

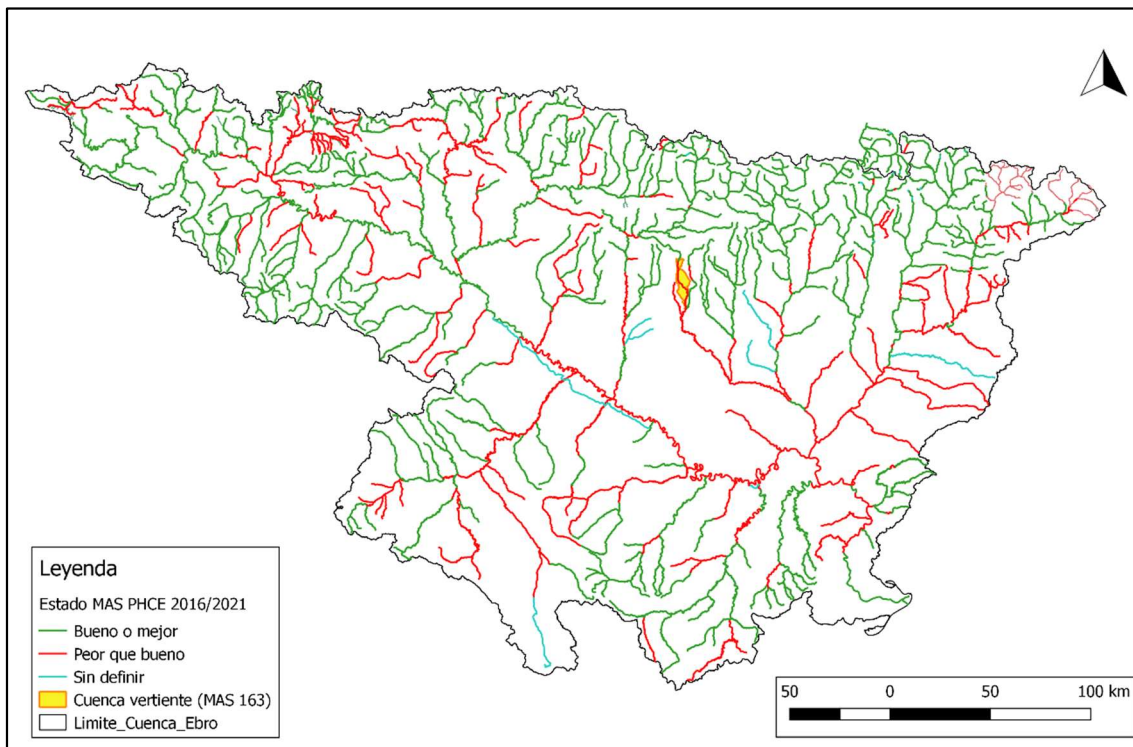
**Título original:** Estudio de Masas de Agua para asegurar el cumplimiento de los Objetivos de la Directiva Marco del Agua

**Título desarrollado (en esta ficha):** Estudio de la Masa de Agua Superficial 163, río Isuela desde el puente de Nueno y los azudes de la Hoya hasta su desembocadura en el río Flumen, para asegurar el cumplimiento de los Objetivos de la Directiva Marco del Agua

## 1. ANTECEDENTES

La cuenca vertiente del río Isuela tiene 141,98 km<sup>2</sup> y la longitud del río Isuela en la misma es de 49,9 km. La cuenca se divide en dos masas de agua superficial (en adelante, MAS), la MAS 814, río Isuela desde su nacimiento hasta el puente de Nueno, y la MAS 163, desde el puente de Nueno y los azudes de la Hoya hasta su desembocadura en el río Flumen. Este informe se centra en la MAS 163, que corresponde con el tramo medio y el bajo de la cuenca del Isuela. Esta ocupa una superficie de 87,6 km<sup>2</sup> y los últimos 29,74 km del río Isuela. En esta superficie se ubica la ciudad de Huesca como núcleo principal (53.587 habitantes, IAEST 2019) y 6 poblaciones más por debajo de los 500 habitantes.

La valoración del estado en los “Objetivos ambientales” del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro 2015-2021 establece para la MAS 163 la categoría “*peor que bueno*” (Figura 1) debido a incumplimientos en el estado biológico y físico-químico, estableciéndola como excepción por prórroga a 2021, e identificando una serie de medidas para subsanar esta situación (PCHE 2016-2021).



**Figura 1.** Estado de las MAS 163 en la Cuenca del Ebro PHCE 2016-2021. Q GIS 2.18.16. Fuente: CHE.

Las presiones que hay que destacar en esta masa de agua son los vertidos de agua residuales urbanas, casi todos depurados, y las numerosas detracciones de agua, por lo que se plantea que no alcanza el buen estado debido a que el caudal circulante por el propio río es insuficiente. El caudal está regulado por el embalse de Arguis.

La cuenca del Isuela se controla con dos estaciones de la red de Control del Estado de las Masas de Agua Superficial (en adelante, CEMAS). La CEMAS 1286 (el río Isuela en el puente de Nueno) para valorar el estado de la parte alta, la MAS 814. Esta estación se dio de alta en el año 2015 en la Red de Investigación (Figura 2), y en este Estudio sirve para ver el estado del río Isuela antes de las presiones de la MAS 163. Y la CEMAS 0218, río Isuela en Pompenillo (Figura 3), para evaluar la MAS 163. Ambas estaciones se visitaron en la salida del día 19 de junio, y se muestran bajo estas líneas.

### **ASPECTO DEL RÍO ISUELA AL INICIO DEL TRAMO ESTUDIADO**



**Figura 2.** Final de la MAS 814 (CEMAS 1286), río Isuela en el puente de Nueno, e inicio de la zona de estudio de la MAS 163. Fotografía tomada el día 19/06/2019 11:00.



### ASPECTO DEL RÍO ISUELA AL FINAL DEL TRAMO ESTUDIADO



**Figura 3.** Río Isuela en Pompenillo, CEMAS 0218. Final del tramo de estudio (PC7). Fotografía tomada el día 19/06/2019 14:50.

No existen registros de caudal del río Isuela. Recientemente se ha construido en su cauce una estación de aforo (EA 9218), próxima al municipio de Pompenillo, pero todavía no ha entrado en servicio. Para analizar el caudal circulante por el río Isuela se ha estudiado la variación del volumen del embalse de Arguis (EA 44) en el período 2010-2018.

La litología de la cuenca es otra de las características especiales de este río, que se tratará en el apartado 4.4. En el tramo alto, además de que hay mayor pendiente predominan las “gravas, conglomerados, arenas y limos”, lo que favorece los procesos de infiltración y percolación frente a los procesos de escorrentía subsuperficial y superficial. En época estival es habitual encontrar el lecho seco en algunos tramos. Parece que la propia naturaleza del río unida a las numerosas detracciones, caracteriza el escaso caudal del río Isuela.

## 2. OBJETIVOS

- Evaluar el estado actual de la MAS 163 (Figura 4) y analizar los incumplimientos obtenidos, valorando cómo influye en los mismos y cómo se relaciona con el caudal.



- Evaluar las propuestas establecidas en el Anejo 4.1. del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro 2015-2021 para el cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Horizonte 2027.

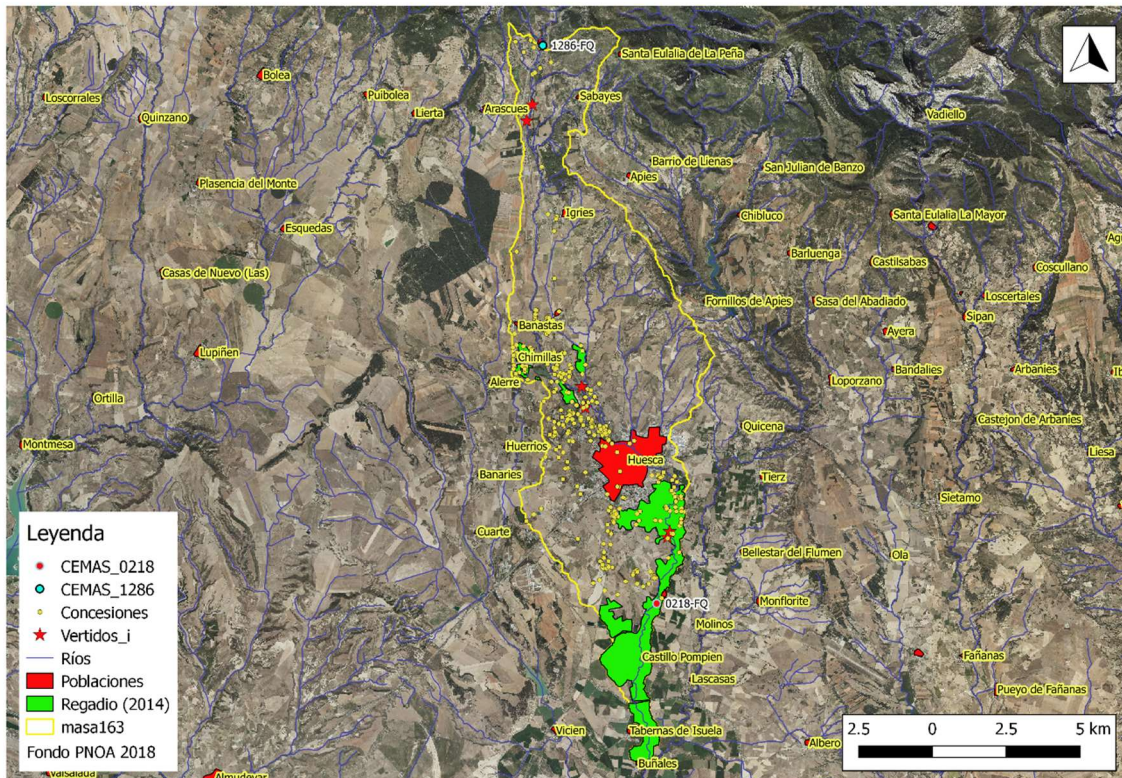


Figura 4. Situación y presiones de la MAS 163. Elaborado QGIS 2.18.16. Fuente: CHE e IGEAR.

### 3. METODOLOGÍA

1. Resumir la información existente acerca de la valoración del estado ecológico y químico de la masa de agua a partir de los Informes CEMAS y de la Red de Control Biológico del Área de Calidad de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE).
2. Recopilar la información existente de los muestreos realizados entre los años 2010-2018 en la CEMAS 0218 y la CEMAS 1286, extrayendo los incumplimientos registrados <sup>1</sup>.
3. Analizar las presiones existentes en la subcuenca de la MAS 163 y recopilar la información existente para cada una de ellas, como vertidos, concesiones, usos ganaderos, regulación de caudal, etc.

