información sobre: i) características geológicas del acuífero, ii) características hidrogeológicas de la masa de agua subterránea, iii) características de la composición química de las aguas subterráneas, etc.

También se habla de tres exámenes de incidencia que se deben llevar a cabo. El primero es el de la actividad humana en las aguas subterráneas, el segundo es el de la incidencia en los cambios en los niveles de las aguas subterráneas. El último es el examen de la incidencia de la contaminación en la calidad de las aguas subterráneas

En el Anexo III se habla del análisis económico, el cual tiene que tener información detallada para efectuar los cálculos necesarios para aplicar el principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua, tomando a largo plazo los pronósticos de oferta y demanda del agua así como para estudiar la combinación más

rentable de medidas que deben incluirse en el programa de medidas sobre el uso del agua basándose en las previsiones de los costes de esas medidas.

En el Anexo IV se habla de las zonas protegidas, en las que se nos detallan varios tipos de zonas, destacando, entre ellas las zonas sensibles en lo que a nutrientes respecta, incluidas las zonas declaradas vulnerables en virtud de la Directiva 91/676/CEE y las zonas declaradas sensibles en el marco de la Directiva 91/271/CEE. Se especifica que el plan hidrológico de cuenca incluirá mapas indicativos de la ubicación de cada zona protegida y una descripción de la legislación comunitaria, nacional o local con arreglo a la cual han sido designadas.

En el Anexo VI se enumeran la lista de medidas que deben incluirse en los programas de medidas. En la parte A cabe destacar la Directiva relativa a los nitratos (91/676/CEE), mientras que en la parte B se encuentran la lista de medidas complementarias, entre los que se encuentran instrumentos legislativos, administrativos, económicos o fiscales, acuerdos negociados en materia de medio ambiente, controles de emisión, códigos de buenas prácticas agrarias, controles de extracción, etc.

En el Anexo VII, se comenta los elementos que deben incluir los planes hidrológicos de cuenca, entre los que destacan:

- Descripción general de las características de la demarcación hidrográfica, en especial para las aguas subterráneas los mapas con la localización y límites de las masas de agua subterránea.
- Resumen de las presiones e incidencias significativas de las actividades humanas en el estado de las aguas superficiales y subterráneas, que incluya, entre otros, una estimación de la contaminación de fuente difusa, incluido un resumen del uso del suelo.
- Identificación y elaboración de mapas de las zonas protegidas
- Mapa de las redes de control establecidas así como una presentación en forma de mapa de los resultados de los programas de control llevados a cabo en aguas subterráneas (químico y cuantitativo) y zonas protegidas.
- Un resumen de los programas de medidas que incluya los modos de conseguir los objetivos establecidos.

- Resumen de las medidas de información pública y de consulta tomada, sus resultados y los cambios consiguientes efectuados en el plan.

En el Anexo VIII se da la lista indicativa de los principales contaminantes. Destacan las sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos), que son los que surgen del desarrollo de la actividad agrícola. También se encuentran en la lista cianuros, metales y sus compuestos, arsénico y sus compuestos, biocidas y productos fitosanitarios, etc.

3. METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Tal y como ya se ha explicado en la Directiva de Nitratos de 1991, en ella se especificaba que los Estados miembros debían designar las zonas vulnerables de su territorio en un plazo de dos años, pudiendo hacer modificaciones o ampliar las mismas notificando a la Comisión. La última actualización que se ha llevado a cabo de las zonas vulnerables en España, concretamente a Aragón, que es nuestra zona de interés, corresponde al año 2013. La figura 3.1. muestra el mapa de zonas vulnerables de la comunidad autónoma de Aragón, y en concreto las zonas de la provincia de Huesca que será donde analicemos los datos.

Como se muestra en el mapa, las zonas vulnerables que hay en Huesca de secano y regadío son el Saso de Bolea-Ayerbe, la Hoya de Huesca y los Sasos del Alcanadre. Analizaremos dos de las tres zonas en cuanto se refiere a la concentración que hay en las mismas de nitratos, fosfatos y potasio en diferentes periodos de tiempo para ver la evolución que se ha dado. Concretamente, el estudio se centrará en la Hoya de Huesca y en el Saso del Alcanadre.

ZONAS VULNERABLES (Secano y Regadío)

- 090.054 Saso de Bolea – Ayerbe
- 090.055 Hoya de Huesca
- 090.056 Sasos del Alcanadre

fosfato. Estos puntos de control analizados en ese período de tiempo son Alcoraz, Alguardia, Banariés, camino a la alberca, camino de Cuarte, ibones de Yéqueda, Monflorite-Las Casas, sondeo de Atades.

Para el caso de los nitratos, se analizarán por separado para obtener una visión general ya que en conjunto no es posible distinguir los resultados claramente, a excepción de los obtenidos en el Sondeo de Atades e Ibones de Yéqueda porque su evolución y promedio de los datos es similar. Se omiten los datos del Alcoraz, ya que son muy pocos los datos obtenidos y no sirven para poder hacer la comparativa.

En el eje horizontal de los gráficos usados en la comparativa de la evolución de la concentración de nitratos se exponen el número de muestras que se disponen de cada año, siendo por ejemplo 1_2002 la primera muestra tomada en el año 2002, 2_2002 la segunda muestra recogida en el año 2002 y así sucesivamente para cada punto de control.

Por otro lado, otra de las zonas analizadas es la del Saso del Alcanadre, entre cuyos puntos de control se encuentran la fuente del Saso, la Paul, Pozo Huerto, El Algar, la Paul 1, el Señorío, camino al barranco de la Ripa, manantial de Argavieso, fuente de las Calzadas, fuente 3 caños, fuente legítima, fuente de la ermita de San Gregorio, fuente de San Gregorio, pozo huerto y el camino de la balsa Lacuadrada.

