

APLICACIONES Y CONCENTRACIONES DE PLAGUICIDAS EN LA ZONA REGABLE DE LA VIOLADA

*Balcells, M.*¹, *Isidoro, D.*², *Lambea, P.*³, *Sanz, M. A.*⁴

¹ Técnica (mbalcells@aragon.es), ² Investigador (disidoro@aragon.es), Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC),

³ Técnica (pmlambea@aragon.es), ⁴ Investigadora (masanzg@aragon.es), Unidad de Calidad y Seguridad Alimentaria, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA-DGA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza.

Resumen

La contaminación por plaguicidas es un problema grave que afecta al estado ecológico de las aguas naturales. En este trabajo se analizaron 13 plaguicidas cada 21 días, elegidos entre los más utilizados en Almudévar, en las aguas de drenaje de su zona regable y se establecieron las aplicaciones (sustancias activas, fechas y dosis de aplicación) mediante encuestas durante la transformación de la zona regable en aspersión (2008 y 2009) y el año siguiente (2010).

Las sustancias activas más empleadas fueron el acetocloro, oxifluorfen y atrazina en maíz (en primavera); el glifosato en presiembra y tribenurón-metil y 2,4-D en invierno-primavera en los cereales de invierno; y la cipermetrina y malatión en alfalfa. También se detectó el uso de materias activas no analizadas (MCPA, lambda-cihalotrina, oxifluorfen y tralkoxidim). El plaguicida detectado con mayor frecuencia fue la atrazina pero las mayores concentraciones se encontraron para el acetocloro, tribenurón-metil, diclofop-metil y cipermetrina; con niveles muy superiores en 2010.

Los resultados de las encuestas apuntan a un cambio en los plaguicidas empleados respecto a los considerados inicialmente y a la necesidad de desarrollar métodos de análisis para algunas de estas sustancias. El mayor número de detecciones y las mayores concentraciones detectadas en 2010 sugieren la necesidad de realizar muestreos de esta frecuencia para detectar los episodios de concentraciones más elevadas.

Abstract

Pesticide pollution is an important hazard for the ecological status of natural waters. In this study, 13 pesticides (selected from the most used in Almudévar) were analyzed every 21 days in the drainage waters from irrigated area of Almudévar; and their application practices (active substances, dates and doses of application) were established through interviews during the transformation of the irrigation system to sprinkler irrigation (2008-2009) and the following year (2010).

The most used active substances were acetochlor, oxyfluorfen and atrazine in corn (Spring); glyphosate in pre-sowing and tribenuron-methyl and 2,4-D in Winter-Spring in small grains; and cipermetrine and malathion in alfalfa. Other, not analyzed substances were also used (MCPA, lambda-cyhalothrin, oxyfluorfen and tralkoxydim). The pesticide most frequently detected in drainage water was atrazine; but the highest concentrations were found for acetochlor, tribenuron-methyl, diclofop-methyl and cipermetrine; with higher clearly levels found in 2010.

The results from the interviews show a shift in the pesticides used from the pesticides initially selected for this study and point to the need to implement analytical methods for these substances. The higher concentrations and frequencies of detection found in 2010 point to the need for high frequency surveys to detect concentration peaks.

1- Introducción y Objetivos

El polígono de La Violada es una zona regable de 4117 ha (media de 2006 a 2010). La zona regable ocupa la parte baja de la cuenca del B^{co} de La Violada aguas arriba de la estación de aforo n^o 230 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), cuya superficie total es de 19637 ha (Figura 1). La mayor parte de esa zona pertenece a la Comunidad de Regantes de Almodévar (3556 ha), y el resto corresponde a las comunidades de Tardienta (346 ha) y Gurrea (111 ha).

Se eligió el polígono de La Violada por ser una zona bien conocida en cuanto a entradas de insumos agrícolas (Isidoro *et al.*, 2006) y propiedades de sus suelos (Torres, 1983 y Playán *et al.*, 2000) y del manejo del riego (Faci *et al.*, 1985; Faci *et al.*, 2000; Isidoro *et al.* 2004) puesto que ya ha sido objeto de estudios anteriores por parte del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA-DGA) (desde 1982).

Un interés añadido especial es el proceso de transformación de regadío recién concluido y que ha convertido a la Comunidad de Regantes de Almodévar de un sistema de riego tradicional por inundación en un sistema moderno de riego por aspersión. Es por ello que se espera encontrar diferencias en cuanto a los plaguicidas durante los años de la transformación (2008 y 2009) y el primer año de riego por aspersión (2010).