1) Respecto a las condiciones de referencia y umbrales de cambio de clase de estado “Moderado/Deficiente” del tipo R-T09, Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

4. Considerar las características específicas de la subcuenca de la MAS 163, evaluando cómo influyen la litología en la calidad de la misma.
5. Realizar una valoración preliminar de las posibles causas de los incumplimientos registrados en la MAS 163 y la influencia que tiene sobre los mismos el caudal actual.
6. Realizar una visita de campo en la cuenca de la MAS 163 del río Isuela para poder caracterizar la situación actual de la cuenca y las presiones existentes, identificando el tipo de medidas más eficientes para la mejora del estado.
7. En base a los resultados obtenidos en el análisis anterior, valorar si las presiones a las que se ven sometidas han variado en estos años, y evaluar las medidas propuestas en la MAS para el cumplimiento del objetivo del buen estado y priorizar algunas de ellas o proponer nuevas medidas para alcanzar el buen estado de la masa de agua

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis resultados históricos

La **aportación en régimen natural** de esta masa de agua se ha obtenido del Anexo 3 del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro del año 1998. El valor promedio es de **27,2 hm<sup>3</sup>/año** entre los años hidrológicos 1940/41 y 1985/86 (46 años); con una **variación anual que va de los 63,8 hm<sup>3</sup>/año a los 3,6 hm<sup>3</sup>/año**. Se ha consultado el PHCE 2010-2015, que recalculó las aportaciones naturales para el periodo más actual, entre los años hidrológicos 1980/81 y 2005/06, pero no hay datos para la cuenca del Isuela.

La valoración del estado ecológico y químico en la MAS 163 del río Isuela en los Objetivos Ambientales en el Anejo 4.1 del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro 2015-2021 es “*Peor que buena*”, como ya se ha indicado se realizó con los resultados obtenidos en la CEMAS 0218 (Isuela en Pompenillo). La clasificación completa se muestra en la tabla inferior.

Código	Nombre de la MAS	Tipo	Naturaleza	Ecotipo	PRESIÓN GLOBAL 2017	ESTADO (PH 2009-2015)	Estado biológico	EFI+	Estado físico químico	Estado hidromorfológico	Estado ecológico	Estado químico	Estado (con Hg biota)	Estado	Objetivos ambientales
163	Río Isuela desde el puente de Nueno y los azudes de la Hoya hasta su desembocadura en el río Flumen	R	N	9	ALTA	NO	DEF	NA	MO	B	DEF	-	NO	NO	Prórroga buen estado en 2027 (art. 4.4)

La valoración del estado anual en los informes de seguimiento de la red CEMAS del Área de Calidad de Aguas de la C.H. del Ebro entre los años 2010 y 2013 en esta masa de agua se muestra en la siguiente tabla. Los valores de referencia fueron determinados por el Área de Calidad de Aguas en el año 2007.

Año	BIO	FQ	HM	EE	EQ	EF
2010	Def	Mo	B	Def		Inferior a bueno
2011	Def	Mo	B	Def		Inferior a bueno
2012	Malo	Mo	B	Malo	Bueno	Inferior a bueno
2013	Def	Mo	B	Def	Bueno	Inferior a bueno

En el año 2015 con la aprobación del RD.817/2015 se modificaron los umbrales y parámetros que califican las masas de agua en la cuenca del Ebro. Se aplican por primera vez en el Informe CEMAS de los años 2014-2015. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla inferior. Con la nueva normativa, no se observa una mejora en ninguno de los indicadores, la calificación final de la MAS 163 sigue siendo “Inferior a bueno”.

Año	BIO	FQ	HM	EE	EQ	EF
2014	Def	Mo	B	Def	Bueno	Inferior a bueno
2015	Def	Mo	MB	Def	Bueno	Inferior a bueno
2016		Mo		Mo	Bueno	Inferior a bueno
2017		Mo	B	Mo	Bueno	Inferior a bueno

La CEMAS 0218 se incorporó a la Red de Control de Sustancias Peligrosas (RCSP) en el año 2012, esto permite la valoración del estado químico (EQ). Hay que indicar que en ninguna de las campañas realizadas entre los años 2012-2017 se han podido analizar la biota, porque no se han encontrado peces en este tramo de río Isuela.

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de los parámetros físico-químicos de la CEMAS 0218, río Isuela en Pompenillo, utilizada para la valoración del RD 817/2015. Los valores de referencia (VR) de la tabla son para la tipología “R-T09, Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea”. En rojo se destacan los valores que han superado el valor límite de cambio de estado “Bueno” a “Moderado”.

**Tabla 1.** Resultados analíticos de la CEMAS 0218 entre los años 2010 y 2018. Fuente: CHE

VR (mg/L)		6 y 9	5	60-120	0,6	25		0,4		
Fecha muestreo	Tª	pH	O2	% O2	NH4	NO3	NO2	PO4	SES	DQO
02/06/2010	21,3	7,9	5,56	65,8	9,08	17,4	2,66	3,15	<10	22
01/12/2010	11,8	7,8	7,6	74,9	15,9	19,2	2,03	0,41	<10	23,2
03/03/2011	10,3	8,1	8,2	75,5	20,3	29,5	1,32	1,14	7	18,7
09/06/2011	17,9	7,9	6,4	71,1	10,8	19,4	3,32	1,06	26	14,1
28/09/2011	22,2	7,8	4,9	58,4	7,01	32,6	2,63	0,99	38	22,9

VR (mg/L)		6 y 9	5	60-120	0,6	25		0,4		
Fecha muestreo	Tª	pH	O2	% O2	NH4	NO3	NO2	PO4	SES	DQO
07/12/2011	11,7	7,9	5,9	55,9	24,8	21,3	1,15	6,88	<6	26,6
15/02/2012	8,1	8	8,9	78,5	32,5	12,7	0,698	2,05	<12	25,9
25/04/2012	12,4	7,9	6,1	60,9	38,1	4,9	1,05	2,53	<12	35
29/08/2012	22,7	7,9	3,8	46,5	16	16,3	1,48	2,91	6	32,5
19/09/2012	21,9	7,8	4,4	51,9	21,7	16,4		0,68	6	
10/10/2012	20,3	7,7	4,6	53,6	23,6	25,8	0,199	4,15	6	16,1
09/01/2013	9,6	7,8	6,1	56,3	22,4	5,7	0,588	0,64	<5	21,8
13/03/2013	8,2	8,2	9,8	88,7	6,53	3,8		0,05	20	
03/04/2013	11,3	7,8	10,2	95	5,53	4,4	0,187	0,27	20	8,3
24/07/2013	22	7,8	7,6	89	10,3	15,1	2,16	1,89	5	14,9
16/10/2013	18,4	7,9	6,2	69,6	12,4	26,3	1,5	2,68	<5	15,8
21/01/2014	10,5	7,9	8,1	75,9	38,1	9	1,17	1,3	5	17,9
08/04/2014	15,4	7,9	7,4	80,2	16,5	9,6	2,02	2,04	9	15,2
30/07/2014	20,4	8	6,8	78,9	11	22,2	1,75	2,12	9	15,9
06/10/2014	18,6	7,9	5,6	66,3	13	28,5	1,76	3,09	11	14,4
12/01/2015	10,5	7,8	8,6	80,4	31,8	10	0,572		8	27,1
20/04/2015	15,2	8	7,4	77,6	15,6	11,7	2,12	0,62	22	19,9
11/05/2015	17,6	7,95	7,3	80,2	13,5	15,7				
18/06/2015	17,3	7,9	6,2	69,1	13,9	12,7		1,11		
06/07/2015	27,2	7,9	6,3	80,7	6,81	40,6	3,37	2,44	5	22,5
13/08/2015	23,1	8	5,9	71,7	14,1	17,1		0,26		
28/09/2015	17,4	7,9	6,7	73,2	12,8	24		2,13		
15/10/2015	16	7,9	7,2	77,4	21,8	22,1	2,132	3,3	6	23,2
23/11/2015	10,5	7,9	7	64,8	27,8	17,9		2,19		
14/12/2015	12,8	7,9	6,9	67,3	57	17,2		0,66		
11/01/2016	13,4	7,9	6,2	62,7	38,4	5,5	1,06	2,88	23	41,2
21/03/2016	9,8	8,25	10	94,7	6,29	4,7				
04/04/2016	13	7,9	7	70,7	15,8	4,8	1,08	1,22	96	83,8
13/06/2016	18,2	8,05	5,8	65,5	10,4	16,5				
04/07/2016	20,7	7,9	5,7	66,5	8,33	25,3	2,04	0,69	<5	17,4
04/10/2016	20,8	7,8	4	46,1	30,8	11	1,13	3,04	12	26,7
09/01/2017	10,4	8,1	7,7	71,5	21,8	21,9	1,32	0,3	7	28,5
03/04/2017	10,9	8,2	9,1	85	9,44	6,7	0,473	0,52	13	14,5
23/08/2017	20,8	7,7	4,5	52,9	10,8	13,1	1,26	0,61	6	19,3
04/10/2017	18,3	7,8	5,2	56,4	19,6	11,9	0,692	0,65	7	16,7
08/01/2018	9	7,9	9,1	81,4	9,23	5	0,19	2	26	16,3
03/04/2018	12,7	7,9	7,7	76,1	17,6	14,2	1,09	0,18	32	25,8
05/07/2018	18,8	7,9	6,2	69	3,31	17,8	1,21	0,92	6	15
23/08/2018	20,8	7,6	5,2	60,9	3,48	18,6	1,89	0,52	10	13,4



VR (mg/L)		6 y 9	5	60-120	0,6	25		0,4		
Fecha muestreo	Tª	pH	O2	% O2	NH4	NO3	NO2	PO4	SES	DQO
02/10/2018	14,8	8,1	5,7	58,7	12,9	20,9	1,53	1,14	5	16,6
14/02/2019	12	7,9	6,7	62,2	<0,15	14,2	0,796	0,84	<8	25,3

El estado anual biológico (BIO) de la MAS 163 se controla en la CEMAS 0218-BIO. Los resultados que se recogen en los “Informes de la Red de Control Biológico en Ríos” de la CHE entre los años 2010 y 2015 se presentan en la tabla inferior. Los resultados del año 2017 todavía no se han publicado, han sido facilitados por el Área de Calidad.

