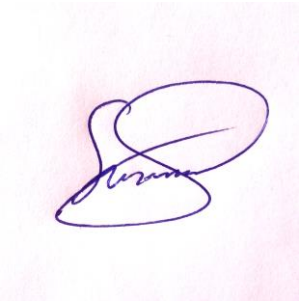
ANEJO 5: EFECTO DE LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO SOBRE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS

INFORME DE EVALUACIÓN DE CAUDALES DE RETORNO Y DESCARGA DE CONTAMINANTES DE LA COMUNIDAD DE REGANTES GRAÑÉN- FLUMEN ALMUNIENTE (HUESCA) TRAS LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO

27 Febrero 2023

Autora: Susana García Asín. Ingeniera Agrónoma



Contenido

1. Introducción 1
2. Características de la zona 2
3. Datos de partida 3
4. Consideraciones generales y aplicación del modelo 4
5. Preparación de la información 4
6. Aplicación del modelo a los balances generales 6
7. Punto muestreo y datos de referencia 7
8. Balance hidrológico y evaluación excedentes de riego antes y tras la modernización 10
9. Estimación relativa de nutrientes 17
10. Fitosanitarios 27
11. Conclusiones 28
12. Referencias 30

1. Introducción

En el presente informe se presentan los resultados de la evaluación de caudales y descarga de contaminantes en la zona regable de la Comunidad de Regantes Grañén-Flumen Almuniente (Huesca) en relación con el proyecto de modernización de regadío.

La evaluación las subcuencas de la zona a modernizar se ha apoyado en el modelo de software Soil and Water Assesment Tool (SWAT), en los aforos disponibles y en publicaciones sobre la contaminación en los retornos de agua de riego en la zona.

Los modelos son software basados en una serie de ecuaciones con la finalidad de simular la realidad. En este caso se ha utilizado Soil and Water Assessment Tool (SWAT), un modelo agro-hidrológico basado en numerosas ecuaciones que, en la mayoría de los aspectos, regulan el ciclo vital de un cultivo.

La fase de calibración es esencial en modelización porque permite asegurar la bondad de los datos, el ajuste entre los datos simulados y los reales. Es decir, hacen falta datos reales para realizar una modelización que simule unos datos ajustados a los reales.

En este caso no se disponen de datos de las subcuencas para poder calibrar, ni tampoco el detalle de toda la superficie implicada de perfiles edafológicos. Disponer de datos con el fin de comprobar el estado de las aguas respecto a compuestos contaminantes requiere hacer un planteamiento adecuado al objetivo que se quiere conseguir, requiere ajustar la toma de datos a lo que se quiere conocer.

Las concentraciones de los nutrientes disueltos en las aguas pueden variar en función del volumen de agua, disminuir si el volumen aumenta o concentrase si el volumen disminuye. La variabilidad del volumen de flujo está relacionada con el tipo de riego y el tipo de lluvia. Las proporciones de uso superficial, lateral o subterráneo pueden variar en función de la forma de aplicar el agua y por lo tanto la relación entre concentración y volumen también variará.

La frecuencia de las mediciones, el análisis de los datos y la localización de los puntos de control deben ser adecuados a esta circunstancia

Al no disponer datos apropiados observados del propio sitio de interés, el modelo y sus resultados resultan no calibrados y no se puede asegurar que los resultados del modelo sean próximos a la realidad; **no pueden ser, por tanto, tomados como ajustados a la realidad**.

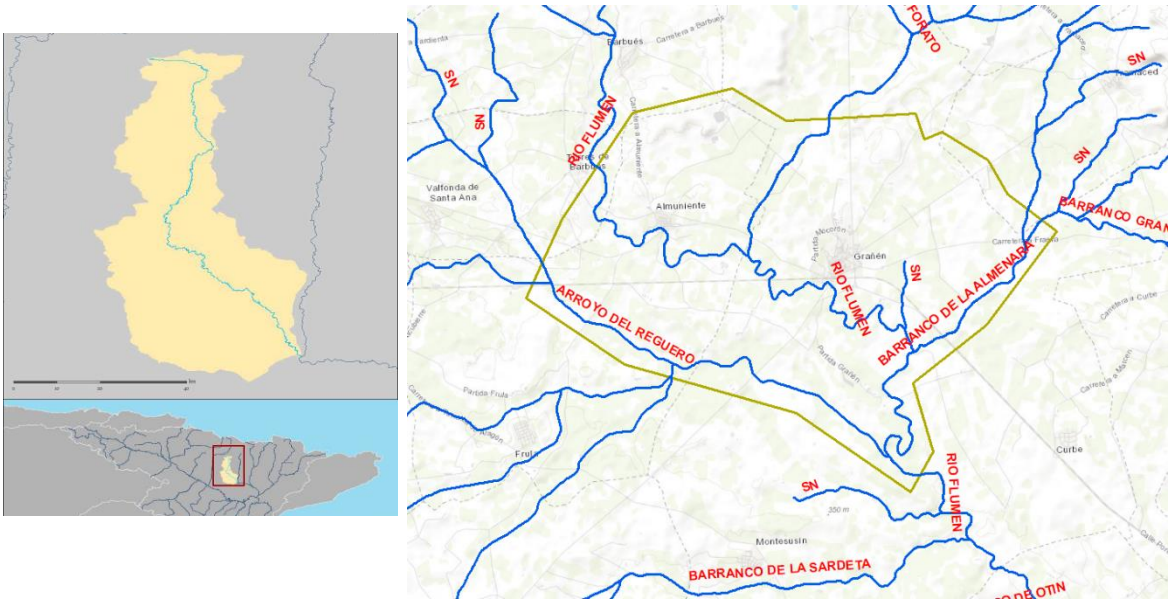
Las dosis de fertilización tenidas en cuenta se obtuvieron de las recomendaciones de abonado para la zona y las dosis de fitosanitarios utilizadas se han obtenido a partir de las recomendaciones de uso según los manuales de aplicación de algunos de los fitosanitarios más comunes en el mercado. Aunque si se ha encuestado a algún agricultor, **se trata, en cualquier caso, de información no contrastada ni verificada con un número de usuarios representativo.**

El objetivo técnico de este trabajo es comparar el antes y el después de la modernización del regadío en cuanto a **variaciones de caudales de retorno y excedentes de contaminantes en el suelo de manera relativa**

2. Características de la zona

El río Flumen es un afluente del río Alcanadre en la cuenca del Ebro. Por el tipo de cuenca y por la climatología general de la zona los caudales serían menores en verano y mayores en época de lluvias. La puesta en riego de grandes extensiones con agua procedente de otras dos cuencas, Cinca y Gállego, hace que los aportes de excesos del riego cambien el patrón amortiguando el llamado periodo de estiaje coincidente con el periodo de riego

La zona objeto de la modernización es atravesada por el río, y los retornos del riego son incorporados a este tanto por la margen derecha como por la margen izquierda a través de una ramificada red de cauces. Parte de la superficie tributaria de estos cauces se encuentra fuera de la Comunidad de Regantes Grañén-Flumen Almuniente.



.

Fig 1. Situación cuenca del río Flumen y localización zona a modernizar de la Comunidad de Regantes Grañen – Almuniente (límite línea verde)

El origen del agua de riego es el Canal del Cinca de manera que la masa de agua afectada por la extracción no coincide con la cuenca de los retornos (Flumen).

Pero no todo el volumen es extraído del canal, actualmente, parte de la superficie (550 ha) es regada con el agua trasportada por la acequia de Malpartir. Parte del origen del agua aplicada en estas parcelas es del Canal del Cinca y el restante se extrae del río Flumen.

Tras la modernización se anulará el servicio de la acequia, evitando la baja eficiencia de aplicación de agua de la misma y dejando de extraer agua del río Flumen

3. Datos de partida

Se parte de la siguiente información:

- Plano infraestructuras CHE

- GIS parcelario de la zona a modernizar (obtenido del proyecto)

- Cartografía. Se usó la cartografía procedente de vuelos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA-IGN) (MDS05 de paso de malla 5m).

- Serie climática de 10 años (2012-2022) estación HU11 GRAÑEN del SIAR

- Mapa de Suelos SIOSE. Podemos disponer del tipo de suelo pero no del perfil edafológico. Se ha configurado perfiles con perfiles tipo para esos tipos de suelo en la zona.

  Los modelos agro-hidrológicos son muy sensibles a las variables del suelo y por ello es fundamental, en este punto, aportar información lo más real y detallada posible. Al no disponer de información detallada, la subjetividad de la información puede arrojar resultados no realistas.

- Mapa de Usos de Suelo actual. Dentro del uso cultivos herbáceos se redistribuye los diferentes tipos de cultivos de manera aleatoria en función del % de superficie ocupada por cada uno de ellos según proyecto

  No hay información de la distribución de las parcelas tras modernización ni el uso y prácticas agrícolas que se llevarán a cabo en cada una de ellas. Se cuenta con información general de lo que está previsto hacer en la zona sin detalle a escala de campo o parcela, lo cual es imposible conocer con detalle porque es atribución de cada agricultor los usos a que se destinen sus fincas y los tratamientos que hagan una vez modernizado el sistema de regadío. En el modelo, la distribución de tipos de cultivo tras la modernización ha sido realizada al azar, cosa que puede provocar alteración en los resultados, en caso de que haya grandes diferencias en la distribución de usos con respecto a lo propuesto en la modelización.