De todos estos se analizaran los más llamativos tomando un rango de datos que nos permita realizar comparativas con el paso del tiempo. Por tanto, de los anteriormente citados no se estudiaran la Fuente del Saso, la Paul, pozo Huerto y el Algar, fuente legítima y fuente de San Gregorio en lo referido a nitratos.

Respecto a los datos obtenidos del manantial de Argavieso, la fuente de las Calzadas, y fuente 3 caños se puede decir que son similares ya que en promedio las tres zonas son similares así como en la evolución que han seguido, por tanto, se analizarán conjuntamente. En promedio tienen 81,92mg/L, 85,56 mg/L y 82,92 mg/L respectivamente.

En el análisis del potasio se calculará el promedio de cada punto de control para el período establecido y se compararán, dentro de cada zona vulnerable, las áreas con mayor concentración de esta sustancia.

Respecto a los fosfatos, en los datos obtenidos de MAGRAMA no se indican valores exactos, sino que la cantidad proporcionada era dada como un valor mayor o menor que un parámetro, de ahí que carezca de sentido realizar un análisis gráfico o realizar el promedio de la acumulación del fósforo.

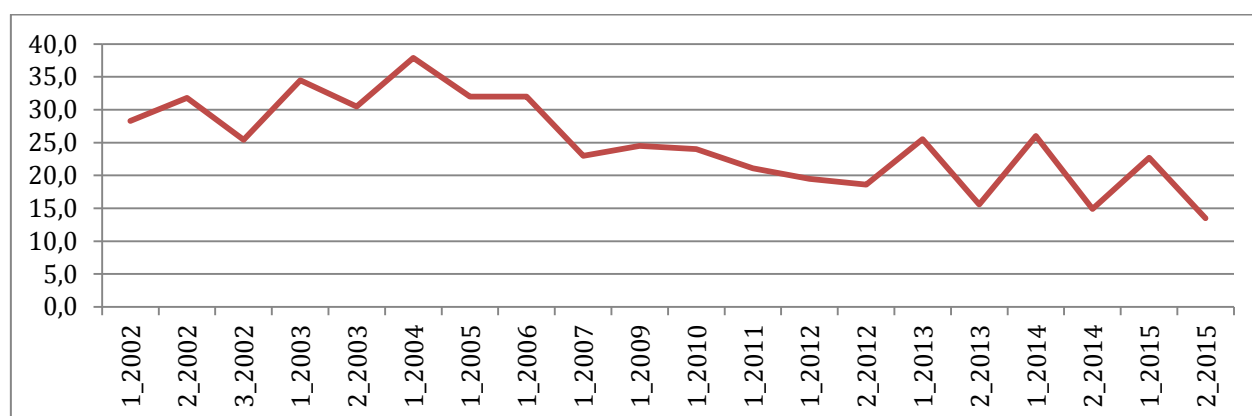
4. RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE NITRATOS

Los resultados analizados corresponden a las concentraciones en mg/L de nitratos, potasio y fosfatos.

Como se muestra en la figura 4.1. los datos analizados en el pozo de la Alguardia comprenden desde el año 2002 hasta octubre de 2015, por tanto, tenemos un amplio rango para poder comparar. En el primer dato, se parte de 28,3 mg/L y aunque se experimentan tanto subidas como bajadas, en la actualidad la concentración de nitrógeno en esta zona ha disminuido hasta 13,5 mg/L de nitrógeno en agua.

Figura 4.1. Concentración de nitratos en Alguardia

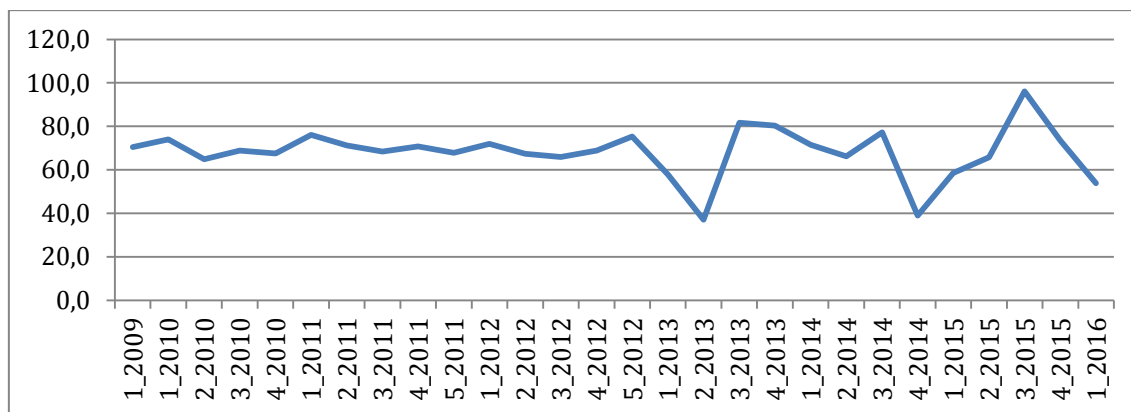


Fuente: MAGRAMA (2016).

Sin embargo, en la figura 4.2. se exponen los datos en el sondeo de Banariés para un período de tiempo más reciente. Nótese que la concentración de nitrógeno no

experimentó grandes cambios hasta marzo del 2013, y aunque ha disminuido, la concentración es mucho mayor que en el caso de la Alguardia ya que la media del período se encuentra en 68,1 mg/L.