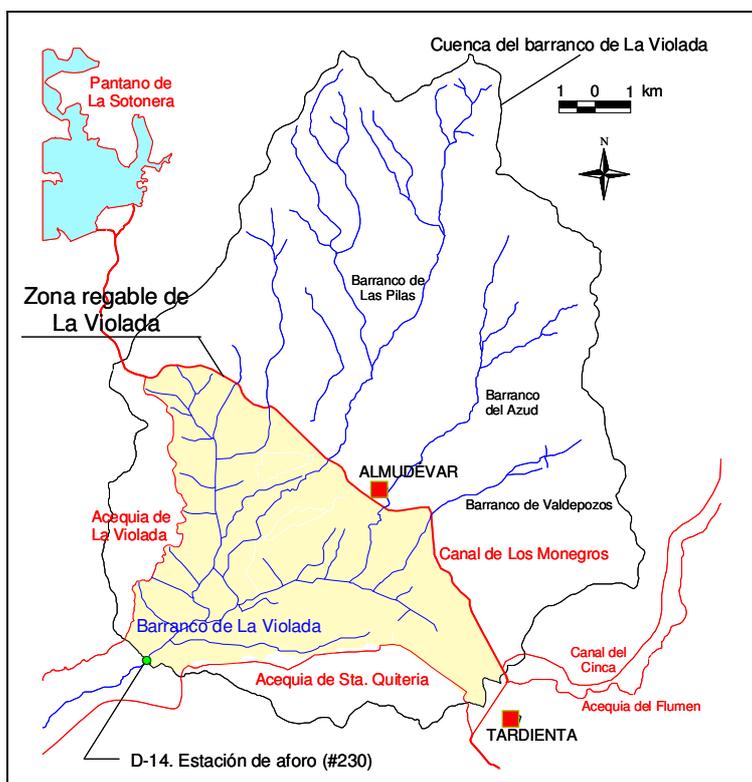


Figura 1. Cuenca del B^{co} de La Violada y zona regable de La Violada.

La Confederación Hidrográfica del Ebro ha puesto en marcha una red de control de plaguicidas (RCP) destinada a controlar la contaminación de origen agrícola/difuso causada por plaguicidas en 22 puntos de la red hidrográfica de la cuenca, entre ellos el B^{co} Violada (estación n^o 230). El muestreo de la CHE se centra en las sustancias incluidas en las listas de sustancias prioritarias y otros contaminantes y en las sustancias preferentes (Anexo I y II respectivamente del RD 60/2010, de los que solo alacloro, atrazina y clorpirifós están entre los analizados en este trabajo) y se realiza 5 veces al año, en los meses considerados de mayor interés

(febrero, mayo, junio, julio y septiembre). En este estudio se propuso un control más intenso (con muestras cada 21 días) a lo largo de todo el año que incluyese además el análisis de los plaguicidas en uso en la zona, no solo los incluidos en las listas sustancias prioritarias y preferentes.

El objetivo principal de este trabajo es conocer los plaguicidas presentes en las aguas del B^{co} de La Violada (salida del drenaje de la zona regable de La Violada), así como sus concentraciones. Otro objetivo es conocer el manejo que se hace de los plaguicidas en los distintos cultivos de regadío por parte de los agricultores mediante encuestas. El trabajo se centra en los años hidrológicos (de octubre a setiembre) 2008, 2009 y 2010 con el fin de identificar las diferencias en el uso de plaguicidas y en su presencia en las aguas durante y después de las obras de transformación del regadío que tuvieron lugar entre 2008 y 2009.

2- Materiales y Métodos

Los plaguicidas (insecticidas/acaricidas y herbicidas) analizados se eligieron a partir de la lista de plaguicidas más usuales en Almodévar recopilada por el Centro de Protección Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. En total se analizaron trece plaguicidas: Nicosulfurón (NSF), Rimsulfurón (RSF), 2,4-ácido diclorofenoxiacético (24D), Tribenurón- metil (TBM), Molinato (MTO), Atrazina (ATZ), Acetocloro (ACC), Alacloro (ALC), Malation (MLA), Clorpirifós (CPF), Diclofop-metil (DFM), Cipermetrina (CPM) y Deltametrina (DTM). Los análisis se llevaron a cabo en la Unidad de Calidad y Seguridad Alimentaria (UCySA) del CITA mediante cromatografía de gases con detector de masas (CG-MS: ATZ, ALC, ACC, CPM, CPF, DTM, DFM, MAL y MTO) y cromatografía líquida de alta resolución con detector diodo array (HPLC-DAD: 24D, NSF, RSF y TBM). En la lista original estaba incluido también el Glifosato (GTO), cuya determinación analítica se está poniendo a punto en la UCySA. En la Tabla 1 se resumen los plaguicidas analizados y la técnica empleada en cada caso.