- Labores agrícolas cuantificadas y definidas en el tiempo:

  - ✓ Plantación, siembra, mantenimiento y cosecha, según experiencia zona
  - ✓ Abonado. Las cantidades son diferentes según cultivo según recomendaciones abonado
  - ✓ Riego: aplicación de las cantidades de Necesidades Brutas de Riego obtenidas en el estudio agronómico del proyecto

- Volúmenes agua, % de superficie y necesidades hídricas antes y después de la modernización según proyecto. Volúmenes totales de agua consumida

- Datos de referencia de caudales y concentraciones de nutrientes. Se disponen datos de referencia del colector C6 en Grañén (Farida Dechmi1 et al. 2013) y los datos del punto de aforo en el río Flumen en Barbués (punto 1288 CHE) .

4. Consideraciones generales y aplicación del modelo

La utilización de modelos (modelización) para la estimación de variables ambientales es útil para la generalización de patrones y atribución de relaciones causa-efecto. Si bien si no se dispone de los datos de entrada apropiados y no pasa por un proceso de calibración, los resultados no pueden tomarse como datos afines a la realidad, no se trata de datos absolutos

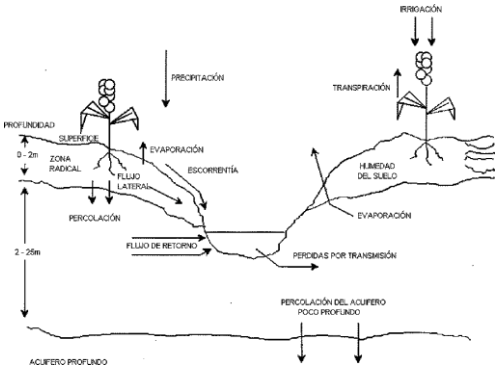


Fig. 2. Representación esquemática del ciclo hidrológico conceptual de SWAT (las cifras son orientativas)

El artículo de Sorando et al. (2019), que se refiere a la aplicación del modelo SWAT a la cuenca del rio Flumen (cuenca donde se ubica la zona de la Comunidad de Regantes Grañén-Alumniente) es referencia de la aplicación de SWAT a zona agrícolas similares. Debe decirse que, para cada zona o subzona, y para cada objetivo concreto, debe realizarse la modelización separadamente no siendo extrapolables los resultados absolutos.

5. Preparación de la información

Para la evaluación objetivo, se ha tratado y preparado la información de partida de manera que sea útil a la hora de modelizar y de extraer conclusiones. A continuación, describimos el tratamiento de la información realizado.

- **Delimitación de subcuencas en base al MDT y cursos de agua con SWAT**

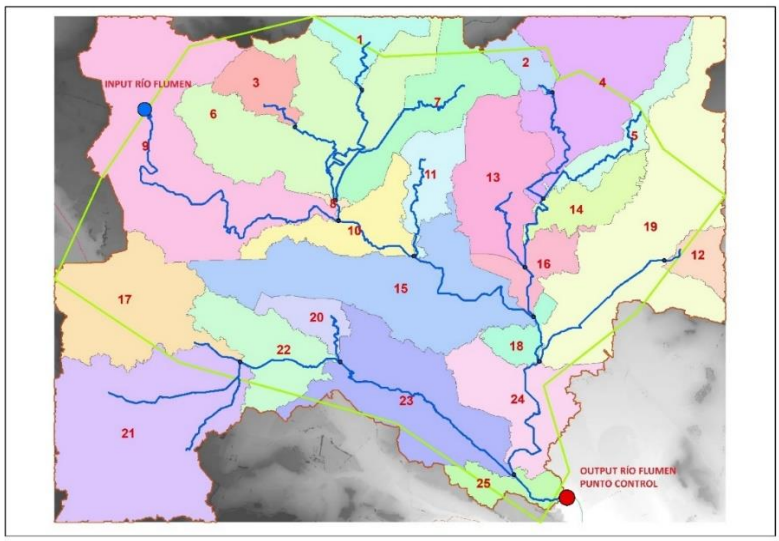


Fig. 3. Delimitación del área de estudio en subcuencas y red de drenaje, a partir del MDT.

Tras el tratamiento de la información con SWAT obtenemos 25 subcuencas (Fig 3). Parte de ellas se encuentran fuera de la superficie a modernizar y pertenecen a otras Comunidades de Regantes. Esto dificulta la obtención de información y también es complejo calcular qué parte de los retornos pertenecen a la zona a modernizar.

- **Asignación de usos de suelo y cultivos al mapa parcelario de la zona a modernizar y alrededores.**

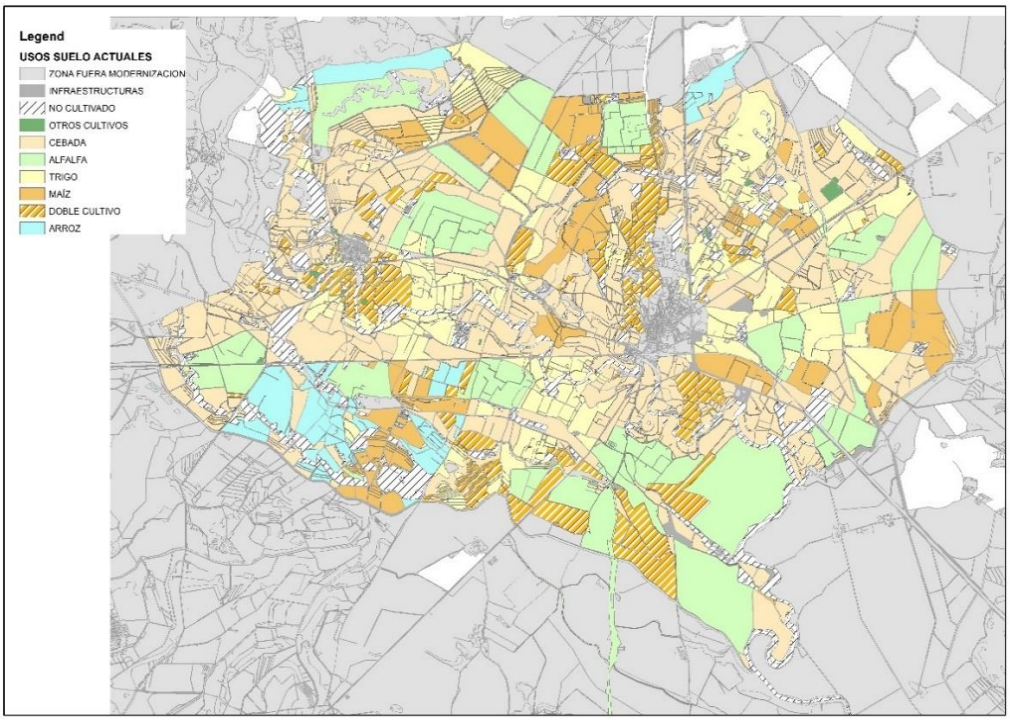


Fig 4. Mapa de usos utilizado destacando el uso agrícola objeto de modernización de riego y otros usos.

Reelaboración de los usos agrícolas de la tabla de atributos del plano parcelario Únicamente se han asignado labores agrícolas a la superficie de cultivos dentro de la zona a modernizar. El resto de los usos se han mantenido fijos para no alterar la comparación de los resultados de las modelizaciones de antes y después de la modernización del regadío.

Distribución aleatoria de cultivos. Debido a la imposibilidad de asignación de cultivos por parcela y año y a la rotación de éstos, se ha procedido a distribuir aleatoriamente los cultivos por la zona de estudio, pero manteniendo las superficies totales actuales y previstas tras la modernización de regadíos

- **Desglose del año hidrológico (AH) en estación de riego (ER) y estación de no riego (ENR).**

Los datos de aforos de referencia y los datos de aplicación del riego y de sustancias fertilizantes y fitosanitarios se han desglosado en medias anuales totales para el año hidrológico AH, medias anuales en la estación de riego ER y medias anuales en la estación de no riego ENR

AH : de octubre a septiembre
ER : de abril a septiembre

ENR: de octubre a marzo

6. Aplicación del modelo a los balances generales

Los resultados generales del modelo muestran, en el balance general para un ciclo hidrológico un porcentaje elevado de agua que fluye sub-superficialmente por el suelo y drenajes (flujo lateral) hasta alcanzar el río en un ciclo hidrológico caracterizado por la elevada evapotranspiración ,la escasa escorrentía superficial y la disponibilidad de agua proveniente de otras cuencas que equilibran el balance.

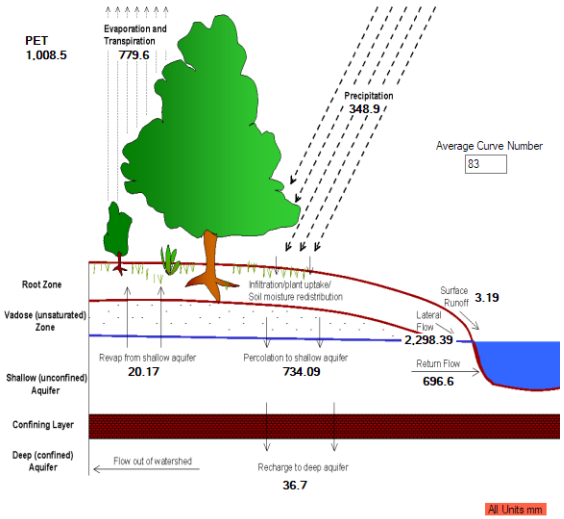


Fig 5. Representación del ciclo hidrológico y del balance hídrico general en la zona de estudio (SITUACIÓN ACTUAL).