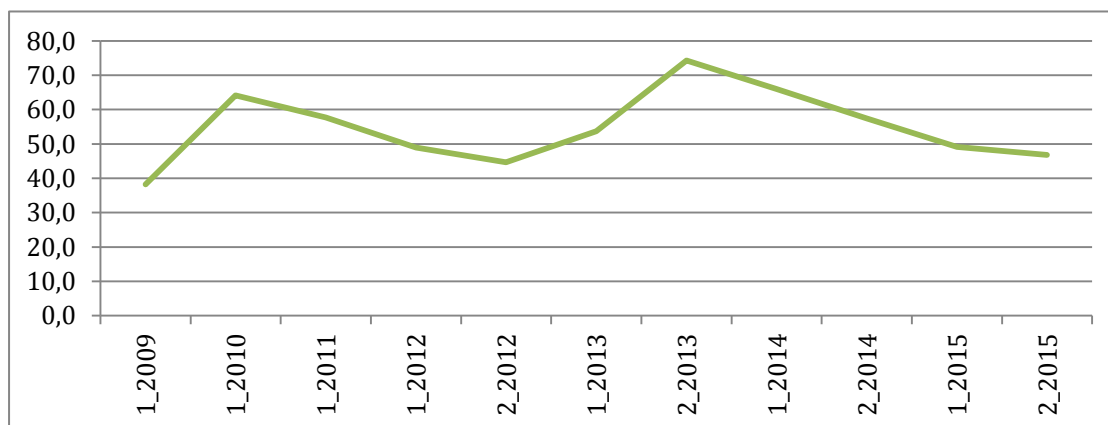
Figura 4.2. Concentración de nitratos en Banariés



Fuente: MAGRAMA (2016).

En la figura 4.3. se presentan los análisis realizados en Chimillas, y llama la atención que es una zona en la cual a pesar de la implantación de las Directivas, no sólo no se ha dado una reducción de la concentración de nitratos sino que se ha visto incrementada en los últimos tiempos, aunque desde 2014 cabe destacar que ha disminuido un poco.

Figura 4.3. Concentración de nitratos en Camino a la alberca (Chimillas)

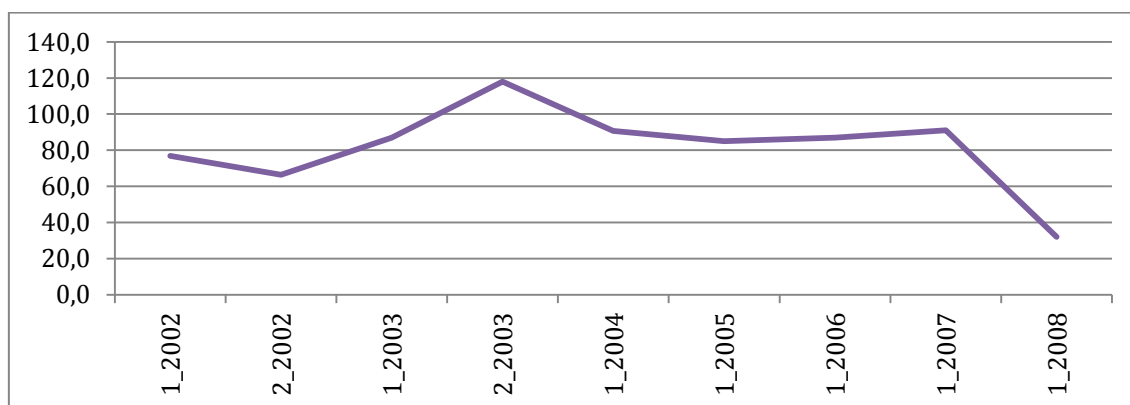


Fuente: MAGRAMA (2016).

La figura 4.4. indica la concentración en el pozo de Camino a Cuarte, en el que disponemos datos de 2002 a 2008, y es importante remarcar la pronunciada disminución que se produjo en 2008 ya que en este punto de control en concreto se partía de niveles

muy altos de nitrógeno en agua. Esta circunstancia puede deberse a la crisis económica en la que se dio una retracción en la demanda de fertilizantes a causa de la caída de los precios de los productos agrarios en el último trimestre del 2008 así como a la evolución del precio de los fertilizantes como consecuencia del incremento del precio de las materias primas (AEFAO, 2011).

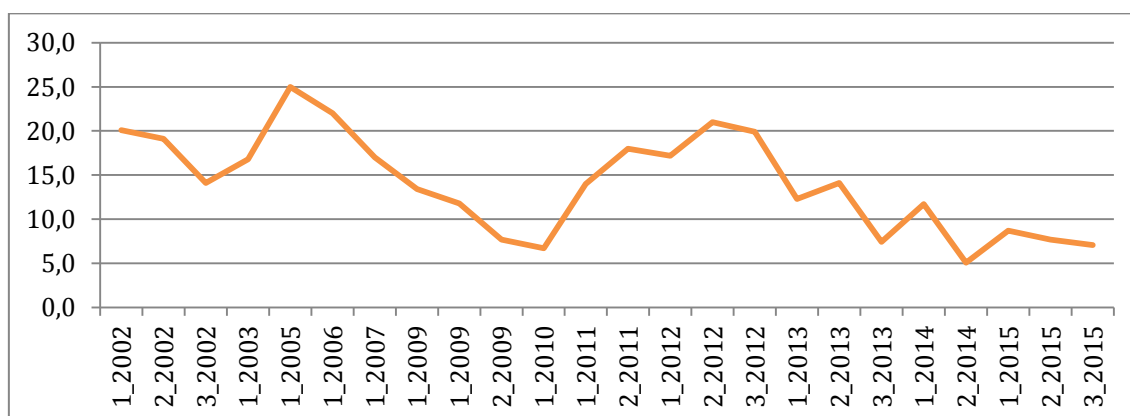
Figura 4.4. Concentración de nitratos en Camino Cuarte



Fuente: MAGRAMA (2016).