Los equipos empleados en las determinaciones de los plaguicidas fueron; un cromatógrafo de gases (CG-MS) modelo 6890 con muestreador automático y detector de masas modelo 5973 (Agilent Technologies) y un HPLC-DAD de la serie 1100 (Agilent Technologies) con muestreador automático, desgasificador, sistema de bombas cuaternario, horno termostaticado para columnas y detector de diodo array.

Para la validación de ambos métodos se estudiaron los siguientes parámetros: selectividad, linealidad, límite de detección (LD), límite de cuantificación (LQ), recuperación, precisión y estabilidad. En la selectividad se comprobó la ausencia de interferencias de la matriz y otros compuestos activos a los tiempos de retención (TR) de los plaguicidas de interés. La linealidad es la capacidad del método para aplicar resultados directamente proporcionales a la concentración de la sustancia que se determina dentro de un intervalo de concentración. Para ello se prepararon rectas de calibrado con efecto matriz obteniendo respuestas lineales para todos los plaguicidas en el rango de concentración estudiado. El LD se calculó como 3 veces la señal/ruido para cada plaguicida individualmente mientras que el LQ se obtuvo como una señal/ruido de 10:1. La recuperación de los métodos se realizó en distintos niveles de concentración (0,05µg/L, 0,1µg/L y 0,6µg/L en CG-MS y de 0,1 y 1µg/L en HPLC-DAD) adicionando a muestras de agua MilliQ los patrones de plaguicidas en las concentraciones adecuadas para cada nivel (n=6). La reproducibilidad intralaboratorio se calculó como la desviación estándar relativa RSD (%) preparando 6 muestras de agua MilliQ enriquecidas a 0,1µg/L que se han procesado en días consecutivos por el mismo analista, obteniéndose valores de RSD <20%.

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas estudiados en función de la técnica de análisis empleada y su abreviatura, actividad y grupo químico al que pertenece.

Técnica	Plaguicida	Abreviatura	Actividad	Grupo químico
CG-MS	Atrazina	ATZ	herbicida	triazina
	Alaclor	ALC	herbicida	cloroacetanilida
	Acetoclor	ACC	herbicida	cloroacetamida
	Cipermetrina	CPM	insecticida/acaricida	piretroide
	Clorpirifós	CPF	insecticida	organofosforado
	Deltametrina	DTM	insecticida	piretroide
	Diclofop-metil	DFM	herbicida	ariloxifenoxipropionato
	Malation	MLA	insecticida/acaricida	organofosforado
	Molinato	MTO	herbicida	tiocarbamato
HPLC-DAD	2,4D	2,4D	herbicida	alquilclorofenoxi
	Nicosulfuron	NSF	herbicida	sulfanilurea
	Rimsulfuron	RSF	herbicida	sulfanilurea
	Tribenuron-metil	TBM	herbicida	sulfanilurea

Se tomaron un total de 46 muestras manuales de 2 litros en botellas de vidrio ámbar, aproximadamente cada 21 días, en la salida del drenaje de la zona regable durante los años hidrológicos 2008, 2009 y 2010. Las muestras se conservaron, desde el momento de la recogida hasta su análisis, en cámaras frigoríficas a una temperatura entre 0-3 °C, y se procesaron en un tiempo no superior a una semana desde la toma de la muestra.

Además durante las campañas de riego de 2008, 2009 y 2010 se realizaron encuestas a los agricultores de la zona sobre aplicaciones de fitosanitarios (así como prácticas de fertilización y manejo del riego) para establecer los productos utilizados (sustancias activas), las dosis empleadas, fechas de aplicación y combinaciones de sustancias en las aplicaciones de plaguicidas. En total se realizaron 78 encuestas durante los años de estudio (29 en 2008, 17 en 2009 y 32 en 2010). El menor número de encuestas realizadas en el 2009 se corresponde con la disminución de superficie cultivada y la menor aplicación de fitosanitarios. Los resultados de estas encuestas, en cuanto a productos empleados —sustancias activas— y fechas de aplicación, complementan a los resultados analíticos en el B²⁰ Violada y permiten una primera aproximación a la dinámica del proceso de lavado de los plaguicidas: la inmediatez de su salida en relación a las fechas de aplicación es un indicativo de su tiempo de residencia en el sistema y de la complejidad de los procesos de transporte de plaguicidas en la zona.