Los retornos de caudal sufren variaciones en función de los periodos de lluvia y riego y de forma general se observa el patrón mostrado en la Fig 6

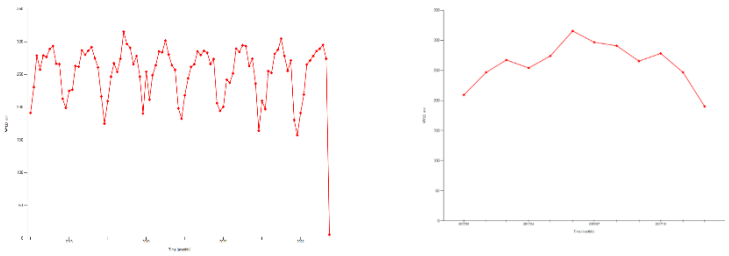


Fig 6. Patrones de retorno de caudal periodo total simulación y ampliación a un año ejemplo

En cuanto al ciclo del Nitrógeno la mayor parte de lo que se aporta por abonado es consumido por la planta. Las pérdidas de nutrientes por disolución y arrastre por el excedente de riego están habitualmente en torno al 20-25% en zonas agrícolas intensivas.

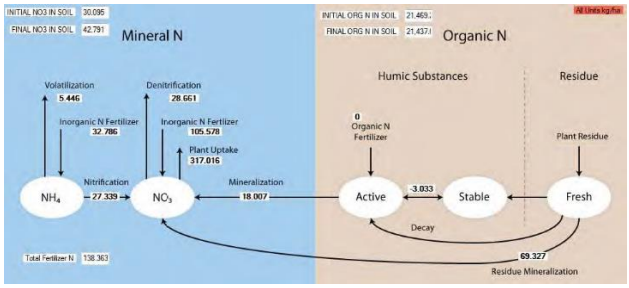


Fig. 7. Ciclo del nitrógeno en la zona. Datos orientativos

7. Punto muestreo y datos de referencia.

Existen dos puntos de aforo que pueden ser útiles como referencia para la evaluación de caudales de retorno y nutrientes

- Colector C6 en Grañén. Localizado en uno de los colectores de la zona de riego a modernizar y propuesto como punto de control

- AFORO FLUMEN-BARBUÉS. PUNTO 1288. Confederación Hidrográfica del Ebro. Localizado aguas arriba de la zona de proyecto

En todo caso, la frecuencia de toma de datos químicos no es la adecuada para las calibraciones y observación de la variabilidad. Trabajaremos para la evaluación con valores medios a modo de simplificación.

COLECTOR C6 GRAÑEN

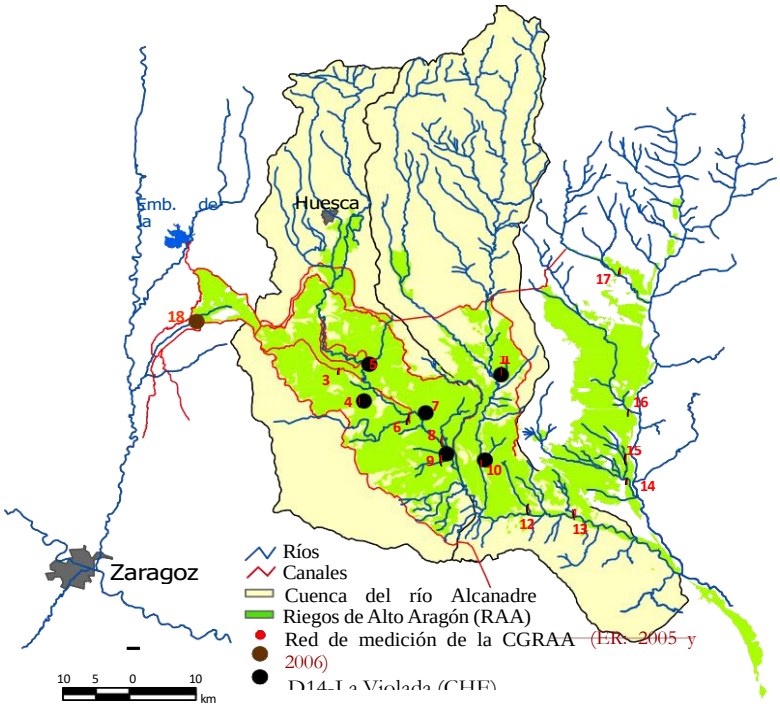


Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca del río Alcanadre.

	P5 en mapa fig 12
Colector	C6 GRAÑÉN
Año hidrológico de inicio del muestreo	2008
Caudal medio (l/s) Caudal máximo (l/s) Caudal mínimo (l/s)	89,1 491,7 36,4

Tabla 1: datos colector C6. Fuente: Farida Dechmi1 et al. 2013)

		Media (mg/l)					Máximo (mg/l)				
		2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
C6	**AH**	13,3	9,7	11,3	12,2	12,8	43,9	18,1	42,1	40,9	42,0
	ER	7,0	7,4	8,5	9,5	11,8	14,9	12,7	42,1	40,9	42,0
	ENR	21,8	11,6	13,7	14,8	13,9	43,9	18,1	20,7	28,2	20,9

Tabla 2. Valores medios y máximos de la concentración de nitrato (mg/l) en el año hidrológico (AH: octubre a septiembre), la estación de riego (ER: abril a septiembre) y la estación de no riego (ENR: octubre a marzo) medidos durante los años 2008-2012 en P5. (Farida Dechmi1 et al. 2013)

		Media (mg/l)					Máximo (mg/l)				
		2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
C6	**AH**	0,050	0,040	0,060	0,035	0,028	0,090	0,120	0,226	0,103	0,080
	ER	0,057	0,070	0,044	0,054	0,040	0,091	0,120	0,145	0,103	0,080
	ENR	0,034	0,029	0,064	0,016	0,024	0,078	0,038	0,226	0,028	0,043

Tabla 3. Valores medios y máximos de la concentración de fósforo total (mg/l) en el año hidrológico (AH: o5tubre a septiembre), la estación de riego (ER: abril a septiembre) y la estación de no riego (ENR: octubre a marzo) medidos durante los años 2008-2012 en P5 (Farida Dechmi1 et al. 2013)

AFORO CHE RÍO FLUMEN -BARBUÉS

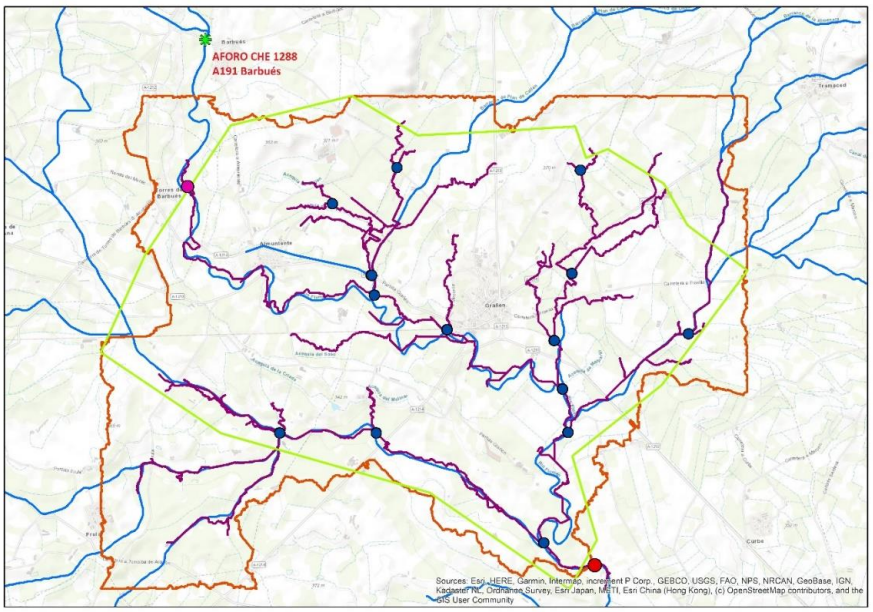


Fig 9: Localización aforo Fllumen – Barbués punto 1288 CHE

Mes	Nitratos (mg/L NO3)	Mes	Fósforo Total (mg/L P)	
Octubre 2012	24.3	Octubre 2012	0.42	ENR
Enero 2013	10.2	Enero 2013	0.15	ENR
Octubre 2013	22.8	Octubre 2013	0.19	ENR
Enero 2014		Enero 2014	0	ENR
Octubre 2014	29.6	Octubre 2014	0.35	ENR
Enero 2015	10.4	Enero 2015	0.08	ENR
Octubre 2015	17.7	Octubre 2015	0.39	ENR
Enero 2016	23.8	Enero 2016	0.14	ENR
Octubre 2016	16.2	Octubre 2016	0.07	ENR
Enero 2017	23.8	Enero 2017	0	ENR
Octubre 2017	22.7	Octubre 2017	0.11	ENR
Enero 2018	15.1	Enero 2018	0.16	ENR
Mayo 2013	8.6	Mayo 2013	0.26	ER
Abril 2014	9.6	Abril 2014	0.31	ER
Abril 2015	15.4	Abril 2015	0.09	ER
Julio 2015	7.4	Julio 2015	0.15	ER
Abril 2016	23.5	Abril 2016	0.08	ER
Agosto 2017	9.4	Agosto 2017	0	ER
Abril 2018	9.7	Abril 2018	0	ER
Septiembre 2018	10.9	Septiembre 2018	0.05	ER