A continuación, veremos en la figura 4.5. dos puntos de control conjuntamente, que son los ibones de Yéqueda en Igríes y el sondeo de Atades. Como se observa en el gráfico, la concentración en ambos puntos de control es mucho menor que en otras zonas de muestreo, y se ha visto disminuida en la actualidad a pesar de haber periodos en los que había vuelto a aumentar.

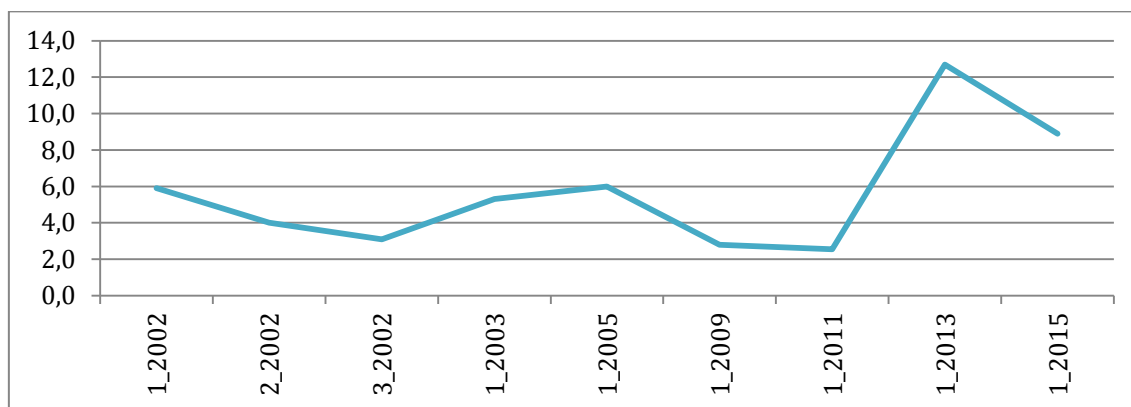
Figura 4.5. Concentración de nitratos en ibones de Yéqueda y Sondeo Atades



Fuente: MAGRAMA (2016).

Por último, se analiza la zona de Monflorite-Las Casas ayudados por la figura 4.6. cuyos datos constan desde 2002 a 2015. Esta zona destaca por ser la que menos concentración de nitratos en agua tiene, y aunque en los últimos 3 años ha aumentado el nivel, éste sigue siendo bajo.

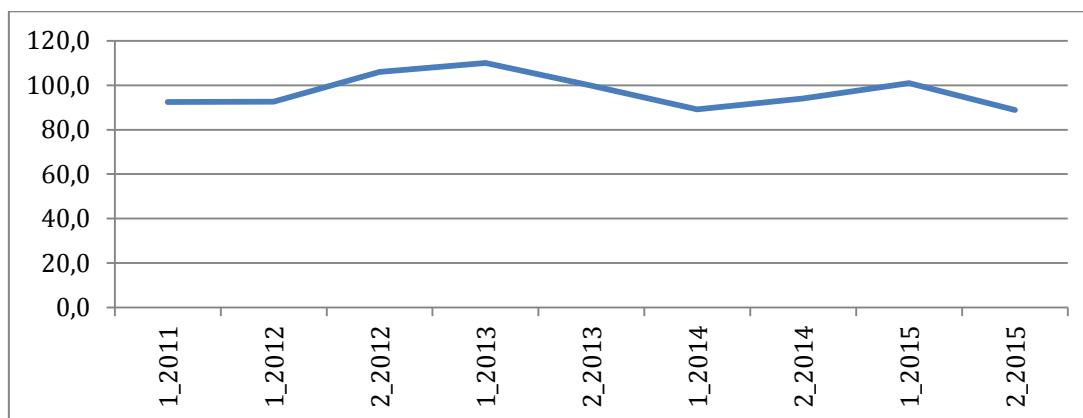
Figura 4.6. Concentración de nitratos en Monflorite- Las Casas



Fuente: MAGRAMA (2016).

Una vez analizada la Hoya de Huesca, pasaremos a analizar el Saso del Alcanadre, que es otra de las áreas de estudio en la que nos centraremos.

Figura 4.7. Concentración de nitratos en la Paul 1 (Siétamo)

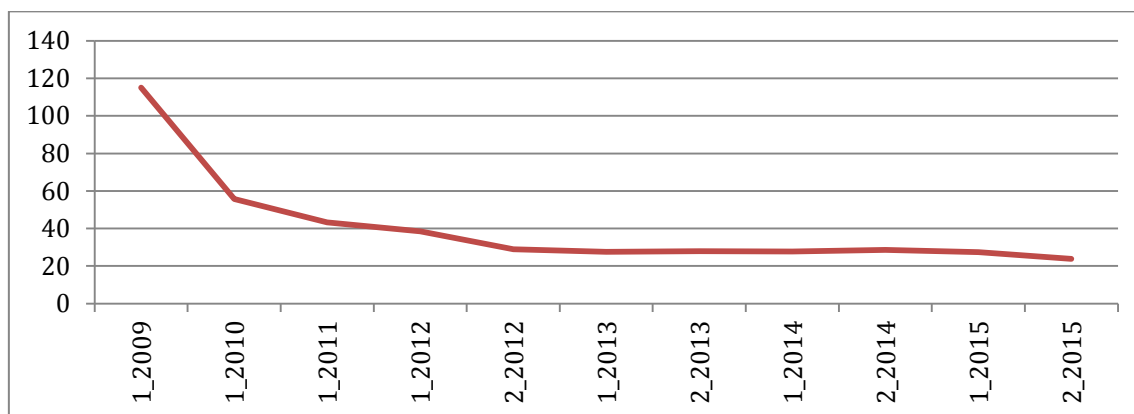


Fuente: MAGRAMA (2016).