3- Resultados y Discusión

El proceso de transformación llevado a cabo en 2008 y 2009 ha dado lugar a una baja intensidad de cultivo que se refleja en (1) una mayor superficie en abandono (hasta el 45% en 2008 y 2009; y (2) una mayor proporción de cereales de invierno y menor proporción de maíz con relación a años anteriores (los agricultores sembraron cebada, que puede cultivarse sin riego, a la espera de poder regarlo o completar con

una segunda cosecha de maíz); (3) la permanencia en el campo de alfalfa de más de 5 años (los agricultores han preferido no levantar el cultivo y seguir realizando los cortes que sean posibles a la alfalfa antes de que las obras les obliguen a parar en 2008 y 2009); y (4) unas entradas de fertilizantes más bajas que en los años 90 (se prefiere invertir menos en los cultivos ante la posibilidad de no poder culminar su cosecha), en parte también motivadas por el incremento en los precios del fertilizante nitrogenado. Como se verá a continuación, las aplicaciones de plaguicidas han sido inferiores en 2009 en comparación con 2008 y 2010 como consecuencia de las obras de transformación, según los resultados de las encuestas efectuadas.

La superficie regada fue casi la mitad durante los dos años de transformación (2198 ha en 2008 y 2315 ha en 2009) que en 2010 (4072 ha). En los tres años el cultivo mayoritario fue el cereal de invierno; la superficie de alfalfa se redujo de 900 ha en 2008 a 300 ha en 2009-10 por las obras de transformación y la de maíz aumentó de 90 ha en 2008-09 a 400 ha en 2010, tras la transformación (Figura 2).

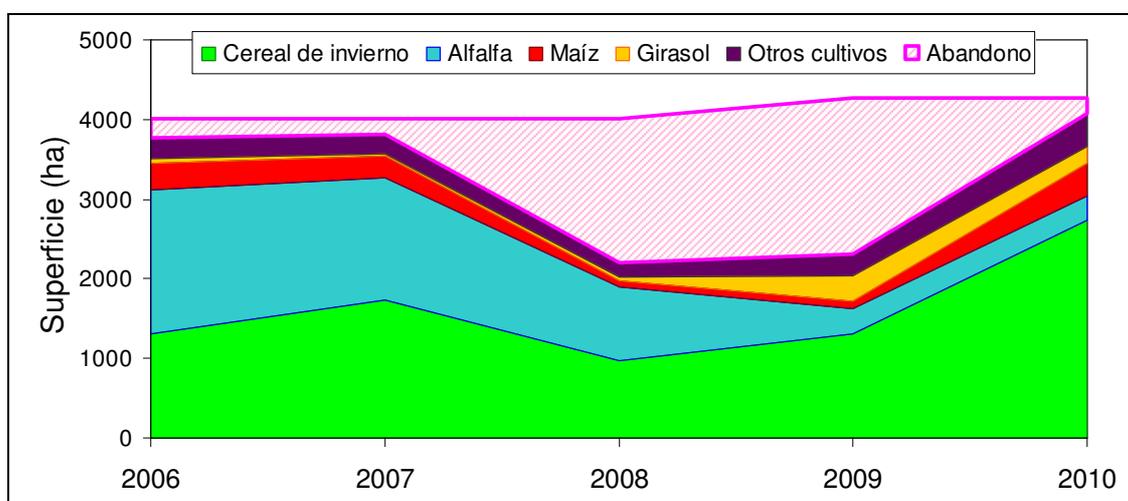


Figura 2. Evolución de la superficie cultivada en la zona regable de La Violada a lo largo del periodo 2006-2010.

En las Tablas 2, 3 y 4 se resumen las aplicaciones realizadas durante la época de estudio para los cultivos mayoritarios (cereal de invierno, alfalfa y maíz).