Año	IBMW	IHF	IPS	QBR	Observaciones
2007	Def	B		B	En el seguimiento anual que se realiza de la CEMAS 218 se observa de forma habitual una ligera turbidez y un olor indicativo de la existencia de polución orgánica, que se vincula al vertido de la EDAR de Huesca.
2008	Def	B	B	B	
2009	Def	B	Mo	MB	
2010	Def	B	Def	MB	Los valores de IMBWP siempre se han encontrado bajo el umbral de calidad Deficiente, siendo la media 38,5. El valor medio del IPS (7,3) también se ha calificado de estado Deficiente en la mayoría de los muestreos.
2011	Def	B	Def	MB	
2012	Malo	B	Def	MB	
2013	Def	B	Def	MB	
2014	Def	B	Def	B	
2015	Def		Def	MB	Estos informes indican siempre que el pequeño tamaño de la cuenca y el caudal de la misma, no permiten asumir el volumen de vertidos actuales.
2017	Def		Malo	B	

Como ya se comentó en los antecedentes, en el año 2015 se dio de alta la CEMAS 1286 para caracterizar la parte alta de la cuenca, la MAS 814, río Isuela desde su nacimiento hasta el puente de Nueno. Esta masa se califica con “BUEN ESTADO FQ” (físico-químico), ya que en ninguna ocasión se han superado los umbrales del RD 815/2017. Los resultados de los análisis físico químicos realizados por el laboratorio de aguas de la CHE se muestran en la siguiente tabla. Cuando el resultado está por debajo del límite de detección de la técnica se indica como “LD”. Los valores de referencia (VR) de la tabla son el cambio de estado “Bueno” a “Moderado” para la tipología “R-T09, Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea”.

**Tabla 2.** Resultados analíticos de la CEMAS 0218 entre los años 2010 y 2018. Fuente: CHE

VR (mg/L)				5	60-120	0,4		0,6	25	0,15		
Muestreos	Tª	pH	COND	O2	% O2	PO4	P TOT	NH4	NO3	NO2	SES	DQO
12/02/2015	8,4	8,4	636	11,9	109,7	0,19	0,06	LD	1,5	LD	LD	LD
29/06/2015	16,2	8,2	750	9,2	103,5	LD	LD	LD	2,2	LD	LD	LD
14/09/2015	17,1	8,2	412	9,1	102,7	LD	LD	LD	LD	LD	16	LD



VR (mg/L)				5	60-120	0,4		0,6	25	0,15		
Muestras	Tª	pH	COND	O2	% O2	PO4	P TOT	NH4	NO3	NO2	SES	DQO
28/12/2015	10	8,3	739	10,2	99,4	0,07	LD	LD	1,3	LD	LD	LD
22/02/2016	8,8	8,3	600	11,3	106,3	LD	LD	LD	1,5	LD	LD	LD
20/06/2016	12,3	8,5	461	10,3	103,8	LD	LD	LD	LD	LD	34	5,9
22/09/2016	17,3	8,3	728	9,2	103,3	LD	LD	LD	1,5	LD	LD	5,5
19/12/2016	9,3	8,5	510	9,3	92,5	LD	LD	LD	1,8	LD	9	6,4
23/02/2017	10,7	8,3	569	10	99,5	LD	LD	LD	1	LD	LD	LD
26/06/2017	16,6	8,4	475	9,1	100,2	LD	LD	0,11	LD	LD	23	7,7
21/09/2017	15,9	8,3	438	8,8	97	LD	LD	LD	LD	LD	17	LD
19/12/2017	8,2	8,2	675	10,4	94,9	LD	LD	LD	1,4	LD	LD	LD
22/02/2018	7,9	8,4	495	10,7	100	LD	LD	LD	1,1	LD	LD	LD
15/05/2018	15,6	8,3	676	9,5	102	LD	LD	LD	1,3	LD	LD	LD
19/09/2018	21,4	8,3	485	8,2	98,9	LD	LD	LD	LD	LD	35	LD
19/11/2018	11,8	8,4	590	9,7	98,2	LD	LD	LD	1,1	LD	LD	LD
21/02/2019	11,5	8,3	601	10,4	98,5	LD	LD	LD	1	LD	LD	LD

#### 4.2. Análisis estadístico

Para entender mejor la tendencia de los incumplimientos se realizó un **Análisis de Componentes Principales** (PCA, por sus siglas en inglés) con todos los resultados analíticos de la CEMAS 0218 en el período 2010-2018 usando el Programa estadístico *R-Commander*.

Con el PCA se alcanza a explicar el 68% de la varianza total de las muestras, este valor es muy cercano al 70% que se requiere para que se considere que existe una buena correlación.

El componente 1 agrupa el 31% de variación, y los valores absolutos más elevados de sus coeficientes son los presentes en nitratos, cuya presencia se relaciona con la contaminación agrícola, oxígeno (mg/l), pH y la temperatura. Esto significa que esas variables son las que agrupan esa variación en mayor medida. Los que tienen signo positivo tienen una relación directa con el valor de la componente, mientras que los que tienen valor negativo tienen una relación inversa.

El componente 2 agrupa un 22% de variación, y los valores absolutos más elevados de sus coeficientes son los presentes en DQO, oxígeno y amonio. Todos ellos se relacionan con la contaminación orgánica de origen urbano.

La componente 3 aunque tiene alguna variable (sólidos en suspensión) con valores muy altos, al explicar un porcentaje pequeño de la variación (15%) no es tan importante.

El análisis completo está en el Anexo 1.

### 4.3. Identificación de las presiones

Este apartado se ha desarrollado basándonos en las presiones identificadas en la ficha IMPRESS de esta masa de agua (**Figura 5**), que indica que la presión global en la MAS 163 es ALTA. Esta información se ha completado con la aplicación cartográfica SITEBRO, la base de datos INTEGRA, el último censo agrario del año 2009, consultas a los agentes medioambientales de la zona y publicaciones del sistema de riegos de la cuenca del Isuela.

PRESIÓN GLOBAL:	
<input type="checkbox"/> NULA	<input type="checkbox"/> BAJA
<input type="checkbox"/> MEDIA	<input checked="" type="checkbox"/> ALTA
<input type="checkbox"/> SIN DATOS	

ALTA	FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN	MEDIA	FUENTES DIFUSAS DE CONTAMINACIÓN
<input type="checkbox"/> NULA	Vertidos industriales	<input type="checkbox"/> MEDIA	Usos agrícolas
<input type="checkbox"/> ALTA	Vertidos urbanos saneados	<input type="checkbox"/> NULA	Regadío
<input type="checkbox"/> MEDIA	Vertidos urbanos no saneados	<input type="checkbox"/> MEDIA	Secano
<input type="checkbox"/> NULA	ALTERACIÓN DE CAUDALES NATURALES	<input type="checkbox"/> MEDIA	Usos ganaderos
<input type="checkbox"/> NULA	Extracciones de agua	<input type="checkbox"/> BAJA	Usos urbanos, industriales y recreativos
<input type="checkbox"/> NULA	Regulación por embalse	<input type="checkbox"/> NULA	Vías de comunicación
<input type="checkbox"/> MEDIA	ALTERACIÓN MORFOLÓGICA	<input type="checkbox"/> NULA	Zonas mineras
<input type="checkbox"/> MEDIA	Longitudinales (Encauzamientos y canalizaciones)	<input type="checkbox"/> BAJA	Vertederos
<input type="checkbox"/> BAJA	Transversales (Presas y azudes)	<input type="checkbox"/> NULA	Suelos contaminados
<input type="checkbox"/> MEDIA	OTRAS		
<input type="checkbox"/> NULA	Invasión zona de inundación		
<input type="checkbox"/> MEDIA	Especies invasoras		

**Figura 5.** Cuadro resumen de Presiones. Fuente: CHE, Ficha IMPRESS Ebro de la MAS 0163, Año 2015.

#### ➤ Fuentes Puntuales de Contaminación (vertidos)

La presión debida a vertidos saneados y no saneados es **alta**. Los vertidos de carácter industrial tienen poca relevancia, pues la mayoría se sitúan en la localidad de Huesca y son tratados en su EDAR.

En la masa de estudio (MAS 163) se sitúan 9 vertidos censados en Integra, los cuales emiten un volumen total de 7,1 hm<sup>3</sup>/año. Este volumen procede mayoritariamente (98,8% del total) de **vertidos urbanos**, siendo el principal el de la población de Huesca de 7 Hm<sup>3</sup>/año, que vierte directamente su vertido depurado al río Isuela, aguas arriba de la CEMAS 0218. La población de Huesca se abastece principalmente del embalse de Vadiello, en la cuenca del río Guatzalema, por lo que este vertido se puede considerar un aporte externo a la cuenca del Isuela.

Entre el resto de vertidos urbanos destacan los vertidos depurados de las poblaciones de Nueno (532 hab.), Yequeda (550 hab.), Igríes (310 hab.) y Chimillas (391 hab.). En la actualidad

solo hay dos núcleos que no cuentan con EDAR, que son Banastas (292 hab.) y Pompenillo (20 hab.). Dentro de los **vertidos industriales** directos al río Isuela solo hay que destacar el de una gasolinera, situada aguas arriba de la población de Huesca.