En la figura 4.7 se nos muestra datos obtenidos en la localidad de Siétamo en los últimos 5 años. Se puede decir que el nivel se ha mantenido más o menos constante en el tiempo, además, es un nivel alto de concentración de nitrógeno en agua.

El siguiente punto a tener en cuenta es el muestreo llevado a cabo en Ola (el Señorío), el cual desde 2009 a la actualidad ha experimentado un grandísimo cambio ya que la cantidad de nitrógeno ha disminuido de 115 mg/L hasta los 23,8 mg/L obtenidos a finales del 2015. Este descenso se verifica claramente en la figura 4.8.

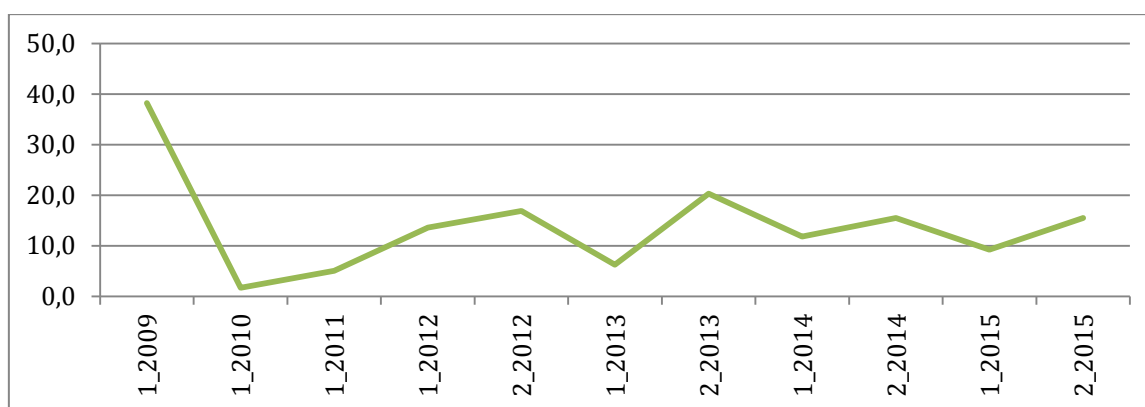
Figura 4.8. Concentración de nitratos en el Señorío (Ola)



Fuente: MAGRAMA (2016).

En lo referido a la acumulación de nitrógeno en las aguas de Loporzano llama la atención el fuerte descenso que se produjo en el primer año analizado ya que se pasó de 38,2 mg/L a 1,7 mg/L. Después se han dado constantes variaciones al alza y a la baja, pero el resultado final es la visible disminución de la concentración de nitrógeno.

Figura 4.9. Concentración de nitratos en camino al barranco de la Ripa (Loporzano)

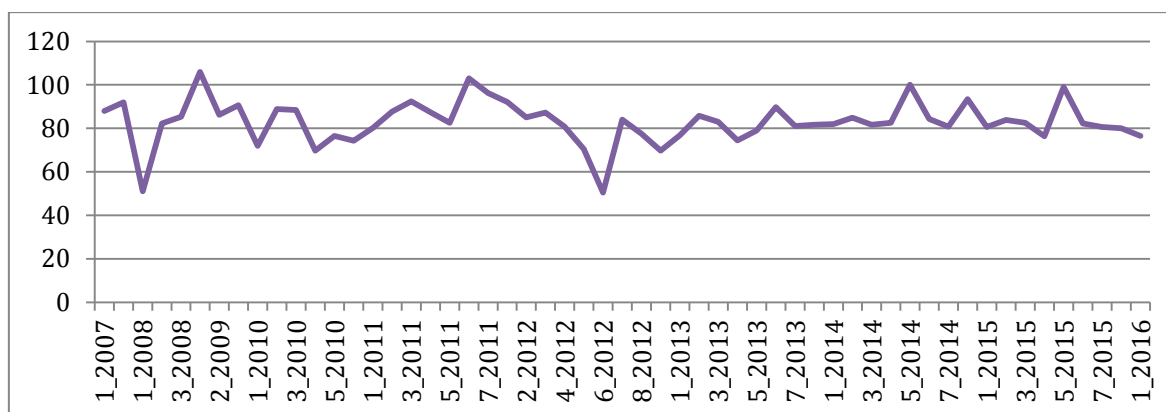


Fuente: MAGRAMA (2016).

En la figura 4.10., en la cual se observa que aunque ha habido leves variaciones a lo largo de estos años, si comparamos el nivel que había a principio de la toma de las

primeras muestras con el actual son bastante similares, por tanto, no se ha disminuido el nivel de nitratos en las aguas, sino que ha sido más bien constante.

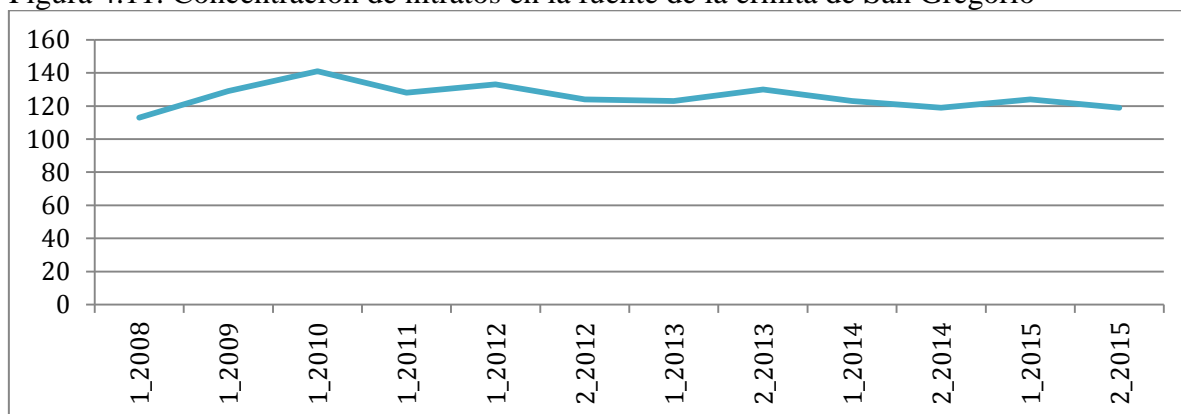
Figura 4.10. Concentración de nitratos en el manantial Argavieso, fuente las Calzadas y fuente 3 caños



Fuente: MAGRAMA(2016).