Tabla 4. Concentración Nitratos y Fosforo medios mensuales según DATOS AFORO FLUMEN-BARBUÉS. PUNTO 1288. Confederación Hidrográfica del Ebro(2012-2022)

	Q rio BARBUES
Enero	1,62
Febrero	2,05
Marzo	2,36
Abril	2,7
Mayo	2,21
Junio	1,7
Julio	0,91
Agosto	0,84
Septiembre	1,36
Octubre	1,35
Noviembre	1,27
Diciembre	1,37

Tabla 5. Caudales medios mensuales según DATOS AFORO FLUMEN-BARBUÉS. PUNTO 1288. Confederación Hidrográfica del Ebro. (2012-2022)

8. Balance hidrológico y evaluación excedentes de riego antes y tras la modernización

Para la realización del balance tomamos como datos de uso del agua actuales y tras la modernización resultantes del estudio agronómico del proyecto (Tabla 6 y Tabla 7)

agronomico actualidad zona
GENERAL

NHn (mm)	Año mm	Sup	Total m3
Alfalfa	**716**	**594,85**	4259126
Arroz	**850**	**121,55**	1033175
Cebada	**310**	**1219,9**	3781690
Maíz grano	**580**	**285,6**	1656480
Doble cultivo	**567**	**266,05**	1508503,5
Trigo	**372**	**351,05**	1305906
no cultivado	**0**		0
Otros cultivos	**947**	**150**	1420500
	Superficie cultivada	**2989**	
		Total m3 netos	14965380,5
		Brutos efi 60%	24942301
		m3/ha RRAA	**8345**

agronomico actualidad xona
ACEQUIA MALPARTIR

NHn (mm)	Año mm	Sup	Total m3
Alfalfa	**716**	**105,15**	752874
Arroz	**850**	**21,45**	182325
Cebada	**310**	**215,1**	666810
Maíz grano	**580**	**50,4**	292320
Doble cultivo	**567**	**46,95**	266206,5
Trigo	**372**	**81,1**	301692
no cultivado	**0**	**0**	0
Otros cultivos	**947**	**29,85**	282679,5
	Superficie cultivada	**550**	
		Total m3 acequia	2744907
		Brutos efi 50%	5489814
		m3/ha MALPARTIT	**9981**

Volumen total ACTUALIDAD m3	**30.432.115**

Tabla 6. Volúmenes agua situación actual.

agronomico MODERNIZACION

NHn (mm)	Año mm brutos	Sup	Total m3
Alfalfa	**963**	**885**	**8522550**
Arroz	**1308**	**0**	**0**
Cebada	**412**	**142**	**585040**
Maíz grano	**782**	**1062**	**8304840**
Doble cultivo	**751**	**1415**	**10626650**
Trigo	**491**	**35**	**171850**
Otros cultivos	**1265**	**0**	**0**
	Superficie cultivada	**3539**	
		Total m3 brutos	28194978
		m3/ha RRAA	**7968**

Volumen total MODERNIZACIÓN m3	**28.194.978**

Tabla 7. Volúmenes agua tras la modernización.

Con la modernización del regadío se busca mejorar las eficiencias de aprovechamiento del agua y de esta manera poder sustituir cultivos de cereal por otros más productivos como la alfalfa y el maíz y la realización de dobles cosechas. Estos cultivos requieren más agua para su producción. Este aumento de necesidades se intenta compensar con el aumento de la eficiencia. Dada la baja eficiencia de riego de la zona, el aumento de esta al modernizar se consigue pasar de una extracción para riego de 30, 4 hm3 a 28,2 hm3.

Ahora bien, el aumento de eficiencia conlleva una disminución de los caudales de retorno. Teniendo en cuenta los ratios del balance hídrico extraídos de la modelización y las eficiencias de aplicación del riego y basándonos en los volúmenes consumidos y los repartos de superficie por cultivo, se estima **una disminución del volumen anual de retorno del - 35% (-31% para la ER y -43% para la ENR**) (Tabla 12). Al concentrarse la mayor superficie en cultivos de verano la disminución de volumen de retorno en la estación de no riego es más acuciada.

Teniendo en cuenta que el caudal del Flumen se mantiene en gran parte gracias a los caudales de retorno en épocas de estiaje climático, reducir estos considerablemente podría generar impacto.

Tras la modernización, se dejará de extraer caudal del Flumen para alimentar la acequia de Malpartir, por lo que se verá compensado la disminución del caudal de retorno. Y la superficie que era regada con origen Flumen pasa a ser regada desde el Canal del Cinca. Al mejorar la eficiencia esta superficie añadida al canal, no supone un aumento de volumen extraído significativo.

La superficie de Malpartir, se riega con una dotación de 500 m3/h proveniente del canal y el resto, provenientes del Flumen. En la tabla 8 se evalúa de forma global el uso de los volúmenes de agua

SITUACIÓN	ZONAS	SUP. (ha)	VOL. RIEGO FINAL (m3)	DOT. RIEGO BRUTO (m3/ha)
MODERNIZACION	TOTAL ZONA RAA CANAL	3.539	28.194.978	7.968
	Acequia Malpartir Flumen (ha)	0		
	TOTAL DETRACCIONES AGUA RIEGO (m3)		**28.194.978**	
ACTUAL	Canal Cinca RAA (ha)	2.989	24.942.301	8.345
	Acequia Malpartir RAA (ha)	550	3.025.000	5.500
	TOTAL ZONA RAA CANAL		27.967.301	
	Acequia Malpartir Flumen (ha)	550	2.464.814	4.481
	TOTAL DETRACCIONES AGUA RIEGO (m3)		**30.432.115**	

Incremento extracción RRAA	0,81%	**No significativo**
Decremento retornos riego	-47,50%	**Significativo compensado con la no extracción de la acequia**
Reducción consumo agua GLOBAL (m3/año)	-2.237.137	
Reducción consumo agua GLOBAL (%)	-8,00%	**Significativo**

Tabla 8. Volúmenes agua tras la modernización.

Se ha analizado los caudales del río según aforo Barbués de referencia (medias mensuales), los caudales derivados a la acequia de Malpartir y la estimación de caudales de retorno (lluvia + riego) según balance y se confirma que, tras la modernización, no se verán afectados los caudales del Flumen de manera significativa (Fig 10)

	ACTUALIDAD					MODERNIZACIÓN			
	Q rio BARBUES	Extraccion Acequia	Retorno	Q final		Q rio BARBUES	Extraccion Acequia	Retorno	Q final
Enero	1,62	0,02	0,152	1,752	Enero	1,62	0	0,081	1,701
Febrero	2,05	0,03	0,230	2,250	Febrero	2,05	0	0,119	2,169
Marzo	2,36	0,09	0,419	2,689	Marzo	2,36	0	0,203	2,563
Abril	2,7	0,149	0,643	3,194	Abril	2,7	0	0,325	3,025
Mayo	2,21	0,198	0,734	2,746	Mayo	2,21	0	0,361	2,571
Junio	1,7	0,139	0,539	2,100	Junio	1,7	0	0,325	2,025
Julio	0,91	0,149	0,529	1,290	Julio	0,91	0	0,450	1,360
Agosto	0,84	0,145	0,523	1,218	Agosto	0,84	0	0,541	1,381
Septiembre	1,36	0,07	0,343	1,633	Septiembre	1,36	0	0,363	1,723
Octubre	1,35	0,05	0,181	1,481	Octubre	1,35	0	0,131	1,481
Noviembre	1,27	0,014	0,130	1,386	Noviembre	1,27	0	0,090	1,360
Diciembre	1,37	0,011	0,107	1,466	Diciembre	1,37	0	0,071	1,441

Tabla 9. Caudales río Flumen (m3/s) actualidad y tras modernización.

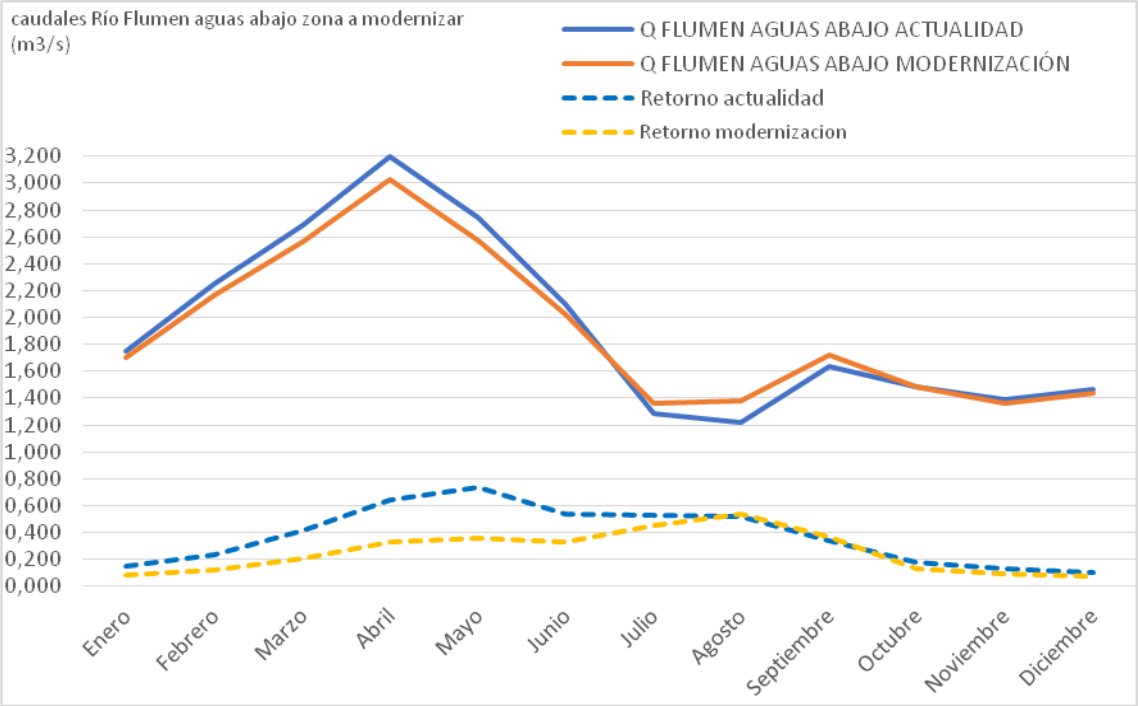


Fig. 10. Caudales río Flumen (m3/s) actualidad y tras modernización

Las tablas 10, 11 y 12 muestra el balance para la obtención de caudales de retorno agrupados en año hidrológico, estación riego y estación no riego.