En cuanto al cereal (Tabla 2), el GTO fue el único herbicida empleado en presembrado y el TBM y 24D fueron los más empleados durante el periodo de invierno-primavera. Para el año 2008 sólo un agricultor del total de los encuestados no realizó ningún tratamiento, en 2009 todos los agricultores trataron y en 2010 el 40% de los entrevistados no aplicaron nada. En el 25% de los casos los agricultores realizaron tratamientos de presembrado en el cereal, de los cuales el 78% realizaron posteriormente alguna aplicación más. Además, se aplicaron más herbicidas durante la época de primavera (44%) que durante la de invierno (33%).

Los insecticidas más utilizados fueron CPM y MLA todos ellos aplicados en la alfalfa (Tabla 3). Sus aplicaciones se concentran en los meses de verano (finales de mayo a mitad de agosto). En 2009 la alfalfa no recibió tratamiento alguno pues no se llegó a culminar el cultivo por las obras de transformación, además por el mismo motivo, en 2008 el 50% de los encuestados tampoco realizaron ninguna aplicación. En maíz los plaguicidas más empleados fueron el ACC, OFF y ATZ (la ATZ solo hasta 2009) y sus aplicaciones se centran en los meses de mayo y junio. Todos los agricultores entrevistados para maíz han realizado algún tipo de aplicación.

Tabla 2. Materias activas (concentración), dosis y número de encuestados (N) que han realizado cada aplicación (porcentaje sobre el total de encuestados) en el cultivo de cereal de invierno según la época de aplicación para cada año de estudio.

Año y aplicación	Materia activa (%)	Dosis (L/ha)	N (%)
Año 2008			
Presiembra/Siembra	GTO (40)	1	3 (27%)
Invierno (enero-febrero)	TBM (75)	20*	3 (27%)
	GTO	1.8	1 (9%)
	DFM+TBM (36)	1,5+20	1 (9%)
Primavera (marzo-abril)	TBM (75)	15*	3 (27%)
	24D+MCPA (35+30)	0,75	2 (18%)
	DFM	2	1 (9%)
Año 2009			
Presiembra/Siembra	GTO (40)	0,92	3 (33%)
Invierno (enero-febrero)	[§] TKX+ [§] OXI	1,25+2	1 (11%)
	[§] DFM+MCPA	1,25	1 (11%)
	TBM (75)	20*	1 (11%)
Primavera (marzo-abril)	24D+MCPA (35+30)	20	2 (22%)
	MCPA	0,76	2 (22%)
	24D	0,75	1 (11%)
Año 2010			
Presiembra/Siembra	GTO (40)	1,25	3 (20%)
Invierno (enero-febrero)	TBM	0,23*	1 (7%)
	OXI	0,6	1 (7%)
	[§] OFF+TBM	1+0,3*	1 (7%)
	TKX	1	1 (7%)
Primavera (marzo-abril)	MCPA	1	1 (7%)
	TBM+TKX	30*+1,4	1 (7%)
	TBM	12,5*	3 (20%)

[§]TKX: Tralkoxidim; OXI: Oxitril; DFF: Difluorfenicam; [§]OFF: Oxifluorfen

*Dosis en g/ha

Tabla 3. Materias activas (concentración), dosis y número de encuestados (N) que han realizado cada aplicación (porcentaje sobre el total de encuestados) en el cultivo de alfalfa según la época de aplicación para cada año de estudio.

Año y fecha	Materia activa (%)	Dosis (L/ha)	N (%)
Año 2008			
15-abr	[§] LCI+MLA	0,1+0,5	1 (10%)
1-jun (15-may a 15-jun)	MLA+CPM (50+10)	0,9+0,3	4 (40%)
5-jun (25-may a 15-ago)	LCI (2.5)	0.2	2 (10%)
Año 2009			
-	-	-	-
Año 2010			
15-ene	TSM	33*	1 (25%)
15-abr	LCI+CPM	0,1+0,3	1 (25%)
15-abr	CTD	1	1 (25%)
15-jun	MLA+CPM	0,5+0,3	1 (25%)
25-jun	LCI	0,1	1 (25%)

[§]LCI: Lambda-Cialotrina

*Dosis en g/ha

Tabla 4. Materias activas (concentración), dosis y número de encuestados (N) que han realizado cada aplicación (porcentaje sobre el total de encuestados) en el cultivo de maíz de invierno según la época de aplicación para cada año de estudio.