También en un nivel constante se ha mantenido la cantidad de nitratos en Berbegal, según el gráfico de la figura 4.11., pero en una cantidad bastante superior a la que se da en las zonas anteriormente estudiadas, ya que su promedio para el período considerado es de 125.5 mg/L.

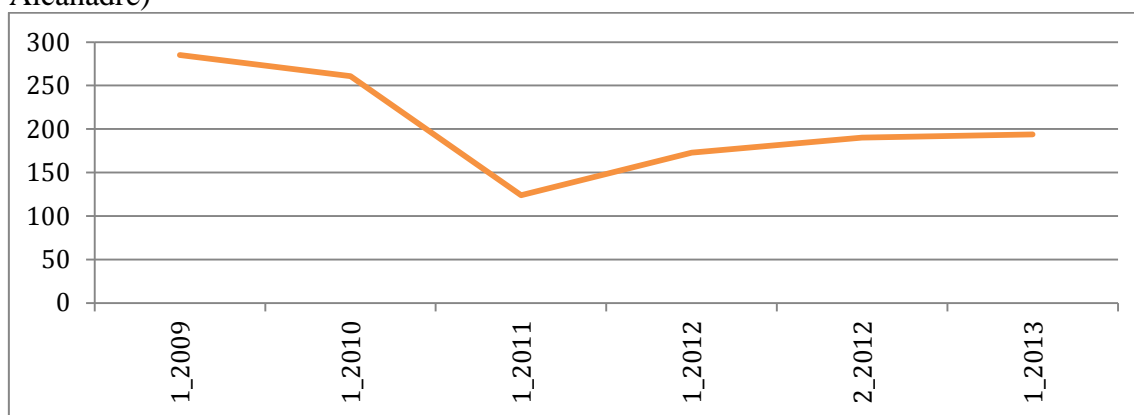
Figura 4.11. Concentración de nitratos en la fuente de la ermita de San Gregorio



Fuente: MAGRAMA (2016).

Aunque no hay una gran cantidad de datos para la zona explicada a continuación, es importante citarla puesto que los niveles de nitrato que se alcanzan en ella son desorbitados. En 2009 partían de 285 mg/L, y aunque con el paso del tiempo han disminuido, las cantidades siguen estando muy por encima de lo deseable.

Figura 4.12. Concentración de nitratos en el camino balsa Lacuadrada (Torres de Alcanadre)



Fuente: MAGRAMA (2016).

Por tanto, tras analizar la concentración de esta sustancia en los diferentes puntos de control de las zonas vulnerables, se ve que aunque en algunos casos sí que se ha reducido tras la aplicación de la Directiva, en otros se ha mantenido constante, incluso se ha incrementado. Aunque no se analizan en profundidad las causas de esta evolución dispar en los distintos puntos de muestreo, estos resultados parecen indicar que la eficacia de las directivas está siendo limitada en estas zonas. Ello lleva a proponer la introducción de otras medidas de control que introduzcan incentivos a cumplir la normativa o a revisar las medidas de control de su cumplimiento, que actualmente están basadas sobre todo en requisitos de tipo administrativo (cuadernos de explotación) y recomendaciones sobre niveles de fertilización que en muchos casos no llevan aparejado un control de estricto cumplimiento.

4.2. CONCENTRACIÓN DE POTASIO

En la Hoya de Huesca, en general en todas las zonas analizadas se observa que con el paso del tiempo, la concentración por potasio no ha experimentado demasiados cambios, por tanto, se podría decir que se ha mantenido más o menos constante la cantidad analizada en el agua a lo largo del período de tiempo considerado.

Hallando el promedio de los datos disponibles (figura 4.13), se puede apreciar que el punto de control en el que se da una menor concentración de potasio es en el sondeo de Atades de Huesca, con 1,42mg/L de media, seguido por el obtenido en camino a la alberca que sería de 1,78mg/L. Por el contrario, los que mayor cantidad de esta

sustancia tienen en sus aguas serían Banariés, camino de Cuarte y Monflorite-Las Casas con 4,65mg/L, 4,63mg/L y 40,31mg/L respectivamente (ver Anexo 1).

Figura 4.13: Promedio concentración de potasio en Hoya de Huesca y Saso Alcanadre

ZONA VULNERABLE	PUNTOS DE CONTROL	PROMEDIO (mg/L)
HOYA DE HUESCA	ATADES HUESCA	1,42
	CAMINO LA ALBERCA	1,78
	BANARIÉS	4,65
	CAMINO DE CUARTE	4,63
	MONFLORITE-LAS CASAS	4,36
SASO DEL ALCANADRE	FUENTE DE LAS CALZADAS	0,61
	FUENTE DEL SASO	0,64
	LA PAUL 1	0,715
	CAMINO DE LA Balsa Lacuadrada	123,37
	CAMINO AL BARRANCO DE LA RIPA	121,38

Fuente: MAGRAMA.

Sin embargo, lo primero que llama la atención en el Saso del Alcanadre es que, a diferencia de lo que sucedía en la Hoya de Huesca, no hay una similitud en cuanto a la concentración del potasio en todas las zonas analizadas ya que algunas de ellas presentan valores muy bajos mientras que en otras son muy elevados. Sin embargo, todos los puntos de control tienen un mismo patrón, y es que para el período de tiempo analizado, la cantidad de potasio en agua ha disminuido en poca cuantía, o incluso en algunas de ellas ha aumentado.