actualidad																									
RRAA																ACEQUIA MALPARTIR									
sup (ha)	Precipitacion AH	Precipitacion ER	Precipitación ENR	mm RIEGO AH	mm RIEGO ER	mm RIEGO ENR	m3 PRECIPIT AH	m3 PRECIPIT ER	m3 PRECIPIT ENR	m3 RIEGO AH	m3 RIEGO ER	m3 RIEGO ENR	m3 INPUT AH	m3 INPUT ER	m3 INPUT ENR	sup (ha)	m3 RIEGO AH	m3 RIEGO ER	m3 RIEGO ENR	m3 RIEGO AH	m3 RIEGO ER	m3 RIEGO ENR	m3 INPUT AH	m3 INPUT ER	m3 INPUT ENR
595	350	168	182	1194	1194	0	2081975	999348	1082627	7101517,583	7101517,583	0	9183492,583	8100865,583	1082627	105	368025	176652	191373	1506378,9	1506378,9	0	1874403,9	1683030,9	191373
122	350	168	182	1417	1417	0	425425	204204	221221	1722363,5	1722363,5	0	2147788,5	1926567,5	221221	21	75075	36036	39039	364735,8	364735,8	0	439810,8	400771,8	39039
1220	350	168	182	518	311	198,25	4269650	2049432	2220218	6317048,833	3792872	2418451,75	1058668,83	5842304,417	4638669,75	215	752850	361368	391482	1336631,4	802538,1	534093,3	2089481,4	1163906,1	925575,3
286	350	168	182	966	966	0	999600	479808	519792	2759848	2759848	0	3759448	3239656	519792	50	176400	84672	91728	584438,4	584438,4	0	760838,4	669110,4	91728
266	350	168	182	946	722	214,25	931175	446964	484211	2516167,875	1919550,75	570012,125	3447342,875	2366514,75	1054223,125	47	164325	78876	85449	532835,55	406493,1	126342,45	697160,55	485369,1	211791,45
351	350	168	182	620	414	197,1666667	1228675	589764	638911	2175339,833	1452761,917	692153,5833	3404014,833	2042525,917	1331064,583	81	283850	136248	147602	603059,6	402742,6	200317	886909,6	538990,6	347919
150	350	168	182	1581	1316	0	525000	252000	273000	2370875	1974375	0	2895875	2226375	273000	30	104475	50148	54327	566164,95	471480,75	0	670639,95	521628,75	54327
TOTAL										24963160,63	20723289,17	3680617,458	35424660,63	25744809,17	9.120.597,46		5494244,6	4538807,65	860752,75	7419244,6	5462807,65	1861752,75			
M3 RETORNO													10627398,19	7723442,75	2736179,238					1854811,15	1365701,913	465438,1875			

	RRAA + ACEQUIA MALPARTIR		
	AH	ER	ENR
Total EXTRACCIONES RIEGO	**30.457.405**	25.262.097	4.541.370
Total INPUT	42.843.905	31.207.617	10.982.350
M3 RETORNO	**12.482.209**	**9.089.145**	**3.201.617**
Q continuo medio	**395,8**	**576,4**	**203,0**

Tabla 10 . Balance caudales de retorno ACTUALIDAD

modernizacion									
RRAA CANAL									
sup (ha)	m3 PRECIPIT AH	m3 PRECIPIT ER	m3 PRECIPIT ENR	m3 RIEGO ENR	m3 RIEGO ER	m3 RIEGO ENR	m3 INPUT AH	m3 INPUT ER	m3 INPUT ENR
885	3097500	1486800	1610700	8522550	8522550	0	11620050	10009350	1610700
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	497000	238560	258440	585040	353580	231460	1082040	592140	489900
1062	3717000	1784160	1932840	8304840	8304840	0	12021840	10089000	1932840
1415	4952500	2377200	2575300	10626650	8164550	2462100	15579150	10541750	5037400
35	122500	58800	63700	171850	116200	55650	294350	175000	119350
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				TOTAL	28210930	25461720	2749210	40597430	31407240	9190190
				M3 RETORNO				8119486	6281448	1838038

	RRAA + ACEQUIA MALPARTIR		
	AH	ER	ENR
Total EXTRACCIONES RIEGO	28.210.930	25.461.720	2.749.210
Total INPUT	40.597.430	31.407.240	9.190.190
M3 RETORNO	8.119.486	**6.281.448**	**1.838.038**
Q continuo medio	257,5	**398,4**	**116,6**

Tabla 11. Balance caudales de retorno MODERNIZACIÓN

	AH	ER	ENR
Variación Retornos	**- 4.362.723**	**- 2.807.697**	**- 1.363.579**
%	**-35%**	**-31%**	**-43%**

Tabla 12. Variación de volúmenes de retorno tras la MODERNIZACIÓN

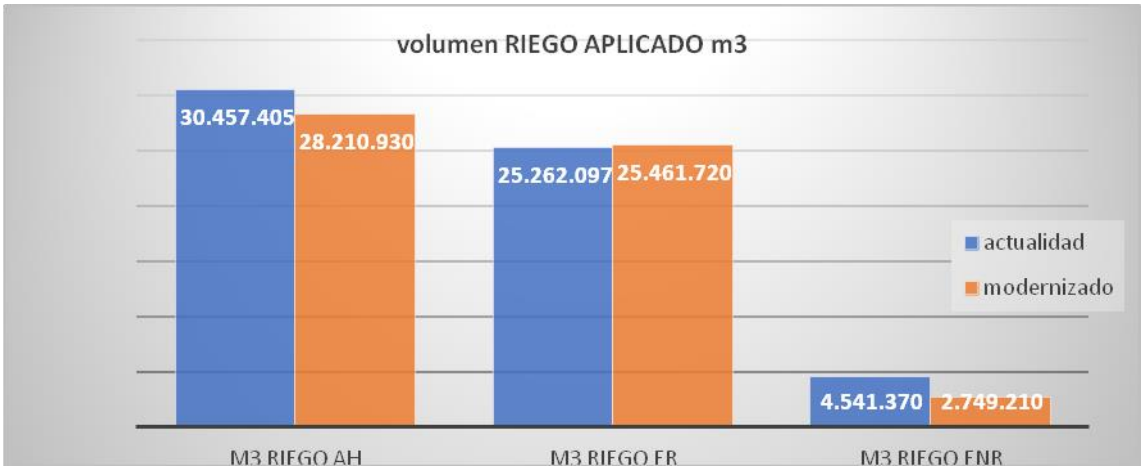


Fig. 11 Volumen anual de riego aplicado

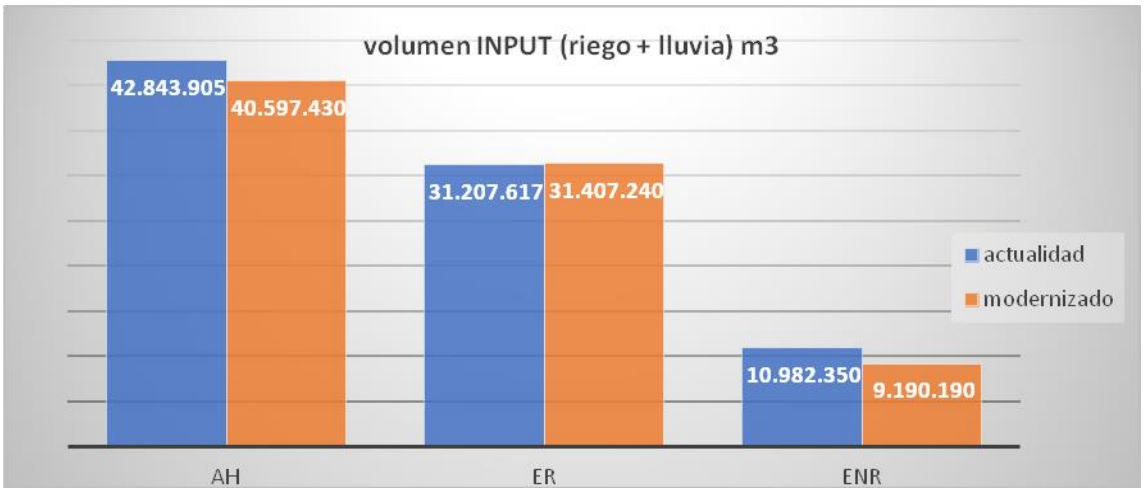


Fig. 12 Volumen anual input (riego + lluvia)