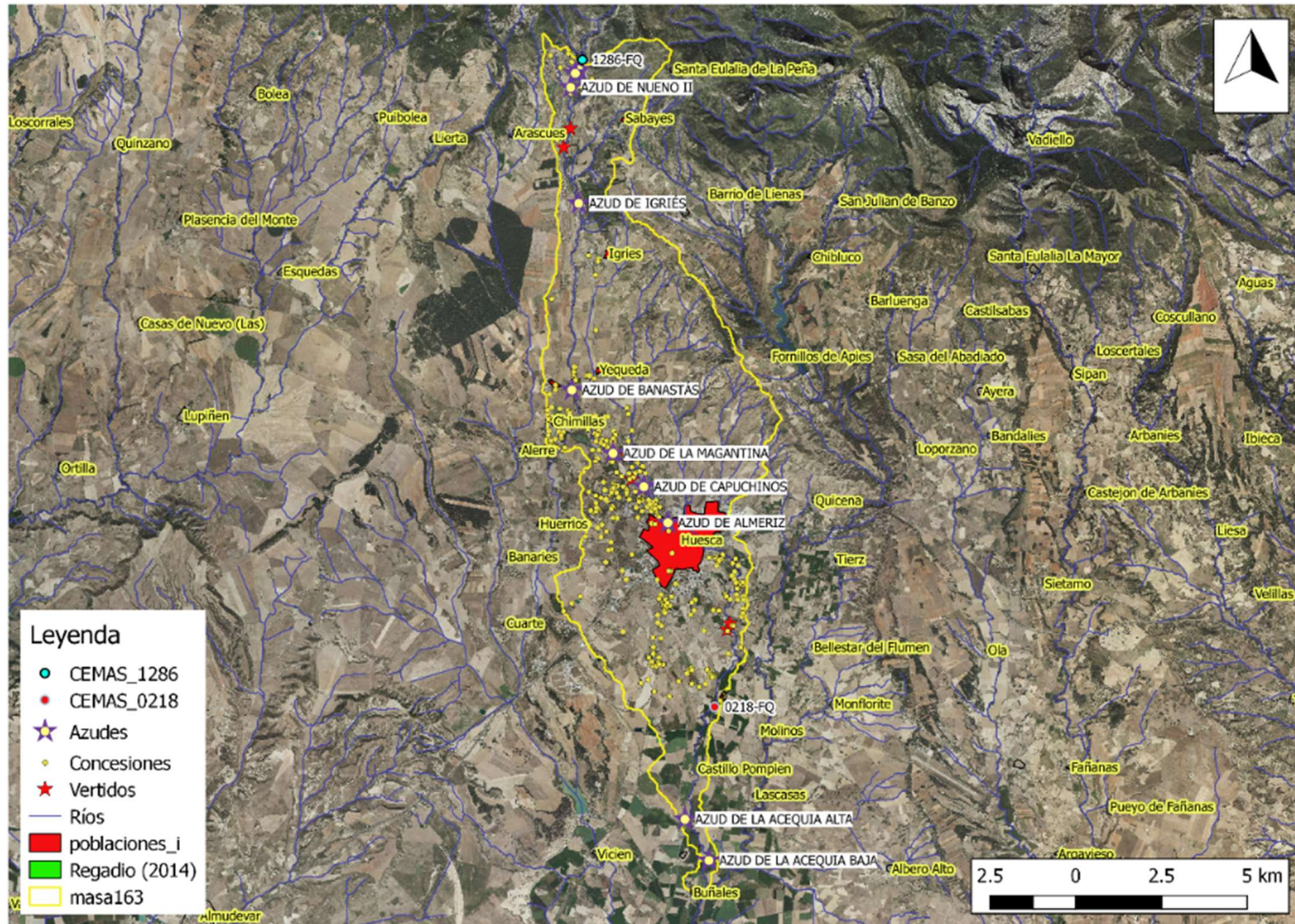
➤ **Alteración de Caudales Naturales**

Esta **presión** se identifica como **nula** en la Ficha IMPRESS de la MAS 163, aunque tras analizar los datos, pensamos que debería incrementarse a media o alta. El análisis de las captaciones existentes en esta masa de agua muestra que existen un total de 372 captaciones inscritas, de las cuales 348 son captaciones subterráneas (pozos o manantiales), 20 son derivaciones superficiales y 4 de manantiales. Las más relevantes son:

- Toma de la Comunidad de Regantes de Arascués, con un volumen máximo anual de 1,68 Hm<sup>3</sup>. Se sitúa en el Azud de Nueno II, también conocido como Azud de Huesca. Parte del agua se deriva a través de la “acequia de Huesca” a la alberca de Cortés, es el sistema de riego más grande del Isuela.
- Tomas para el abastecimiento (0,5 Hm<sup>3</sup>) de las localidades de Banastás, Yequeda e Igríes, a la altura del Azud de Banastás.
- Toma de la Comunidad de Regantes de Arguis, en el azud de Banastas, donde se puede derivar un volumen máximo de anual de 0,2 Hm<sup>3</sup> para regar 175 Ha.
- Entre las captaciones subterráneas se han analizado las del aluvial del río Isuela, son un total de 43 con un volumen máximo anual de 0,18 Hm<sup>3</sup>. El uso prioritario es el riego de más de 22,6 Ha. Solo hay 3 captaciones de uso industrial, 2 domésticas y 1 de uso ganadero (ovino).

Las alteraciones de regulación del flujo se producen por las derivaciones para uso agrícola y el abastecimiento de Banastas, Yequeda e Igríes. Existen 10 azudes en el tramo del río Isuela de la MAS 163, y 3 azudes más aguas arriba de la masa de estudio, entre el Pantano de Arguis y Nueno (**Figura 6**).





**Figura 6.** Azudes y captaciones localizados en la zona de estudio. Elaborado QGIS 2.18.16. Fuente: CHE



No hay datos que permitan determinar el caudal captado en cada uno de los azudes, aunque si se evidencia una presión importante, sobre un caudal que ya viene regulado por el embalse de Arguis. Esta impresión se confirmó durante la visita de campo realizada el día 19 de junio, y en las numerosas publicaciones consultadas sobre la cuenca del Isuela y sus sistemas de riego (Cuchi y Garcés, 2014; Sampietro et al., 2018).

➤ **Alteración morfológica**

En relación a estas alteraciones transversales, las que tienen un mayor predominio son los puentes y las pasarelas las cuales están presentes a lo largo de toda la masa de agua, y los azudes que se han citado en el apartado anterior. En la Ficha IMPRESS del año 2015 esta presión se califica como **media** debido a las **alteraciones longitudinales**, es decir, **los encauzamientos y las canalizaciones**. La más destacable es la que se produce en la propia ciudad de Huesca, donde el río está totalmente canalizado a lo largo de casi 1,5 km, con una regulación de los márgenes y lecho.



**Figura 7.** Azud de Almería, inicio de la canalización del río Isuela en el casco urbano de Huesca.

➤ **Fuentes difusas de contaminación**

Esta **presión** está considerada como **media** en la masa 163. En este informe la presión agrícola y ganadera se va a caracterizar a partir del Censo agrícola del año 2009 y las coberturas de la OPH.

La **presión por ganadería** se considera **media** en la ficha IMPRESS. Las instalaciones recogidas en el Censo agrario del año 2009 se muestrean en la **Tabla 3**. La presión ganadera más importante es por el sector porcino en el municipio de Huesca. En la tabla no se incluyen los datos de Albero Bajo porque apenas ocupa un 1% de la MAS 163.

**Tabla 3.** Carga ganadera en los municipios de la masa de agua. Datos de nº de cabezas de cada tipología y carga total en UG (unidades ganaderas). Censo agrario 2009.

Municipio	Vacuno	Ovino	Caprino	Equino	Porcino	Aves	U.G.
Huesca	2.995	4.579	224	137	156.572	244.325	<b>85.291</b>
Nueno	2.390	4.269	451	13	3.920	431.665	<b>10.876</b>
Igriés	0	388	37	40	6.095	380.000	<b>8.442</b>
Monflorite-Lascasas	750	306	0	24	3.548	91.100	<b>3.849</b>
Banastás	0	52	0	0	0	0	<b>5</b>
Chimillas	0	508	0	0	2	22	<b>52</b>

En cuanto a la **agricultura**, la presión de este sector se identifica como **nula** para los cultivos de regadío y **media** por los de secano. Para el análisis de la superficie de regadío en la masa de agua 163 nos hemos basado en la cobertura de regadío del año 2014 facilitada por el Área de Calidad de Aguas (**Figura 4**), y en el análisis más reciente de Sampietro *et al.* (2018). De acuerdo con los datos de la CHE en la MAS se localizan 973 hectáreas de regadío. De los seis municipios que se localizan en la zona de estudio, la mayor superficie de regadío se encuentra en Chimillas, Huesca y Monflorite-Las Casas. Sampietro *et al.* (2014) cuantifica el total de superficie regable por el sistema de riegos del Isuela cercano a las 2.500 hectáreas, e indica que *“la mayor parte del agua se destina para cultivos de invierno, sobre todo cebada, que cubren aproximadamente un 80% de la superficie.”* Esta incoherencia en los datos seguramente se debe a que parte de la zona regable queda fuera de la MAS 163.

➤ **Otras presiones**

Este apartado no aplica para el objetivo de este Estudio.

#### 4.4. Características litológicas e hidrológicas de la cuenca del Isuela

Como ya se comenta en el apartado de Antecedentes en la cuenca del Isuela hay un predominio de materiales detríticos (conglomerados, arcillas, ...) en donde priman los procesos de infiltración y percolación frente a los procesos de escorrentía subsuperficial y superficial, y es una de las causas de que el río Isuela aparezca y desaparezca entre el embalse de Arguis y la ciudad de Huesca. De hecho, durante la visita de campo se encontró el río seco aguas abajo del azud de Igriés. Estos materiales se localizan mayoritariamente en la cuenca media y baja del río Isuela, que coincide con la MAS 163 que analizamos en este estudio. En la **Figura 8** se identifican



dos litologías: “gravas, conglomerados, arcillas y limos” y “areniscas, conglomerados, arcillas, calizas y evaporitas”.

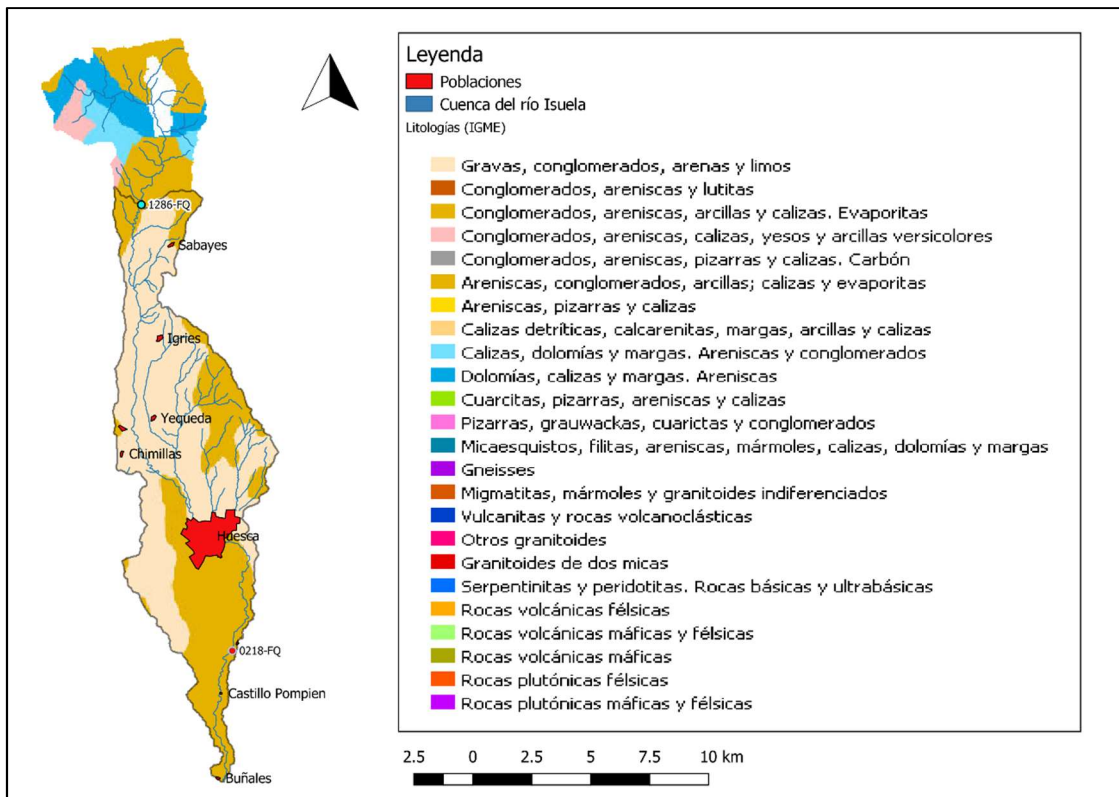


Figura 8. Mapa litológico de la cuenca del Isuela. Escala 1:1.000.000. Fuente: IGN, 2019.