Destacan por la baja concentración de potasio en promedio la fuente de las calzadas en Barbuñales, fuente del Saso y la Paul 1 en Siétamo con 0,61 mg/L, 0,64 mg/L y 0,715 mg/L respectivamente. En el polo opuesto se situarían el camino de la balsa Lacuadrada de Torres de Alcanadre con 123,37 mg/L seguido del camino al barranco de la Ripa en Loporzano con 121,38 mg/L (ver Anexo 2).

4.3. CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS

Otra de las sustancias que se tienen en cuenta en los análisis que se realizan en los puntos de control de las zonas vulnerables son los fosfatos.

En la Hoya de Huesca, en la Alguardia se dan valores de fosfatos menores a 0,06mg/L, y a partir de 2010 son menores de 0,05mg/L. En Banariés y camino a la alberca en Chimillas se obtienen datos menores a 0,05mg/L. En camino de cuarte y los ibones de Yéqueda también rondan los valores menores a 0,06mg/L y 0,05mg/L, al igual que en Monflorite-Las Casas y el sondeo de Atades cuyas magnitudes son similares, aunque en algún muestreo puntual se han dado valores inferiores, como es por ejemplo 0,02mg/L en Monflorite-Las Casas en 2009 o en Atades de 0,11 mg/L en el año 2010.

Se puede hacer un análisis conjunto de todos estos terrenos analizados en el Saso del Alcanadre, y es que en todos mantienen niveles de concentración del fósforo por debajo de 0,05 mg/L. Hay algunas excepciones en alguna observación puntual, como son por ejemplo en la fuente de San Gregorio de Berbegal en 2007 con 0,13 mg/L o algunos casos en los que la acumulación de esta sustancia es inferior a 0,06 mg/L, pero en general es menor a 0,05 mg/L la concentración.

5. CONCLUSIONES

Se ha estudiado la evolución de los parámetros de nitrato, potasio y fósforo en las zonas vulnerables Hoya de Huesca y Saso del Alcanadre durante el período 2000-2016, posterior a la implantación de la Directiva Marco del Agua del año 2000. Los resultados analizados muestran que:

- La concentración de nitratos observados en la Hoya de Huesca, en general ha tenido una evolución positiva puesto que se ha reducido la acumulación de nitratos en el agua, a excepción de algunos puntos de control como son Chimillas y Monflorite-Las Casas. Sin embargo, en el Saso del Alcanadre no hay un claro descenso, incluso ha habido años de empeoramiento de las concentraciones, a excepción de Ola, Loporzano y Torres de Alcanadre,
- En algunos casos los descensos se han producido en los años de la crisis, lo cual puede indicar que el motivo de dicha evolución no está ligado al cumplimiento de las directivas sino a cuestiones de coyuntura económica.
- A la vista de los resultados puede concluirse que las directivas han tenido un efecto limitado y que no son suficientes para alcanzar la reducción de este tipo de

contaminación y deben acompañarse de otro tipo de controles directos y/o incentivos de las actividades (sanciones, inspecciones periódicas, etc.)

Los resultados de este trabajo pueden ser útiles para los agricultores de la zona y para las instituciones implicadas en el control de la contaminación, pues aportan criterios para reforzar el esfuerzo de control de la actividad agrícola y ganadera en la zona.

La principal limitación en la realización del presente trabajo la constituyen las fuentes de datos utilizadas ya que sólo se ha podido hacer uso de los datos disponibles en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Además, no había datos de la misma fecha para cada uno de los puntos de control de las zonas vulnerables, lo cual puede influir en los resultados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AEFAO (2011). “Evolución de la demanda de fertilizantes en España, Europa y situación de oferta y demanda internacionales”. Disponible en “www.aefao.com”. [Última consulta: 17/06/2016].
- CAMPBELL, M. (2004). “Diffuse pollution: An introduction to the problems and solutions”. IWA Publishing. Cornwall, United Kingdom.
- CARPENTER, S.R., CARACO, N.F., CORRELL, D.L., HOWARTH, R.W., SHARPLEY, A.N., Y SMITH, V.H. (1998). “Nonpoint pollution of Surface waters with phosphorus and nitrogen”. Ecological application.
- CITA (2013). “Comunidad autónoma de Aragón. Zonas vulnerables”. Disponible en “citarea.cita-aragon.es”. [Última consulta: 26/04/2016]
- FAO (2004). FAOSTAT. Database. Disponible en “www.faostat.fao.org”. [Última consulta: 28/04/2016].

- FAO (2015). “El uso de fertilizantes sobrepasará los 200 millones de toneladas en 2018). Disponible en “www.fao.org”. [Última consulta 26/05/2015].
- GOBIERNO DE ARAGÓN (2015): “Abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos. España y CC.AA”. Disponible en “www.aragon.es”. [Última consulta: 29/04/2016].
- INE (2009). “Censo Agrario. Agricultura y ganadería en España y Europa”. Disponible en “www.ine.es”. [Última consulta 03/05/2015].
- JACOBS, M (1991). “La economía verde. Medioambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro”. Páginas 238 a 241.
- MAGRAMA (1991). “Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura”. Disponible en “www.magrama.gob.es”. [Última consulta 15/04/2015].
- MAGRAMA (1998). “Libro blanco del agua en España”. Disponible en “www.magrama.gob.es”. [Última consulta 27/05/2015].
- MAGRAMA (2000). “Directiva 2000/60/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas”. Disponible en “www.magrama.gob.es”. [Última consulta 27/05/2015].
- MAGRAMA (2009). “Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España”. Disponible en “www.magrama.gob.es”. Páginas 55-73-74. [Última consulta 24/05/2016].
- MAGRAMA (2016). “Consulta de datos analíticos” Disponible en “www.datossubterranas.chebro.es” [Última consulta 17/06/2016].