Año y fecha	Materia activa (%)	Dosis (L/ha)	N (%)
Año 2008			
5-may	ACC (84)	4	1 (33 %)
20-may	ALC+ATZ (30+18)	4	1 (33 %)
25-jun	[§] DCA (48)	0,2	1 (33 %)
15-jun	NSF (75)	1	1 (33 %)
Año 2009			
15-abr	ACC+ATZ (36+18)	5	1 (100 %)
Año 2010			
24-abr	OFF+TKX	5+1	1 (11%)
2-may (20-abr a 15 may)	OFF+ACC	5,2+2, 5	2 (22%)
11-may (1-may a 5-jun)	ACC	4,5	4 (44%)
26-may	ACC+GTO	4+1	1 (11%)
26-may	CPF		1 (11%)
25-jun	DCA+ [§] FOP	0,6+0,5	1 (11%)

[§]DCA: Dicamba; [§]FOP: Fluoroxipir

Los demás plaguicidas analizados se emplearon en menor medida. También se detectó el uso de materias activas no analizadas en los cultivos principales y en girasol, especialmente en 2010: MCPA, LCI, OXI y TKX (Tablas 2, 3 y 4).

Las mayores masas de materias activas que entraron a la zona regable corresponden a los productos más usuales en los cultivos más extendidos en cada año: GTO y TBM y algo menos 24D y MCPA (cereal, los 3 años); MLA, CPM y LCI en 2008 y 2010, (alfalfa); y ACC y OFF en 2010 (maíz).

En cuanto a las aguas de retorno, se detectó algún plaguicida en el 87% de las muestras analizadas. Los plaguicidas encontrados con mayor frecuencia fueron ATZ (48%), TBM (35%), CPM (30%) y 24D (30%); con menor frecuencia se detectaron DTM, NSF, ACC, DFM, CPF y RSF; y en ningún caso se detectaron MLA, MTO y ALC. La elevada frecuencia de detección de ATZ (solo utilizada en maíz, cultivo con escasa superficie, en 2008 y 2009) se atribuye a su persistencia y su uso anterior en el cultivo de maíz. Como se observa en la Figura 3(a) se encontró ATZ desde octubre de 2007 hasta finales de febrero de 2010, a partir de entonces no se encontró ATZ en ninguna de las muestras analizadas. Para las sustancias menos frecuentes [Figura 3(b)] se observa un mayor número de detecciones en el año 2010 que en los dos años de modernización (21 frente a 10). El CPF y el RSF solo se detectaron en una ocasión, ambos en 2010.

Las concentraciones más altas encontradas (superiores en alguna muestra al límite de 0,1 µg/L) corresponden a: (i) ACC en 2010, detectado en una única muestra con la máxima concentración registrada en este estudio: 5,51 µg/L, frente a dos únicos registros de 2008 (0,02 µg/L) y 2009 (0,05 µg/L) lo que se justifica por el aumento de la superficie de maíz en ese año; (ii) CPM principalmente en 2010 (se detectó en 12 de las 17 muestras analizadas en 2010, con un registro superior a 0,5 µg/L, solo en 3 muestras en 2009 y en ninguna en 2008); (iii) TBM (detectado sobre todo en 2008, en 10 de 13 muestras); (iv) 24D, detectado con mayor frecuencia en 2008 (en 9 muestras de 13), pero con concentraciones más altas en 2010 (solo en 4 muestras de 17, pero alcanzando 0,155 µg/L); (v) DFM, detectado una vez en 2009 y 4 en 2010 (máximo de 0,329 µg/L); (vi) NSF, detectado sobre todo en 2008 y 2010, con concentraciones más

altas en 2010 (máximo de 0,211 $\mu\text{g/L}$); y (vii) DTM que se encontró especialmente en 2010 (Figura 3). 24D y TBM (herbicidas aplicados en el cereal de invierno) son más frecuentes en 2008 y 2009, los años en que se realizó la transformación y predominó el cultivo de cereal.

En general, la frecuencia de detección de los plaguicidas fue superior en 2010 que en 2008-09 (salvo para 24D y TBM) y las concentraciones encontradas fueron también superiores en 2010 (excepto para TBM). En 2009 además, tanto las frecuencias de detección como las concentraciones son inferiores a 2008 y 2010 (excepto para ATZ) (Figura 3). Todo ello parece indicar una menor movilización de plaguicidas en 2009 (derivada de la menor superficie de cultivo y las menores aplicaciones) y una mayor movilización en 2010, debida al incremento de la superficie cultivada y las aplicaciones de plaguicidas (Figura 2 y Tablas 2, 3 y 4). El aumento de CPM y la aparición de DTM en 2010 no obedecen a un aumento de la superficie de alfalfa (Figura 2), sino al aumento del uso de plaguicidas en alfalfa (Tabla 3). La aparición de ACC y CPF en 2010 se sigue del incremento de la superficie y de las aplicaciones de maíz (Figura 2; Tabla 4).