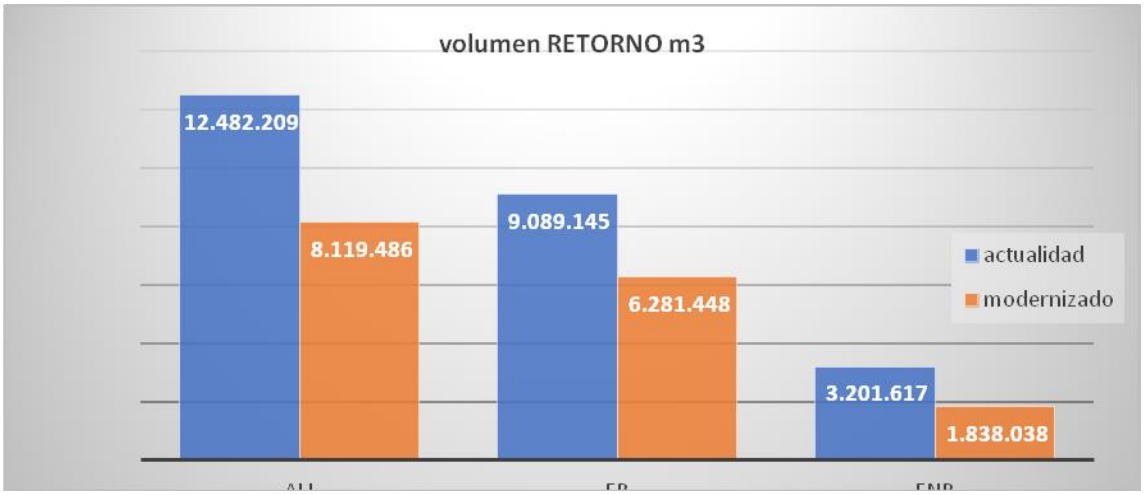


Fig. 13 Volumen anual de retorno

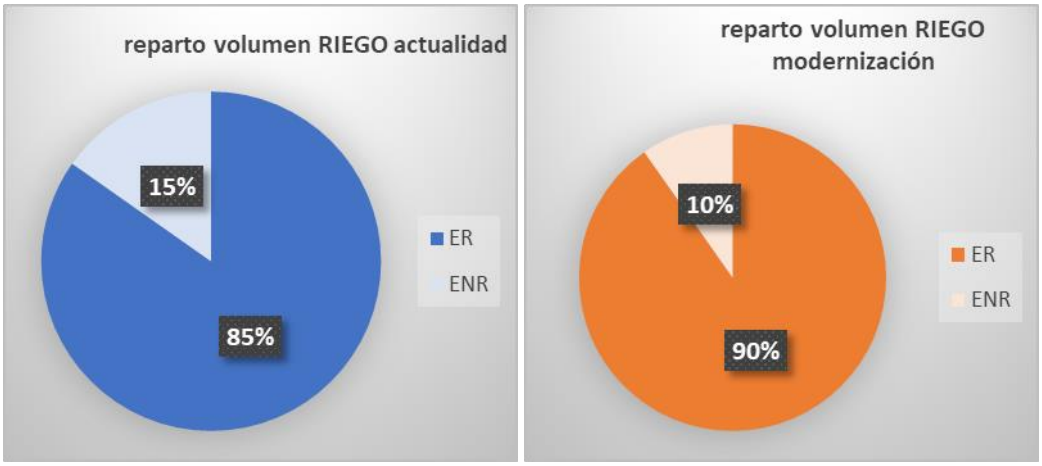


Fig. 14 Cambio de patrón de consumo de agua en el año

Estas estimaciones muestran que **hay reducción en la cantidad de agua exportada en los retornos de riego después de la modernización** del regadío, **la mayor eficiencia de aplicación del riego por aspersión hace que mayor parte del agua aplicada sea destinada a la evapotranspiración y no retornada al curso del río**.

Cambia el patrón de uso del agua, aumentando el consumo en verano (fig 14). Al mejorar la eficiencia, el aumento no es muy acuciado. Se aumenta la superficie cultivada en verano y los cultivos son mas exigentes en cuanto a necesidades netas. Pero al aumentar la eficiencia esto solo se traduce en pasar del 85 % de consumo en ER en la actualidad al 90% en el cosumo en ER de agua bruta tras la mdoernización

9. Estimación relativa de nutrientes

NITRATOS

Los datos obtenidos con el software SWAT no son ajustados a la realidad debido a la incertidumbre de datos de los datos y por la falta de calibración, por lo que se determina evaluar los nutrientes con la siguiente metodología.

<u>Balance de N excedente en el suelo. Variación porcentual entre el antes y después de la modernización (Tabla 8)</u>

Obtenemos los Kg de N aplicados a través de la fertilización. Datos de abonado según recomendación para la zona revisados con encuesta a los regantes

Aplicamos el Coeficiente de Eficiencia del Uso del Nitrógeno NUE (67 %) y otros ratios para ajustar la parte de N input en el suelo que es por fertilizantes químicos y convertidos en

NO3 que se obtienen de los definidos en el “Balance del Nitrógeno den la Agricultura Española (Años 1990-2019) del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Junio 2021 para obtener el N total excedente en el suelo.

Este balance se realiza para la situación actual y para la situación tras la modernización con el objeto de establecer un porcentaje de variación del balance de N excedente en el suelo.

Aunque el coeficiente de eficiencia o el ratio de N que puede ser por fertilizantes químicos y convertidos en nitratos solubles en el balance no estén calibrados y sean tomados de bibliografía, si adoptamos los mismos para el antes y el después de la modernización, la variación será proporcional.

Cálculo de concentración de NO3 global de la zona

Tomando los valores de referencia del colector C6, calculamos los valores deNO3(mg/l) y caudal de retorno para este colector después de la modernización (Tabla 17) aplicando los aumentos de N en el suelo procedente de la fertilización y las variaciones de caudal obtenidos en el balance de agua

Los datos de referencia se interpretan como datos de la situación actual.

Estas concentraciones se asumen como dato global para toda la zona de estudio en los caudales de retorno. Si bien sabemos que en las 25 subcuencas variará, ante la falta de detalle de los datos de entrada y de otros datos de referencia aceptamos la simplificación.

Efecto en el río del aporte de retorno

Finalmente apoyándonos como referencia en los datos del aforo del río Flumen en Barbués localizado justo aguas arriba de la zona a modernizar calculamos el caudal total del río y la concentración de los nutrientes una vez recibido el retorno, tanto para el supuesto de caudales y concentraciones actuales como los obtenidos para después de la modernización . De esta manera podemos comparar finalmente **el efecto en el río del aporte actual y el que se producirá tras la modernización** (Tabla 18)

Los datos se han calculado para el año hidrológico (AH) , y desglosado en Estación de Riego (ER) y Estación de NO Riego (ENR)

ESTADO ACTUAL							
cultivo	**ha**	**kg N AH /ha**	**kg AH**	**kg N ER /ha**	**kg N ER**	**kg ENR /ha**	**kg N ENR**
alfalfa	701	25	17525	25	17525		0
cebada	1189	160	190240	0	0	160	190240
trigo	413	160	66080	0	0	160	66080
maiz	366	280	102480	280	102480	0	0
doble cultivo	313	300	93900	150	46950	150	46950
otros	312	200	62400	200	62400	0	0
nc	245	0	0	0	0	0	0
total entrada fertilizante	**3539**		**532625**		**229355**		**303270**

		AH	ER	ENR
total entrada fertilizante		532625	229355	303270
Otros	9	31851	15925,5	15925,5
Fijación atmosf	8	28312	14156	14156
Mineralización	16	56624	28312	28312
Total entradas		**649412**	**287748,5**	**361663,5**
Retirada cosechas NUE 2	70	372837,5	160548,5	212289
Volatilizacion	15	53085	**26542,5**	**26542,5**
Destinitrifiación	30	106170	**53085**	**53085**
Total salidas		**532092,5**	**240176**	**291916,5**
Balance		**117319,5**	**47572,5**	**69747**
exceso N suelo kg/ha		**33,15**	**13,44**	**19,71**

Tabla 13: Balance Nitrógeno en el suelo estado actual

TRAS LA MODERNIZACIÓN							
cultivo	**ha**	**kg N AH /ha**	**kg AH**	**kg N ER /ha**	**kg N ER**	**kg ENR /ha**	**kg N ENR**
alfalfa	885	25	22125	25	22125		0
cebada	142	160	22720	0	0	160	22720
trigo	35	160	5600	0	0	160	5600
maiz	1062	280	297360	280	297360	0	0
doble cultivo	1415	300	424500	150	212250	150	212250
otros	0	0	0	200	0	0	0
nc	0	0	0	0	0	0	0
total entrada fertilizante	**3539**		**772305**		**531735**		**240570**

		AH	ER	ENR
total entrada fertilizante		772305	531735	240570
Otros	9	31851	15925,5	15925,5
Fijación atmosf	8	28312	14156	14156
Mineralización	16	56624	28312	28312
Total entradas		**889092**	**590128,5**	**298963,5**
Retirada cosechas NUE 2	70	556059,6	382849,2	173210,4
Volatilizacion	15	53085	**26542,5**	**26542,5**
Destinitrifiación	30	106170	**53085**	**53085**
Total salidas		715314,6	**462476,7**	**252837,9**
Balance		**173777,4**	**127651,8**	**46125,6**
exceso N suelo kg/ha		**49,10**	**36,07**	**13,03**

Tabla 14: Balance Nitrógeno en el suelo modernización

	AH	ER	ENR
Dif	56.457,90	80.079,30	(23.621,40)
%	**48%**	**168%**	**-34%**

Tabla 15: Variación exceso N suelo tras modernización

La cantidad de N en los suelos se ve aumentada de manera global en 48% (un 168% en la estación de riego y una disminución del 34 % en la estación de no riego)

AUMENTO exceso en suelo AH	48%
AUMENTO exceso en suelo ER	168%
AUMENTO exceso en suelo ENR	-34%
CORRECCIÓN VOLUMENES	-35%
CORRECCION VOLUMEN ER	-31%
CORRECCIÓN VOLUMEN ENR	-43%

Tabla 16. Variaciones de caudales de retorno y variaciones de N en suelo tras la modernización.