Además, las diferencias de pendiente entre el tramo superior, medio y bajo de la cuenca del Isuela también afecta a la distribución del agua. La pendiente media en el tramo bajo, al atravesar la ciudad de Huesca es baja (entre 0-15%), lo que favorece los fenómenos de infiltración y percolación, frente a los de escorrentía de la parte alta, que tiene pendientes más altas, entre 16-75% (Sánchez, 2018).

En cuanto a su régimen natural, el Isuela sería un río típico típicamente prepirenaico o pluvial mediterráneo, muy irregular en sus aportaciones interanuales y mensuales. Debido a la regulación del embalse de Arguis, el caudal se ve modificado, las sueltas más importantes se realizan en primavera y verano, como muestra la variación de los niveles de agua embalsada (Tabla 4). Las más importantes según Sampietro et al (2018) son la de primeros de abril, que la valora en “casi un tercio del volumen embalsado”, y la de finales de octubre, para retirar los lodos del canal de desagüe.

Al analizar la variación mensual del volumen de agua embalsada en Arguis (Tabla 4) para el periodo 2010-2018, podemos ver que la mayor disminución se da entre agosto y septiembre. Prácticamente toda el agua que se suelta se extrae entre los azudes de Nueno, Arascues y Huesca para riego.

**Tabla 4.** Valores promedios mensuales de volumen embalsado y variación mensual en el Embalse de Arguis (EA044). Período 2010-2018. Fuente: SAIH, CHE.

Mes	Volumen medio (hm <sup>3</sup> )	Variación media mensual (Hm <sup>3</sup> )
Enero	1,29	0,20
Febrero	1,56	0,27
Marzo	1,69	0,13
Abril	1,87	0,18
Mayo	1,71	-0,16
Junio	1,83	0,12
Julio	1,50	-0,33
Agosto	1,14	-0,36
Septiembre	0,63	-0,52
Octubre	0,49	-0,14
Noviembre	0,71	0,22
Diciembre	1,09	0,38

La cuenca del Isuela recoge también aguas subterráneas desde la presa de Arguis hasta el acuífero MASb 091.055, aguas abajo de Huesca, incrementando el caudal superficial del río. Estas han sido resumidas en el reciente estudio hidroquímico de Sampietro *et al.* (2018), y en el estudio del IGME (2010) sobre el acuífero de la Hoya de Huesca donde se define el tramo del “río Isuela desde la ciudad de Huesca hasta la desembocadura en el río Flumen” – parte final de nuestra zona de estudio - como “río en régimen ganador con conexión difusa directa”, es decir que el río capta agua del acuífero. En el mismo trabajo del IGME (2010), también se identifican una serie de manantiales de segundo orden, es decir de escaso caudal (1-10 l/s), en el tramo de estudio, destacando los que se localizan entre Chimillas y Huesca, que también incrementan el caudal superficial del río Isuela (**Figura 9**).

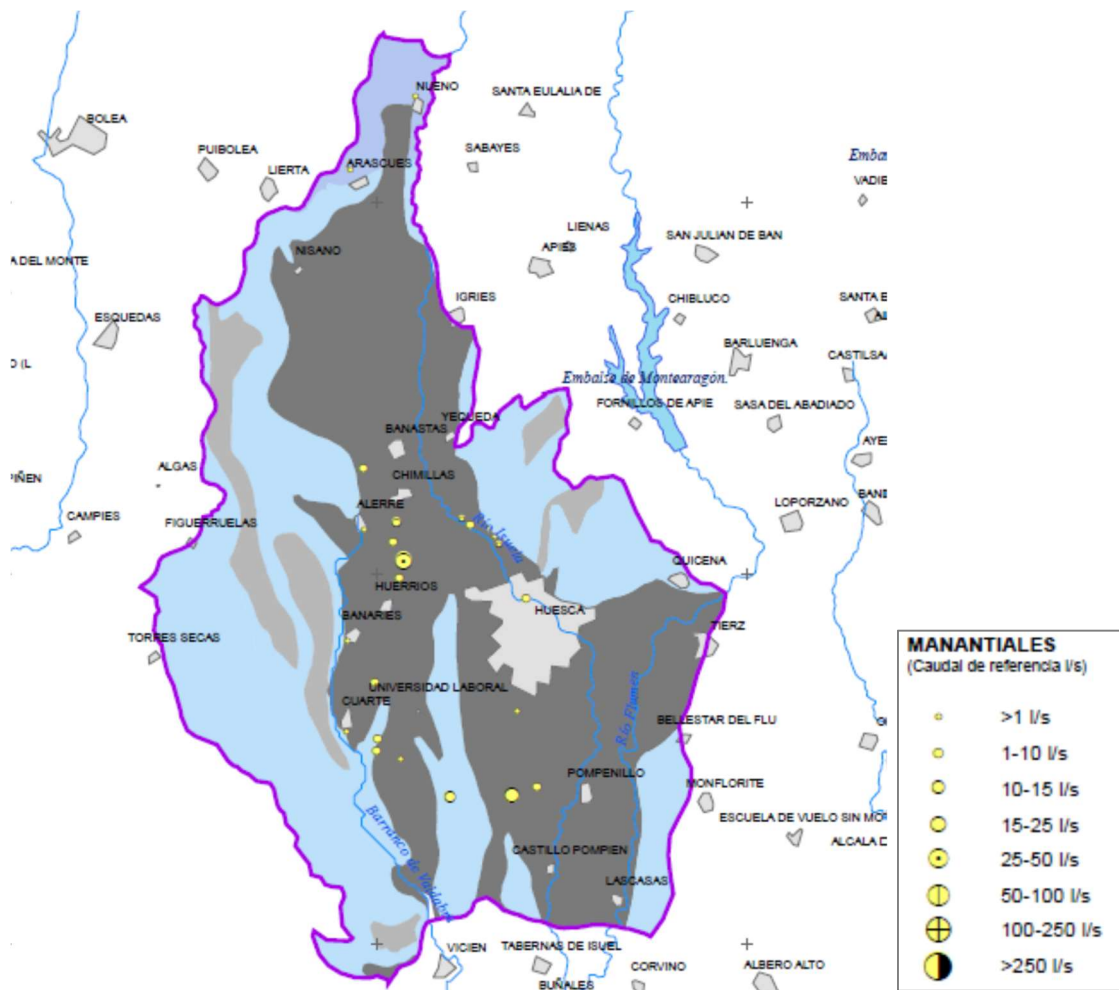


Figura 9. Detalle del “Mapa de manantiales. MASb 091.055 (HOYA DE HUESCA)”. Fuente: IGME, 2010

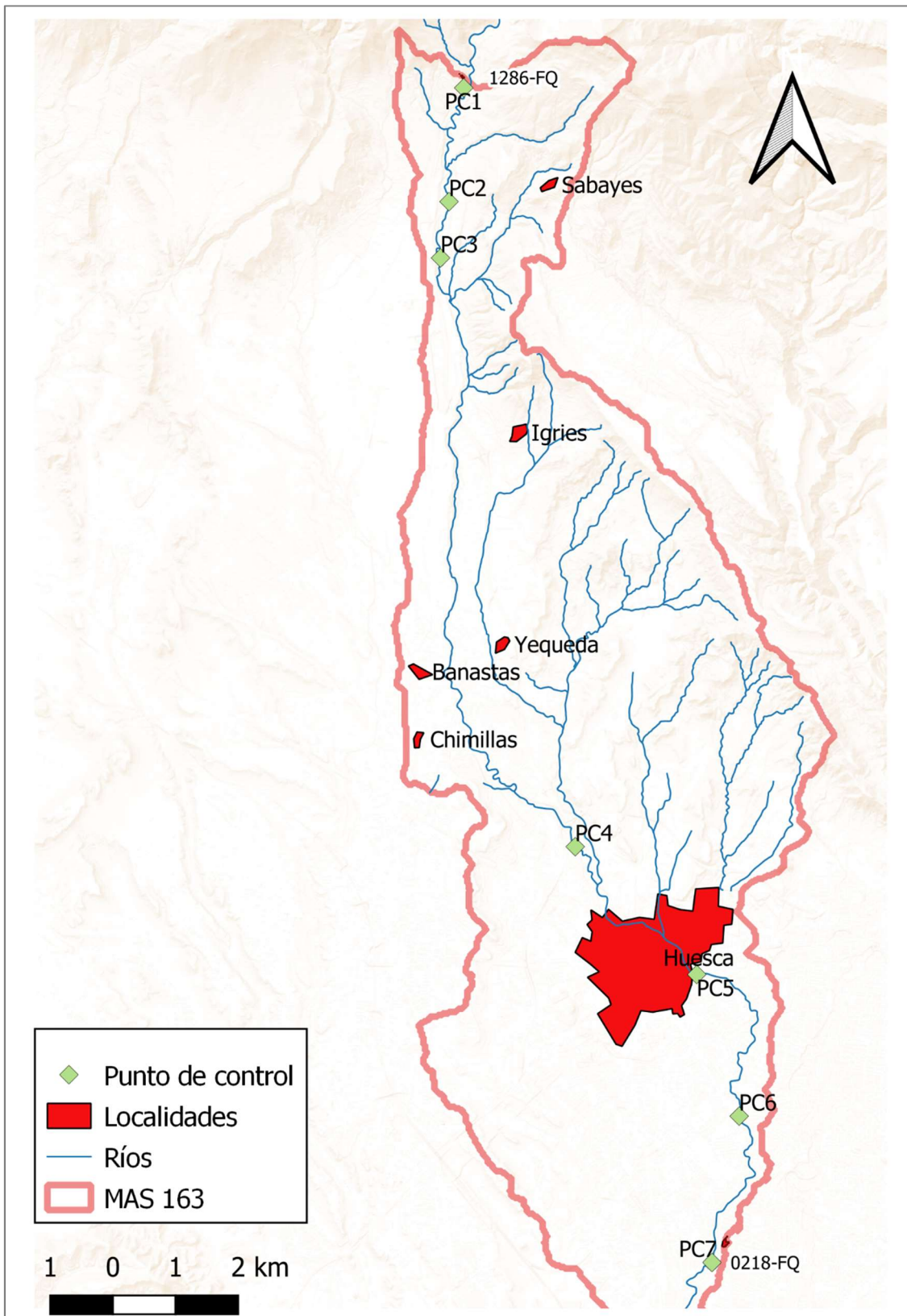
#### 4.5. Resultados de la visita de campo

Por último, en la visita de campo realizada el día 19 de junio se efectuaron diferentes paradas para evaluar visualmente el impacto de las detracciones de agua y medir “in situ” algunos parámetros físico-químicos que permita evaluar el impacto de los vertidos (depurados y sin depurar) en el río Isuela. Los puntos de control (PC) se identifican en la **Figura 10**, en el Anexo 2 se incluyen la ubicación exacta de los mismos mediante coordenadas.