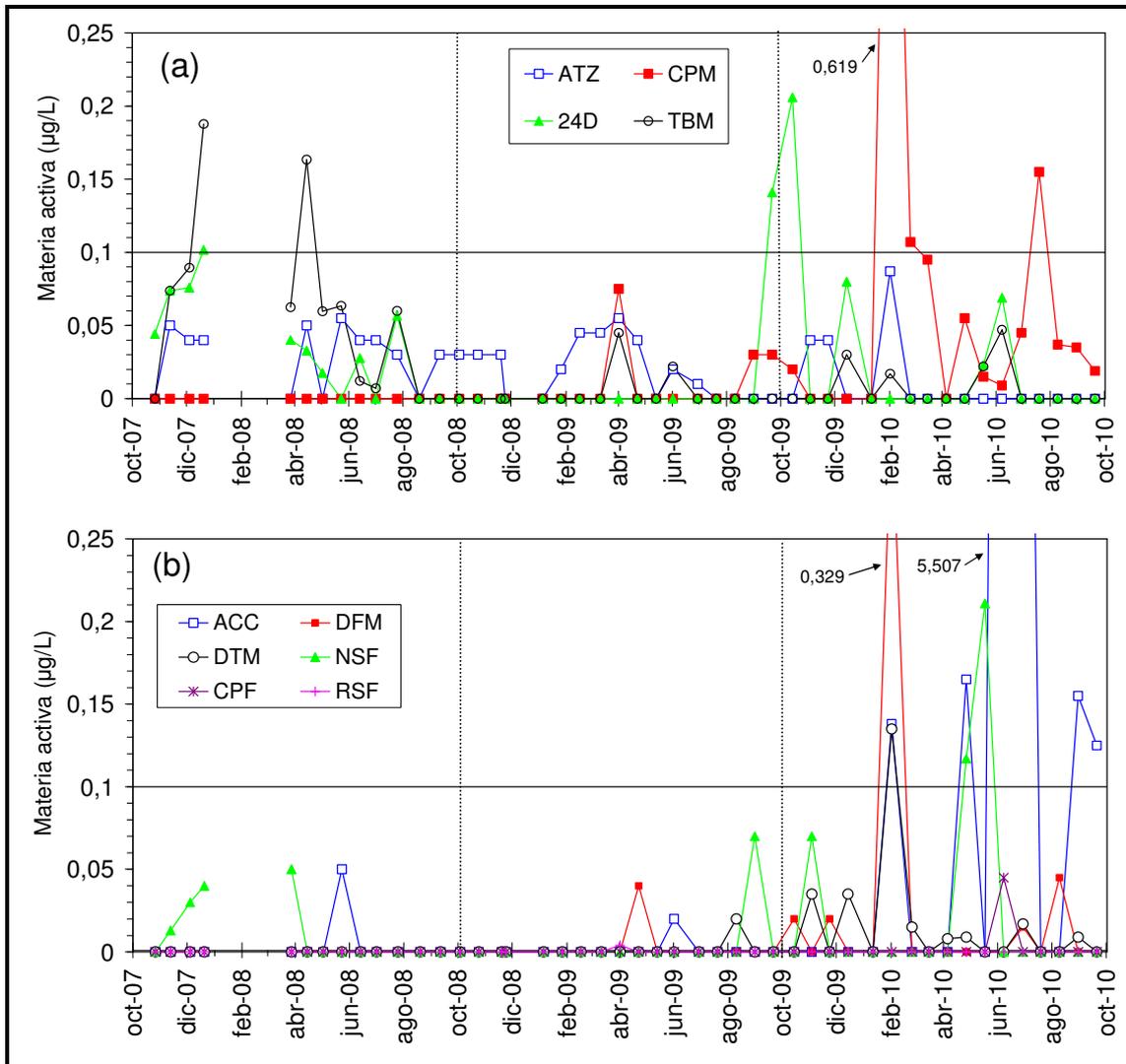


Figura 3. Evolución temporal de la concentración (a) de los plaguicidas más frecuentes y (b) de los plaguicidas detectados con menor frecuencia a lo largo del periodo de estudio.