Los datos de referencia medidos en el colector C6 son tomados como concentración global para el resto de los colectores y azarbes. Este valor es considerado el valor de concentración en la situación actual.

Aplicando los aumentos de Nitrógeno en el suelo tras la modernización y ajustándolo a la variación de los volúmenes de retorno (Tabla 9), la concentración global de nitratos para la zona tras la modernización aumentaría considerablemente (Tabla 10) Según referencias de la zona, los valores de nitrato en los colectores que recogen aguas de comunidades de regantes modernizadas son elevados encontrándose los valores obtenidos en un rango de normalidad

	mg/l referencia	mg/l tras modernización
AH	11,9	27,2
ER	8,8	34,3
ENR	15,2	17,5

Tabla 17: Estimación concentración NO3 en colector C6 tras la modernización

El abonado de cultivos como el maíz aumenta la carga, y la reducción de volúmenes concentra más esta carga. De manera global la concentración supera ligeramente los 25 mg/l. En la estación de no riego estamos por debajo de este valor crítico de cambio de estado y en la estación de riego se supera. Para analizar el impacto de este aumento de concentración, evaluamos su efecto en la incorporación al río Flumen de este retorno.

De manera global, contabilizando los caudales de retorno totales obtenidos del balance para cada situación en las diferentes estaciones del año hidrológico, y adoptando la concentración del colector C6 como concentración global de la zona del proyecto, **la situación en el río sería la siguiente:**

	FLUMEN -BARBUÉS		RETORNO ACTUALIDAD REFERENCIA			
	Q rio (l/s)**	mg/l NO3 rio	Q retorno (l/s)	mg/l NO3 retorno	Q aguas abajo	mg/l NO3 aguas abajo
AH	1487	16,26	395,8	11,94	1882,8	15,35
ER	1543	11,03	576,4	8,84	2119,4	10,43
ENR	1669	18,68	203,0	15,16	1872,0	18,30

	FLUMEN -BARBUÉS		RETORNO MODERNIZACIÓN			
	Q rio (l/s)	mg/l NO3 rio	Q retorno (l/s)	mg/l NO3 retorno	Q aguas abajo	mg/l NO3 aguas abajo
AH	1646	16,26	257,5	27,19	1903,5	17,74
ER	1622	11,03	398,4	34,32	2020,4	15,62
ENR	1669	18,68	116,6	17,46	1785,6	18,60

	ACTUALIDAD mg/l	**MODERNIZACIÓN mg/l**	**VARIACIÓN**
AH	15,35	17,74	**16%**
ER	10,43	15,62	**50%**
ENR	18,30	18,60	**2%**

Tabla 18: Estimación concentración NO3 en el río Flumen aguas abajo punto de retorno
** Q río teniendo en cuenta la extracción de la acequia Malpartir

Una vez incluido este el curso de retorno en el río o, la concentración de nitrato del retorno se ve amortiguada y obtenemos valores menores de 25 mg/l para todos los periodos anuales.

Las concentraciones supuestas en el río no superan los 25 mg/l, límite para el rango de calidad del agua Bueno/Moderado según el RD 817/2015 de 11 de Septiembre

FÓSFORO TOTAL

Los datos obtenidos con el software SWAT no son ajustados a la realidad debido a la incertidumbre de datos de los datos de y por la falta de calibración, por lo que se determina evaluar los nutrientes con la siguiente metodología.

Balance de P excedente en el suelo. Variación porcentual entre el antes y después de la modernización (Tabla 20)

Obtenemos los Kg de P aplicados a través de la fertilización. Datos de abonado según recomendación para la zona revisados con encuesta a los regantes

Para calcular los kg de P excedentes que quedan en el suelo nos basamos en los kg de P absorbido por la planta según bibliografía (Tabla 19)

Cultivo	Producción ($Mg\ ha^{-1}$)	P absorbido (kg)	Requerimiento P ($kg\ Mg^{-1}$)	ICP
Trigo	4	20	5,0	0,80
Maíz	10	40	4,0	0,76
Sorgo granífero	9	40	4,4	0,82
Soja	9	28	7,0	0,88
Alfalfa	18	45	2,5	1,00
Festuca	10	30	3,0	1,00

Fuente: García et al., (2015).

Tabla 19: Requerimientos de P absorbido por la planta según cultivos

Aunque encontramos variabilidad de información en cuanto a los kg de P absorbido y las toneladas de producción de los cultivos, si adoptamos los mismos para el antes y el después de la modernización, la variación será proporcional.

Este balance se realiza para la situación actual y para la situación tras la modernización con el objeto de establecer un porcentaje de variación del balance de P excedente en el suelo.

Cálculo de concentración de P global de la zona

Tomando los valores de referencia del colector C6, calculamos los valores de P(mg/l) y caudal de retorno para este colector después de la modernización (Tabla 16) aplicando los aumentos de P en el suelo procedente de la fertilización y las variaciones de caudal obtenidos en el balance de agua (Tabla 15). Los datos de referencia se interpretan como datos de la situación actual.

Estas concentraciones se asumen como dato global para toda la zona de estudio en los caudales de retorno. Si bien sabemos que en las 25 subcuencas variará, ante la falta de detalle de los datos de entrada y de otros datos de referencia aceptamos la simplificación.

Efecto en el río del aporte de retorno

Finalmente apoyándonos como referencia en los datos del aforo del río Flumen en Barbués localizado justo aguas arriba de la zona a modernizar calculamos el caudal total del río y la concentración de los nutrientes una vez recibido el retorno, tanto para el supuesto de caudales y concentraciones actuales como los obtenidos para después de la modernización (Tabla 22). De esta manera podemos comparar finalmente **el efecto en el río del aporte actual y el que se producirá tras la modernización** (Tabla 23)

Los datos se han calculado para el año hidrológico (AH) , y desglosado en Estación de Riego (ER) y Estación de NO Riego (ENR)

ESTADO ACTUAL								
cultivo	**ha**	**kg P AH /ha**	**kg exceso**	**kg P AH exceso**	**kg P ENR /ha**	**kg P ENR exceso**	**kg P ER /ha**	**kg P ER exceso**
alfalfa	701	50	5	3505	50	3505	0	0
cebada	1189	75	55	65395	75	65395	0	0
trigo	413	75	55	22715	75	22715	0	0
maiz	366	120	80	29280	0	0	120	29280
doble cultivo	313	120	80	25040	0	0	120	25040
otros	312	100	60	18720	100	18720	100	18720
nc	245	0		0	0	0	0	0
total	**3539**			**164655**		**110335**		**73040**

	AH	ENR	ER
balance	164.655,00	110.335,00	73040
balance kg/ha	46,53	31,18	20,64

TRAS LA MODERNIZACIÓN								
cultivo	**ha**	**kg P AH /ha**	**kg exceso**	**kg P AH exceso**	**kg P ENR /ha**	**kg P ENR exceso**	**kg P ER /ha**	**kg P ER exceso**
alfalfa	885	50	5	4425	50	4425	0	0
cebada	142	105	55	7810	105	7810	0	0
trigo	35	105	55	1925	105	1925	0	0
maiz	1062	120	80	84960	0	0	120	84960
doble cultivo	1415	120	80	113200	0	0	120	113200
otros	0	0	0	0	0	0	0	0
nc	0	0	0	0	0	0	0	0
total	**3539**			**212320**		**14160**		**198160**

	AH	ENR	ER
balance	212.320,00	14.160,00	198160
balance kg/ha	59,99	4,00	55,99

	AH	ER	ENR
Dif	13,47	35,35	(27,18)
%	**29%**	**171%**	**-87%**

Tabla 20: Balance Fósforo total en el suelo y % aumento del mismo en el suelo tras la modernización

La cantidad de P en los suelos se ve aumentada de manera global en un 29% tras la modernización. En la estación de riego el aumento es más pronunciado llegando al 171% y en la época de no riego, este se ver reducido en un -87%. El cambio de cultivo de cebada a maíz genera estas diferencias al cambiar el momento de aplicación de estos abonados y cambiar las cantidades aplicadas para cada cultivo.

AUMENTO exceso en suelo AH	29%
AUMENTO exceso en suelo ER	171%
AUMENTO exceso en suelo ENR	-87%
CORRECCIÓN VOLUMENES	-35%
CORRECCION VOLUMEN ER	-31%
CORRECCIÓN VOLUMEN ENR	-43%

Tabla 21. Variaciones de volúmenes de retorno y variaciones de P en suelo tras la modernización.

Los datos de referencia medidos en el colector C6 son tomados como concentración global para el resto de los colectores y azarbes. Este valor es considerado el valor de concentración en la situación actual.