El perfil se definió a partir de la información recopilada en los apartados anteriores, la Dirección del estudio y los Agentes Medioambientales de la zona.

La elección de los parámetros a medir “in situ” – amonio, nitratos y fosfatos - se basa en los incumplimientos de los resultados históricos de la MAS 163.





**Figura 10.** Situación de los Puntos de Control (PC) ubicados en la MAS 163 del río Isuela. Elaborado QGIS. Modelo Digital del Terreno 25 m. Fuente: IGME y CHE.

A continuación, se muestran los principales resultados de cada parada:

- La visita se inició en las compuertas del embalse de Arguis, se observó que en el momento de la inspección las compuertas del aliviadero estaban cerradas. El caudal circulante proviene de las fugas de la presa y de surgencias naturales de la Sierra.



Detalle del aliviadero de la presa de Arguis.



Aspecto del río Isuela, aguas abajo de la presa de Arguis, canalizado. Detalle de la presa y el aliviadero.

- La siguiente parada se realizó en el Azud de Batán, es un nuevo azud que reemplaza los de las acequias de Arenales y Soma. Se localiza aguas arriba de Nueno, fuera de la MAS 163. Desde el núcleo urbano, también se accedió a dos pequeños azudes que derivan agua a las huertas de la localidad.



Aspecto del río Isuela, aguas arriba del azud de Batán.



Azud de Batán, tomas de riego.





Acequia de Callizo, en Nueno.



Acequia del Molinar, en Nueno.

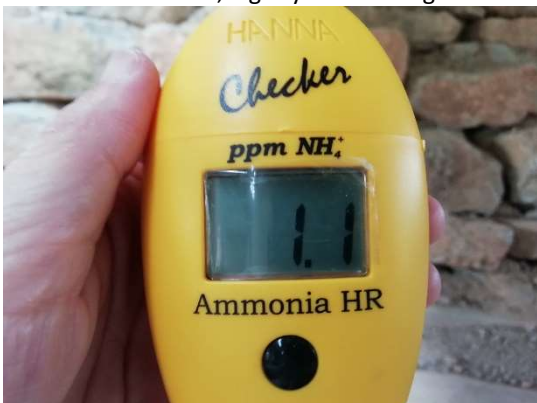
- **PC1.** Río Isuela aguas abajo del vertido de la EDAR de Nueno. Para controlar este vertido se localizó el desagüe del núcleo de Nueno, y se muestreó aguas abajo. Se desestimó muestrear en la CEMAS 1282 (aguas arriba) para poder incluir este impacto. El promedio de las mediciones de  $\text{NH}_4$  fue de 1,3 mg/L, por encima del umbral de buena calidad (0,6 mg/L).  
 $\text{PK}_{(\text{MAS } 163)} = 0.15$



PC0. Aspecto del lecho del río aguas abajo de la EDAR de Nueno, algas y materia orgánica.



Vertido urbano de Nueno al río Isuela.



Medición de amonio en el PC0, aguas abajo del vertido de Nueno.



CEMAS 1282. Río Isuela en el puente de Nueno, el lecho del cauce estaba limpio.

- **PC2.** Río Isuela entre el azud Nueno II (o de Huesca) y el vertido de la EDAR de la Urbanización de Nueno. Tras la toma de la acequia de Huesca el río Isuela se queda



prácticamente seco, desde la acequia se deriva aguas a la alberca de Cortés y la de Loreto. Las mediciones de amonio muestran una mejora, la concentración media baja hasta 0,4 mg/L. PK (MAS 163) = 2,73.



Río Isuela, aguas arriba del Azud de Bueno II.



Acequia de Huesca.



PC2. Aspecto del río Isuela aguas arriba del vertido de la EDAR de la urbanización.





EDAR de la urbanización de Nueno.



Aspecto del río tras el vertido de la EDAR.

- **PC3 (sin analítica FQ).** Para controlar el impacto de los vertidos de la EDAR de la urbanización y del Hotel Monrepos se intentó muestrear entre los vertidos y el azud de Igríes. Pero el río estaba seco, en este tramo aparece y desaparece durante algunos kilómetros, el origen de estas aguas son los acuíferos y/o manantiales por lo que no se muestrea. Entre el azud de Igríes y Banastás, el río vuelve a quedarse seco durante más de 2 km por su litología (Fotografía inferior), excepto en época de lluvias que tiene flujo superficial. En el azud de Banastás, el río recupera parte de su caudal por un aporte de la acequia de Huesca, pero las aguas se derivan a la acequia de “Coliñenigue”, y el cauce vuelve a quedarse seco. PK (MAS 163) = 3,70.



PC3. Tramo del río Isuela seco, aguas abajo del Hotel Monrepos.





Azud de Igríes con abundante vegetación y muy colmatado.



Azud de Banastás, el río deja de circular superficialmente.



Cauce seco del río Isuela entre ambos azudes, en el término de Igríes.

- **PC4.** Río Isuela antes de ser canalizado en la ciudad de Huesca. El punto de muestreo se ubicó en un paso para coches del río Isuela, en una zona natural con abundante vegetación, aguas arriba del azud de Capuchinos. En este tramo el río no muestra signos de contaminación. El agua circulante proviene de los aportes de los ibones de Yequeda, del barranco de Manjarres y de las fuentes de Marcelo (Sampietro et al. 2018). PK<sub>(MAS 163)</sub> = 15,52.

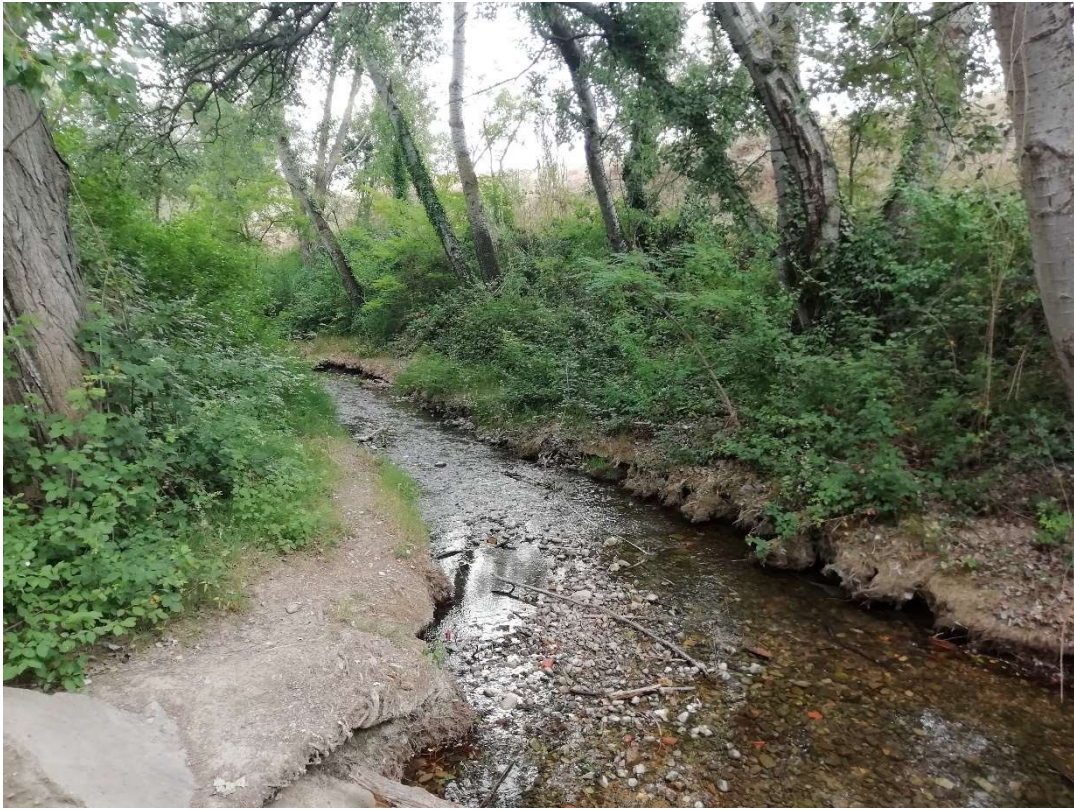


Azud de Capuchinos en tramo salvaje del río.



Acequia de Capuchinos.





PC4. Punto de control en el río Isuela, antes de la canalización de Huesca.



Medición del NH4 en el PC4.



Detalle del lecho del río en PC4.

- **PC5.** Canalización río Isuela. En el azud del Puente de San Miguel o Almériz comienza la canalización del río Isuela. En este tramo el río se vuelve a quedar prácticamente seco ya que el agua se deriva por la acequia del mismo nombre. El punto de control se localiza después del tramo canalizado, para evaluar la calidad del río antes de recibir el vertido de la EDAR de Huesca. La concentración de amonio se incrementa ligeramente, el valor medio es 0,7 mg/L. En este tramo los únicos aportes al río Isuela son los vertidos de alguna casa que no está conectada a la red de alcantarillado, y también de los aliviaderos del alcantarillado que recogen aguas del frático y los bombeos de los garajes de Huesca. En época de lluvias también puede haber aportes de los barrancos del Infierno y de la Alfandiga. PK (MAS 163) = 18,91.





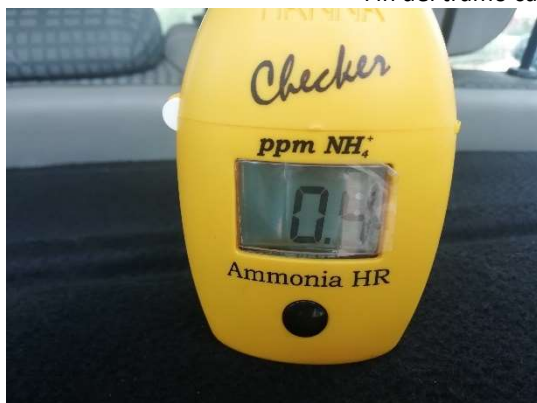
Azud del puente de San Miguel, inicio de la canalización del río.