Atendiendo a la lista de sustancias prioritarias y otros contaminantes (Anexo I del RD 60/2010) en la que se centra la RCP de la CHE se observa que ninguna de las tres sustancias del Anexo I analizadas en este trabajo superan los límites de media anual (MA) ni la concentración máxima admisible (CMA) para aguas continentales establecidos en las Normas de Calidad Ambiental (Tabla 5). Además se observa que en ninguno de los tres años estudiados se detecta alacloro y que el clorpirifós solo aparece en el 2010.

Tabla 5. Límites para la concentración media anual (MA) y máxima admisible (CMA) establecidos por las Normas de Calidad Ambiental (NCA) y valores detectados (media anual, M y concentración máxima, CM) en la zona regable de la Violada para los años de estudio.

Sustancia	NCA		2008		2009		2010	
	MA (µg/L)	CMA (µg/L)	M (µg/L)	CM (µg/L)	M (µg/L)	CM (µg/L)	M (µg/L)	CM (µg/L)
Alacloro	0,3	0,7	0	0	0	0	0	0
Atrazina	0,6	2	0,03	0,06	0,02	0,06	0,01	0,09
Clorpirifós	0,03	0,1	0	0	0	0	0,003	0,045

4- Conclusiones y Recomendaciones

Los métodos analíticos puestos a punto por la UCySA permiten determinar la mayoría de los plaguicidas considerados inicialmente de interés en la zona de Almudévar.

Las sustancias activas encontradas con mayor frecuencia fueron ATZ, TBM, CPM y 24D. La sustancia más frecuente es la ATZ a pesar de que su uso apenas se ha verificado en los tres años, lo que revela un posible lavado de ATZ acumulada de las aplicaciones de años anteriores. Con la puesta en riego por aspersión en 2010, el número de detecciones se ha incrementado notablemente apareciendo también concentraciones mayores que en los años de la transformación (2008 y 2009), de menor intensidad de cultivo. Esto, unido a la detección de plaguicidas en periodos no muestreados en la RCP indica el interés de realizar muestreos de mayor frecuencia.

Los resultados de las encuestas apuntan a un cambio en los plaguicidas empleados respecto a los considerados inicialmente. Estos datos sugieren la necesidad de desarrollar métodos de análisis para algunas de estas sustancias especialmente GTO y en menor medida MCPA y LCI. La complejidad detectada en los patrones de aplicación de plaguicidas y la rápida evolución de los productos empleados indican la conveniencia de un mayor número de encuestas para definir correctamente las aplicaciones de fitosanitarios.

5.- Agradecimientos

La Comunidad de Regantes de Almudévar ha facilitado la información sobre superficies de cultivo y ha colaborado en la realización de las encuestas. José Ángel Eseverri de la Cooperativa Virgen de la Corona de Almudévar y Rocío Barros del CITA han facilitado información sobre las prácticas de manejo de fitosanitarios. Este estudio ha sido financiado por el proyecto AGL 2006-11860/AGR del Plan Nacional de I+D+i.

6- Bibliografía

- Faci, J., Aragüés, R., Alberto, F., Quílez, D., Machín, J., Arrúe, J.L., 1985. Water and salt balance in an irrigated area of the Ebro River Basin (Spain). *Irrigation Science* 6(1): 29–37.
- Faci, J.M., Bensaci, A., Slatni, A., Playán, E., 2000. A case study for irrigation modernisation. I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records. *Agricultural Water Management* 42: 315–334.
- Isidoro, D., Quílez, D., Aragüés, R., 2004. Water balance and irrigation performance analysis: La Violada irrigation district (Spain) as a case study, *Agricultural Water Management* 64: 123-142.
- Isidoro, D., Quílez, D., Aragüés, R., 2006. Environmental impact of irrigation in La Violada district (Spain) II: Nitrogen fertilization and nitrate export patterns in drainage waters, *Journal of Environmental Quality* 35 (3): 776-785.
- Playán, E., Slatni, A., Castillo, R., Faci, J.M., 2000. A case study for irrigation modernisation. II. Scenario analysis. *Agricultural Water Management* 42: 335–354.
- Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas. BOE N° 19 de 22 de enero de 2011: 6854-6870.
- Torres, M., 1983. Balance hidrosalino de un polígono de riego en los Llanos de La Violada (Huesca). M.Sc. Thesis. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (CIHEAM-IAMZ), Zaragoza, p. 273.