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2003). Anuario de Estadística Agroalimentaria. MAPA. Madrid.
- MARTINEZ, Y., Y ALBIAC, J. (2003) “Políticas ambientales para el control de la contaminación difusa en el regadío”.
- MEMA, M. (2006). “Las políticas de control de la contaminación difusa en el Valle Medio del Ebro”. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- NOVOTNY, V (2003). “Water Qualify: Diffuse Pollution and Watershed Management. John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- ONGLEY, E.D. (1997) “Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos (estudio FAO riego y drenaje-55)”. Disponible en “www.fao.org”. Capítulo 1. [Última consulta 07/06/2016].
- ORÚS F, D. QUÍLEZ Y J. BETRÁN (2000): “El código de buenas prácticas agrarias (I): Fertilización nitrogenada y contaminación por nitratos”. Informaciones Técnicas Nº 93. Servicio de formación y Extensión Agraria. Dirección General de Tecnología Agraria. DGA. Zaragoza.
- PARETO, V. (1896). “Cours d’ Economie politique” Libraire del Université. Lausanne.
- PEARCE, D. Y K. TURNER (1990). “Economics of Natural Resources and the Environment” Harvester Wheatsheaf.
- ROMERO C. (1997). “Economía de los recursos ambientales y naturales”. Segunda edición. Alianza Editorial. Madrid.
- SÁNCHEZ, P (2015). “Contaminación difusa asociada al sector porcino en Aragón: Medidas correctoras”. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza. Página 4.

7. ANEXO 1

Figura 7.1. Concentración de Potasio en puntos de control de la Hoya de Huesca

ATADES HUESCA		CAMINO LA ALBERCA		BANARIÉS		CAMINO DE CUARTE		MONFLORITE-LAS CASAS	
FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)
20/07/2009	2,8	20/07/2009	1,8	21/07/2009	5	24/07/2002	3	24/07/2002	4
27/07/2010	1,1	14/10/2010	2,6	30/06/2010	8,8	04/08/2003	3,8	29/09/2003	4,5
08/09/2011	1,19	08/09/2011	1,62	25/08/2010	5,6	18/12/2003	8	15/12/2005	4
28/05/2012	1,43	28/05/2012	1,62	20/10/2010	6,7	12/12/2005	4	27/10/2009	4,9
20/07/2009	1,2	03/12/2012	1,46	15/12/2010	6,6	02/08/2006	4	25/10/2011	3,94
28/05/2012	1,4	28/05/2013	1,84	06/04/2011	3,7	27/08/2007	5	18/02/2013	4,6
03/12/2012	1,22	24/11/2013	1,78	01/06/2011	4,1	30/06/2008	<1	07/07/2015	4,2
28/05/2013	1,26	07/05/2014	1,8	25/07/2011	4,4				
25/11/2013	1,36	19/10/2014	1,84	03/10/2011	4,5				
07/05/2014	1,38	13/05/2015	1,5	30/11/2011	4				
21/10/2014	1,44	26/10/2015	1,71	08/02/2012	3,7				
13/05/2015	1,2			18/04/2012	3,7				
28/10/2015	1,53			20/06/2012	4,1				
				01/10/2012	4,4				
				10/12/2012	4,4				
				18/03/2013	4,3				
				10/06/2013	4,4				
				09/09/2013	5				
				02/12/2013	4,7				
				10/03/2014	4,3				
				09/06/2014	4,4				
				01/09/2014	4,5				
				01/12/2014	4,2				
				09/03/2015	3,7				
				01/06/2015	4,1				
				07/09/2015	5				
				30/11/2015	3,8				
				07/03/2016	4,1				
PROMEDIO	1,42	PROMEDIO	1,78	PROMEDIO	4,65	PROMEDIO	4,63	PROMEDIO	4,36

Fuente: MAGRAMA (2016).

Figura 7.2. Concentración de Potasio en puntos de control del Saso del Alcanadre

FUENTE DE LAS CALZADAS		FUENTE DEL SASO		LA PAUL 1		CAMINO DE LA Balsa LACUADRADA		CAMINO AL BARRANCO DE LA RIPA	
FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)	FECHA DE MUESTREO	Potasio (mg/L K)
17/09/2008	<1	07/03/2012	0,65	30/11/2011	1,01	22/07/2009	146	15/07/2009	76,8
22/07/2009	<1,0	08/04/2014	0,56	28/05/2012	0,87	02/08/2010	142	04/08/2010	144
02/08/2010	<1,0	20/10/2014	0,64	03/12/2012	0,84	07/09/2011	95,2	06/09/2011	139
06/09/2011	0,68	12/05/2015	<1,0	27/05/2013	0,91	29/05/2012	111	28/05/2012	163
29/05/2012	0,56	28/10/2015	0,7	25/11/2013	0,53	28/11/2012	106	13/12/2012	81,8
28/11/2012	0,45			07/05/2014	0,73	27/05/2013	140	27/05/2013	135
27/05/2013	0,7			20/10/2014	0,42			25/11/2013	137
25/11/2013	0,54			12/05/2015	<1,0			07/05/2014	105
08/05/2014	0,62			28/10/2015	0,41			20/10/2014	106
20/10/2014	0,7							12/05/2015	156
18/05/2015	0,6							28/10/2015	91,6
23/11/2015	0,68								
PROMEDIO	0,61	PROMEDIO	0,64	PROMEDIO	0,715	PROMEDIO	123,37	PROMEDIO	121,38

Fuente: MAGRAMA (2016).