Aspecto del río en su tramo canalizado.



Fin del tramo canalizado (PC5).



Medición de amonio (promedio de las tres mediciones realizadas  $\bar{x}=0,7$  mg/l) en el PC5.



- **PC6.** Río Isuela aguas abajo de la EDAR de Huesca. El punto de control se ubica después del vertido de la EDAR en un vado para coches. La concentración media de amonio es de 35 mg/L. El oxígeno disuelto, otro indicador de contaminación orgánica, baja drásticamente de valores de 11,5 a 5,5 mg/L. El día de la visita se observaron gran cantidad de residuos y olor a aguas fecales. PK <sub>(MAS 163)</sub> = 22,35.



Vado para coches sobre el río Isuela (PC6). Agua turbia. Abundantes residuos.



Medición de amonio en el PC6.



Aspecto del río tras el vertido de la EDAR Huesca.

- **PC7.** CEMAS 0218, río Isuela en Pompenillo. La última parada se realiza en la estación de la Red CEMAS de la CHE, con el objeto de ver la capacidad de autodepuración del río. Se observa que la concentración de amonio se mantiene, valor medio 37 mg/L. El caudal ha disminuido respecto al tramo anterior, a pesar de los retornos de riego. PK <sub>(MAS 163)</sub> = 25,24.



PC7 Río Isuela en Pompenillo. CDEMÁS 0218.



Medición puntual de amonio en el PC7.

Los resultados de los parámetros físico-químicos medidos durante la visita se recogen en la **Tabla 5**. En rojo se han destacado los valores que han superado el valor del umbral de cambio de estado “Bueno” a “Moderado” (RD. 817/2015).

**Tabla 5.** Mediciones realizadas “in situ” durante la visita de campo del día 19/06/2019.

19/06/2019	PC	NH4	PO4	Tº	pH	Cond	O2	O2	Calidad Físicoquímica
Hora		mg/L	mg/L	ºC	Ud. de pH	µS/cm	mg/L	% sat.	
11:50	1	1,3	<0,4	18,7	8,5	1029	6,4	ND	Mo
12:15	2	0,4	<0,4	15,7	8,3	967	8,25	89,3	B
12:30	3	Río seco							
13:15	4	0,0	<0,4	17,3	8,7	834	8,2	90,4	B
14:05	5	0,7	<0,4	25,7	8,9	858	11,5	148,2	Mo
14:30	6	35,0	0,55	22,7	8,3	1131	5,5	67,4	Mo
14:50	7	36,0	1	22,9	8,5	1141	4,9	59,5	Mo

Todos los tramos fluviales estudiados presentan un pH básico, entre 8,3 y 8,9. La temperatura presenta claras diferencias entre el tramo superior y la ciudad de Huesca, con valores que oscilan entre 15,7 y 25,7 grados. Este último valor se midió al final del tramo canalizado de la ciudad de Huesca, y se explica por el efecto del hormigón y la total ausencia de vegetación. Por su parte, la conductividad presenta oscilaciones a lo largo de su recorrido, entre los 834 y los 1141 µS/cm en los diferentes puntos. Entre el PC1 y el PC4 se produce una reducción del 24% en la conductividad, en este tramo se localizan varios manantiales (Figura 9). Los valores vuelven a incrementarse por el aporte del vertido de la EDAR de Huesca.

El amonio supera en varios tramos el valor de referencia de 0,6 mg/L. Este parámetro es un indicador de la contaminación de origen urbano. En los dos tramos afectados se relaciona con vertidos de aguas residuales. Al inicio de la MAS 163 debido al vertido de la EDAR de Nueno. Hay que destacar que el río se recupera rápidamente, seguramente por los aportes de aguas (subterráneas y manantiales) en su recorrido. El tramo inferior desde la canalización (PC5) hasta la estación de Pompenillo (PC7) la concentración de amonio vuelve a subir, en el tramo urbano

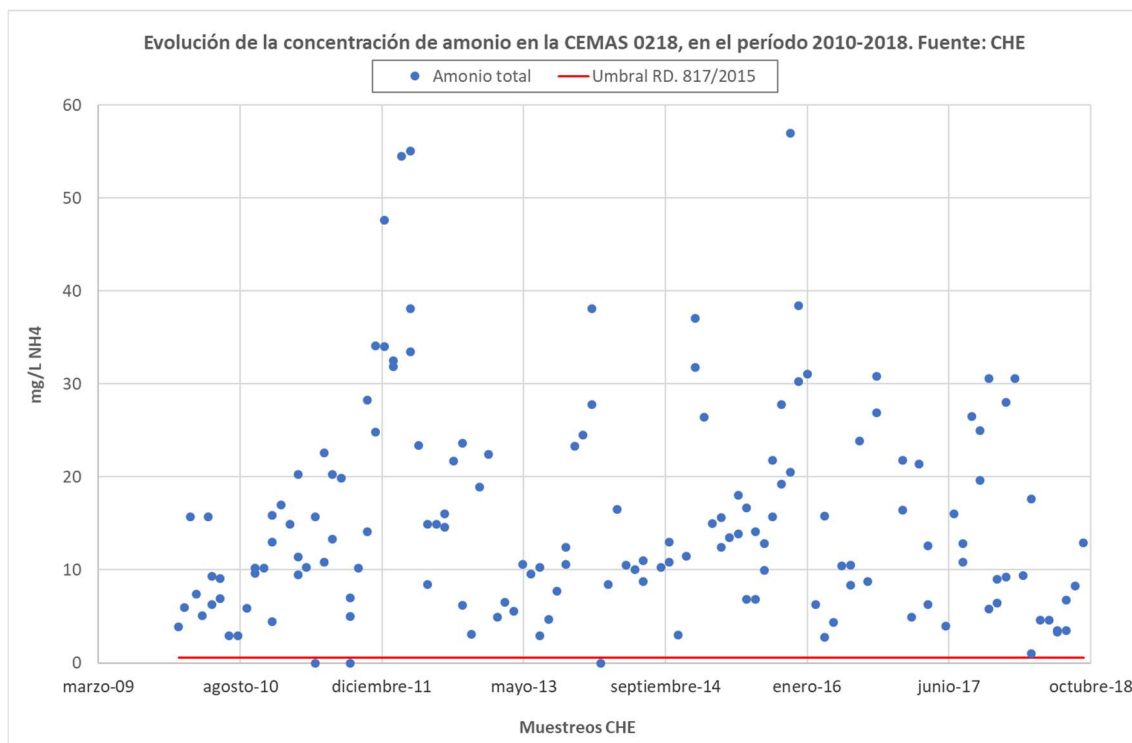
(PC4) debido al vertido sin depurar de alguna vivienda aislada cercana al cauce; y desde el PC5 hasta el final del tramo estudiado, por el vertido de la EDAR de Huesca.

La concentración de oxígeno también muestra claros signos de contaminación aguas abajo del tramo canalizado (PC5) se supera el valor de 120 % saturación seguramente por la fotosíntesis algal, mientras que aguas abajo de la EDAR de Huesca (PC6) se reduce debido a la carga orgánica y la actividad bacteriana de sus aguas.

Los fosfatos se detectan por primera vez aguas abajo del vertido de la EDAR de Huesca (PC6 y PC7). En el resto del río, el día del muestreo, todos los valores medidos estuvieron por debajo del valor de referencia (0,4 mg/L).

#### 4.6. Representación gráfica de resultados históricos

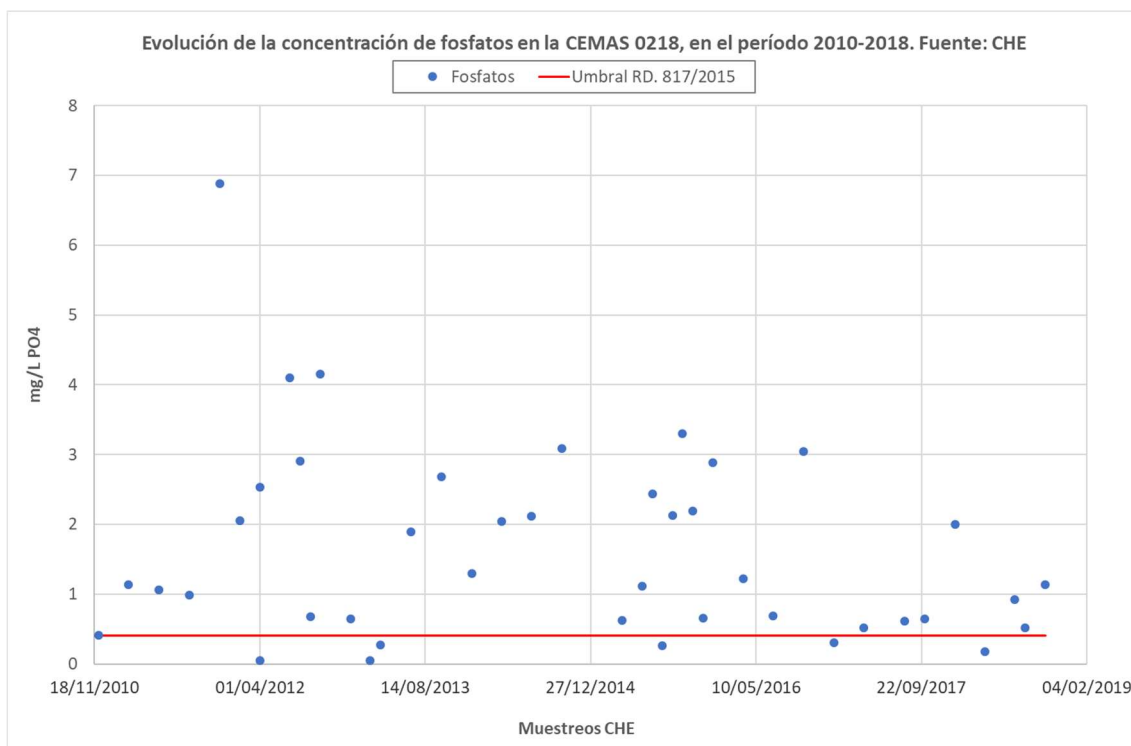
**Concentración de amonio:** Se han analizado todos los resultados del Laboratorio de Calidad de las Aguas de la CHE entre los años 2010 y 2018. Este parámetro se supera en el 100% de los muestreos en la CEMAS 0218, y en ninguna ocasión en la CEMAS 1286. En la gráfica inferior se representan los valores. De los 150 análisis realizados solo en 2 ocasiones no se ha superado el límite de detección de la técnica, los valores oscilan entre los 0,98 y 57 mg/L. En la visita de campo realizada se detectó amonio en varios tramos de la masa de agua, las mayores concentraciones (> 35 mg/L) se detectaron aguas abajo del vertido de la EDAR de Huesca.