Aplicando los aumentos de Fósforo en el suelo tras la modernización y ajustándolo a la variación de los caudales de retorno (Tabla 21), la concentración global de nitratos para la zona tras la modernización aumentaría:

	valores medios anuales P	
	mg/l referencia	mg/l tras modernización
AH	0,043	0,084
ER	0,053	0,208
ENR	0,033	0,007

Tabla 22: Estimación concentración P en colector C6 tras la modernización

Como media global y en la estación de riego (ER) la concentración que asumimos como tipo para la cuenca tras la modernización no sobrepasa los 0.4 mg/l, límite de clasificación de calidad del agua Bueno/Moderado

De manera global, contabilizando los caudales de retorno totales obtenidos del balance para cada situación en las diferentes estaciones del año hidrológico, y adoptando la concentración del colector C6 como concentración global de la zona del proyecto, la situación en el río sería la siguiente.

	FLUMEN -BARBUÉS		RETORNO ACTUALIDAD			
	Q rio (l/s)**	mg/l P rio	Q retorno (l/s)	mg/l P retorno	Q aguas abajo	mg/l P aguas abajo
AH	1487	0,15	395,8	0,043	1882,8	0,127
ER	1543	0,117	576,4	0,053	2119,4	0,100
ENR	1669	0,171	203,0	0,033	1872,0	0,156

	FLUMEN -BARBUÉS		RETORNO MODERNIZACIÓN			
	Q rio (l/s)	mg/l P rio	Q retorno (l/s)	mg/l P retorno	Q aguas abajo	mg/l P aguas abajo
AH	1646	0,15	257,5	0,084	1903,5	0,141
ER	1622	0,117	398,4	0,208	2020,4	0,135
ENR	1669	0,171	116,6	0,007	1785,6	0,160

	ACTUALIDAD mg/l	**MODERNIZACIÓN mg/l**	**VARIACIÓN**
AH	0,127	0,141	**11%**
ER	0,100	0,135	**36%**
ENR	0,156	0,160	**3%**

Tabla 23: Estimación concentración P en el río Flumen aguas abajo punto de retorno
***** Q teniendo en cuenta la extracción de agua en la acequia Malpartir***

La concentración en el río aumenta un 11% de manera global, un 36% en la época de riego y un 3% en la época de no riego tras la modernización

Las concentraciones supuestas no superan 0.2 mg/l, límite para fósforo entre los rangos de calidad Muy bueno / Bueno según el RD 817/2015 de 11 de Septiembre.

10. Fitosanitarios

La modelización de pesticidas es bastante compleja ya que hay numerosos factores que no son tenidos en cuenta por el modelo y que afectan la vida útil de los fitosanitarios, como eventos climáticos repentinos como lluvias intensas o fuertes rachas de viento.

Al no disponer del modelo digital gemelo ajustado evaluamos en este informe el aumento de uso de metolacloro y terbutilazina relativo al aumento de superficie destinada al cultivo del maíz y doble cultivo tras la modernización.

La dosis de aplicación se ha estimado según dosificación recomendad por las casas comerciales y teniendo en cuenta que los formulados con terbutilazinas sólo pueden usarse una vez cada tres años según la legislación actual por lo que aumente la superficie cultivada con maíz, que es el cultivo objeto de dicha materia activa, esta tenderá a ser un 33% a lo largo del tiempo puesto que como máximo se puede aplicar una vez cada tres años.

El metolacloro está siendo estudiado por el Ministerio de Agricultura para su retirada puesto que el registro de los productos que se formulan con dicho compuesto, tienen fecha límite de registro hasta este año 2023, de manera que tras la modernización ya no se podrá aplicar.

ESTADO ACTUAL			
cultivo	**ha**	**kg meto**	**kg terb**
alfalfa	701		
cebada	1189		
trigo	413		
maiz	366	120,78	120,78
doble cultivo	313	103,29	103,29
otros	312		
nc	245		
total	**3539**	**224,07**	**224,07**

TRAS LA MODERNIZACIÓN			
cultivo	**ha**	**kg meto**	**kg terb**
alfalfa	885		
cebada	142		
trigo	35		
maiz	1062	350,46	350,46
doble cultivo	1415	466,95	466,95
otros	0		
nc	0		
total	**3539**	**817,41**	**817,41**

	ER	dif
meto	593,34	265%
terb	593,34	265%

Tabla 24: Aumento uso fitosanitarios tras modernización

11. Conclusiones

Modelización SWAT

Se ha realizado una modelización del caudal de agua, nitrógeno y fósforo y dos fitosanitarios con SWAT. Dada la incertidumbre de los datos de entrada y la complejidad de las subcuencas y a falta de calibración, los datos resultantes de nutrientes no han sido analizables. Si bien, la modelización ha sido de gran ayuda para delimitar las subcuencas y comprobar dinámicas hidrológicas.

En las prácticas de control y evaluación en fase de explotación sería muy útil poder calibrar el modelo y determinar con más precisión datos como por ejemplo un mapa de perfiles edafológicos con mayor detalle para que los resultados de la modelización fueran más representativos de la realidad. Podría ser una herramienta muy beneficiosa para la elaboración de planes de mejora.

Metodología balances y resultados relativos

Para poder evaluar los nutrientes se ha realizado un balance de estos basado en las cantidades de fertilizante aplicadas y la variación de estas con el cambio de superficies destinadas a cada cultivo y las variaciones de volúmenes de retorno antes y después de modernizar con el objeto de obtener las diferencias relativas. Se han asumido supuestos como ratios de aprovechamiento por la planta de la cantidad aplicada y ratios de nutriente que queda en el suelo generales.

La relación entre la cantidad de sustancia que pasa al curso de agua también es tratada como una estimación global, pero si se ajusta a la variación de caudal antes y después de la modernización para obtener las concentraciones

Características de la cuenca

El río Flumen atraviesa la zona a modernizar. Según las subcuencas obtenidas con SWAT, la zona de riego estudiada tributa al río a través de dos flujos principales. El afluente de caudales de retorno de riego y lluvia de la margen derecha recoge los volúmenes de subcuencas con gran parte de superficie fuera de la zona objeto de esta modernización y de la Comunidad de Regante (por ejemplo, la subcuenca 17). Lo mismo ocurre con parte de algunas subcuencas del afluente de la margen izquierda.

Una modelización fidedigna debería incluir las características de toda la superficie, incluyendo la que interviene de otras Comunidades de Regantes siendo un limitante la falta de información y la complejidad de la obtención de los datos.

Resultados relativos

Se observa un ahorro de agua extraída para riego y un cambio de la distribución a lo largo del año. Los riegos se concentran más en los meses de la estación de riego después de la

modernización. Dentro de esta estación de riego, el mayor consumo se produce en abril-mayo antes de la modernización y en julio-agosto tras la modernización

El aumento de volumen de riego no se traduce en aumento de caudales de retorno. Los caudales de retorno disminuyen tras la modernización debido a la mayor eficiencia de aplicación del riego por aspersión y a regar con mayor frecuencia con menos dosis que en un riego a manta.

El aporte de caudal al río Flumen se verá disminuido si bien esta situación se ve compensada por la anulación de la acequia de Malpartir que extrae en la actualidad agua del río

El río Flumen es un río antropizado en el que los estiajes acusados de este tipo de ríos se suavizan debido a los caudales de retorno del regadío. Agua proveniente de otras cuencas como es el caso (canal del Cinca)

Tras la modernización, el uso de la tierra es más exigente en nutrientes debido al aumento de la superficie de cultivo de maíz y la práctica de doble cultivo. El aporte de fertilizantes y de pesticidas es mayor y por lo tanto la carga, y teniendo en cuenta que el caudal de retorno es menor, las concentraciones como es de esperar aumentan en los retornos.

Estos aumentos de concentración en los retornos **aumentan la concentración de nutrientes en el río**, **pero no significan un cambio significativo del estado de este** y de la masa de agua 164 a la cual pertenece. Finalmente, el incremento de concentración de los retornos se ve amortiguado por la proporción de agua del río con menor concentración en nutrientes.

Medidas

Para minimizar los impactos se recomienda establecer estrategias de manejo de cultivos apropiadas y educir las cargas con un abonado ajustado a las necesidades y a la producción.

La aplicación distribuida con fertiirrigación abonos de inhibición evita los picos de concentración tras los días de abonado y mejoran el aprovechamiento por la planta del nutriente.

La tendencia de sustituir el metolacloro y la terbutilazina por otros fitosanitarios menos lesivos para el medio ambiente irá rebajando el impacto de estos.

Para poder establecer estas estrategias hay que ser conocedor del estado real y continuado de los cauces de retorno, por lo que es de gran importancia establecer varios puntos de control de caudal y sustancias con frecuencia de toma de datos alta y adecuada. Obtener datos de control que nos den información de qué está pasando son imprescindibles para poder establecer medidas efectivas.

Analizar la cuenca en su conjunto con modelizaciones tipo SWAT con datos fidedignos y con resultados calibrados para poder establecer estrategias a futuro

12. Referencias

- Balance del Nitrógeno en la Agricultura Española. Junio 2011. Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación.

- Farida Dechmi1, Ignacio Clavería3, Maria Balcells4, Daniel Isidoro2. La calidad de los retornos de riego en Riegos del Alto Aragón (Huesca, España). http://hdl.handle.net/10532/2311

- Sorando, Ricardo & Comín, Francisco & Jiménez, Juan & Sanchez-Perez, J.M. & Sauvage, Sabine. (2018). Water resources and nitrate discharges in relation to agricultural land uses in an intensively irrigated watershed. Science of The Total Environment. 659. 10.1016 j.scitotenv.2018.12.023.