**Figura 11.** Representación gráfica de los valores de amonio (mg/l) en la CEMAS 0218, Isuela en Pompenillo, entre los años 2010-2018, respecto al umbral de 0,6 mg/L del RD. 817/2015. Analizados por el laboratorio de Calidad de Aguas de la CHE.



**Concentración de fosfatos:** El laboratorio de Calidad de Agua ha realizado 43 análisis de fosfatos entre los años 2010 y 2018. La concentración ha oscilado entre los 0,05 y 6,88 mg/L PO<sub>4</sub>. El valor promedio es de 1,66 mg/L. En la visita de campo realizada el 19 de junio solo se detecta una concentración superior a 1mg/L aguas abajo del vertido de la EDAR de Huesca (PC6).



**Figura 12.** Representación gráfica de los valores de fosfato (mg/l) en la CEMAS 0218, Isuela en Pompenillo, entre los años 2010-2018, respecto al umbral de 0,4 mg/L del RD. 817/2015. Analizados por el laboratorio de Calidad de Aguas de la CHE.

## 5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones son las siguientes:

- Toda la MAS 163 se encuentra sometida a una **fuerte presión por variaciones de su caudal** natural, que se traduce en el repetido incumplimiento del caudal ecológico.
  - La gestión actual del embalse de Arguis no contempla el caudal ecológico del río Isuela. Al situarse todas las acequias aguas abajo del embalse todo el caudal que se suelta se deriva para riego, y el río queda seco.
  - Las derivaciones actuales más importantes (azud de Nueno II, Igríes y Banastás) deberían revisarse para que tengan una gestión adecuada y permitan que el agua siempre circule por el río.
  - Entre las medidas del Anejo 4.1. del PHCE no se contemplan medidas específicas de “Modernización del regadío” en la MAS 163, por lo que se recomienda incluirlas pues una mejor gestión de las concesiones debería traducirse en una mejora de la calidad de esta masa de agua.

- En relación a los **indicadores físico-químicos**, en la MAS 163 del río Isuela se supera la “Buena calidad” en varios de los parámetros que se usan para la valoración del estado ecológico. La mayor parte de ellos tienen un carácter repetido a partir del vertido de la EDAR de Huesca, como muestran los incumplimientos de la CEMAS 0218, y puntual en la parte alta de la masa de agua, que muestra una buena capacidad de recuperación.
  - En el tramo alto de la MAS 163 los aportes de aguas subterráneas y manantiales permiten que el río Isuela se recupere de los vertidos que recibe.
  - En la parte final de la MAS 163, a partir del tramo canalizado de la ciudad de Huesca el río no tiene capacidad para depurar los vertidos que recoge.
- Respecto al **caudal** no existen datos de ninguna estación de aforo que permita ver la tendencia real de este parámetro.
  - Sería conveniente poner en funcionamiento la EA del río Isuela en Pompenillo para conocer el caudal real del río Isuela, así como profundizar en la interacción de este río con la masa de agua subterránea 091.055 (Hoya de Huesca) siguiendo las recomendaciones del trabajo realizado por el IGME (2010).
  - Los datos de variación del volumen del embalse de Arguis muestran que los aportes del mismo no corresponden con el hidrograma natural de río mediterráneo, ya que las principales variaciones se dan en primavera y verano, aunque esto no afectaría a toda la MAS 163 pues los diferentes azudes del tramo superior dejan seco el cauce.
- La **canalización** del río en la ciudad de Huesca tiene una incidencia negativa en cuanto a la calidad físico química (temperatura y el oxígeno disuelto), la calidad biológica y morfológica, pues hace que el cauce se haya quedado fijo, sin capacidad de movimiento lateral. Existen diferentes Trabajos Fin de Grado que han abordado una restauración del río Isuela, mediante una naturalización de sus riberas y la construcción de tanques de tormenta para recoger las aguas de escorrentías de las zonas cementadas y de los polígonos industriales.
- **El vertido de la EDAR de Huesca** supone un importante deterioro en la calidad físico-química del tramo final de la MAS 163. Entre las medidas del PHCE 2016-2021 se contempla “la reutilización de las aguas residuales de la EDAR de Huesca”. Esta medida reduciría de forma drástica el caudal circulante en el tramo final del río, por lo que se recomienda estudiar en profundidad el impacto de esta medida en la calidad del río. Sería más interesante estudiar una eliminación del nitrógeno en el vertido final, o instalar un tanque de homogenización que permita verter un volumen continuo m en vez de sueltas puntuales (Sampietro *et al*, 2018).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

CUCHI, J. A., y C. GARCÉS (2008). Aportaciones a la evolución del sistema de riego del Isuela en la ciudad de Huesca. *Anales de la Fundación Joaquín Costa*, 25: 43-58.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (2010). *Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Demarcación Hidrográfica del Ebro. Masa de Agua Subterránea 091.055 Hoya de Huesca*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Dirección General de Aguas.

SAMPIETRO, H., ZUFIAURRE, R., LÓPEZ-FLORES, R. Y CUCHI, J.A. (2018). Estudio hidroquímico del río Isuela (Huesca). *Anales de la Fundación Joaquín Costa*, 20: 219-250.

SÁNCHEZ GIMÉNEZ, J.R. (2018). *La Rehabilitación Fluvial en el Ámbito Urbano. Estudio de caso: El río Isuela (Trabajo Fin de Grado)*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

CHE (2016): Anexo 4 (Objetivos Ambientales) del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro 2015-2021.

CHE: Informes de seguimiento del Área de Calidad de la CHE de la Red CEMAS (2010-2016) e informes de la Red de Control Biológico en ríos (2007-2016). Disponible en: [<http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=28045&idMenu=4106>]

Resultados analíticos obtenidos en la estación de control 0218 Isuela en Pompenillo y 1286 Isuela en el puente de Nueno. Disponible en: [<http://www.datossuperficiales.chebro.es:81/WCASF/>]

Informes del Análisis de Presiones e Impactos (IMPRESS) de la MAS 163. Disponible en: [<http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=22069&idMenu=4044>]

Expedientes de vertidos y concesiones disponibles en la aplicación INTEGRADA de la CHE, que se pueden consultar en el Visor Cartográfico [<http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx>]

Datos de aportaciones de los modelos incluidos en el Anejo VI (Sistemas de Explotación) del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro 2010-2015. Disponible en: [<http://www.chebro.es:81/Plan%20Hidrologico%20Ebro%202010-2015/Memoria/7.-%20Anejos/>]

Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. (BOE número 219, sábado 12 de septiembre de 2015, Sección I, Páginas 80582 a 80677, disponible en <http://www.boe.es>)

## ANEXO 1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES CON R COMMANDER

Se ha realizado un análisis multivariable con todos los análisis de la CEMAS entre 2010-2018. La variabilidad del 70% de la muestra no se explica con 3 componentes, por lo que la correlación no es buena. Los resultados obtenidos se presentan bajo estas líneas

Component loadings:

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	[...]
DQO	0.1339597	<b>0.46654360</b>	0.444586085	0.27252890	0.0633272	0.04104738	0.10437859	
NH4	0.1470534	<b>0.41910434</b>	-0.360273036	0.27555418	-0.1199386	-0.57786626	0.33095773	
NO2	-0.3054447	-0.26179642	<b>0.319460680</b>	0.34397153	-0.1118341	-0.60318544	-0.14322941	
NO3	<b>-0.3645644</b>	-0.25398007	0.004736611	0.39485532	0.1469654	0.31695680	0.72175747	
<b>O2</b>	<b>0.4806930</b>	-0.30763133	-0.017823387	0.08727634	-0.2668534	0.05308415	0.13859333	
<b>pH</b>	<b>0.2673202</b>	-0.17619274	-0.084124955	0.56629885	0.6014305	0.05495057	-0.39434428	
PO4	-0.1944360	0.26568743	<b>-0.298180242</b>	0.46956162	-0.5285785	0.40254302	-0.33065657	
SES	0.2025097	0.25076116	<b>0.644833691</b>	0.06358289	-0.1032560	0.16578509	0.04594570	
<b>Tª</b>	<b>-0.4963404</b>	-0.09493793	0.209544213	-0.01643966	-0.1272865	-0.05652905	-0.22598405	
X..O2	0.3263913	<b>-0.45329933</b>	0.120181472	0.14986008	-0.4564104	-0.03915117	0.02990833	

Component variances:

Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7
3.119823590	2.191492781	1.567953736	1.199505923	0.681919486	0.537519389	
0.360450200						
Comp. 8	Comp.9	Comp.10				
0.209191593	0.125043566	0.007099735				

Importance of components:

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7
[...]							
Standard deviation	1.7663022	1.4803691	1.2521796	1.0952196	0.82578416	0.73315714	
Proportion of Variance	0.3119824	0.2191493	0.1567954	0.1199506	0.06819195	0.05375194	
<b>Cumulative Proportion</b>	<b>0.31</b>	<b>0.53</b>	<b>0.68</b>	0.8078776	0.87606955	0.92982149	
0.96586651							



## ANEXO 2. VISITA DE CAMPO

**Tabla 6.** Ubicación de los puntos de control donde se realizaron análisis “in situ” durante la visita del día 19/06/2019. Evaluación de la calidad a partir de los resultados obtenidos.

Hora	PC	Descripción	Coord X	Coord Y	PK (Km)	Calidad EC
11:50	1	Río Isuela aguas abajo vertido Nueno.	711173	4682082	0,15	Moderado
12:15	2	Río Isuela tras el azud de Nueno II	711406	4680601	2,73	Bueno
12:30	3	Río Isuela tras el vertido EDAR Urb. De Nueno	711055	4680520	3,70	SECO
13:15	4	Río Isuela (antes canalización)	713090	4670300	15,52	Bueno
14:05	5	Río Isuela (fin de la canalización)	715020	4668275	18,91	Moderado
14:30	6	Río Isuela aguas abajo vertido EDAR Huesca	715691	4666012	22,35	Moderado
14:50	7	CEMAS 0218. Río Isuela en Pompenillo	715250	4663658	25,24	Moderado

El punto kilométrico o PK se ha medido desde el inicio de la MAS 163, el puente de Nueno, usando el sistema de información cartográfica libre QGIS. 3.6.3.