

## CARACTERIZACIÓN DEL SEDIMENTO EN LOS EMBALSES DE LA PEÑA Y LA SOTONERA



*Embalse de La Peña*



*Embalse de La Sotonera*

**Diciembre 2014**

**Título del Informe:** Caracterización del sedimento en los embalses de La Peña y La Sotonera.

**Proyecto nº:** 46300489

**Status:** Final

**Cliente:** Confederación Hidrográfica del Ebro

### PREPARACIÓN DEL DOCUMENTO / REGISTRO DE APROBACIONES

	Nombre	Firma	Fecha	Cargo
<b>Preparado y Revisado por:</b>	Jordi Cirera		08-01-2015	Técnico Superior
	Xavier Julia			
<b>Aprobado por</b>	Montserrat Real		09-01-2015	Directora de Proyectos

### REGISTRO DE REVISIONES DEL DOCUMENTO

Edición nº	Fecha	Detalle de las Revisiones
1	Enero 2015	Edición original

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</b> .....	<b>2</b>
2.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	2
2.1.1. <i>Puntos de Muestreo</i> .....	3
2.2. METODOLOGÍA.....	3
2.2.1. <i>Trabajo de campo</i> .....	3
2.2.2. <i>Análisis de laboratorio</i> .....	5
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>6</b>
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SEDIMENTO .....	6
3.1.1. <i>Embalse de La Peña</i> .....	6
3.1.2. <i>Embalse de La Sotonera</i> .....	11
3.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO .....	14
3.2.1. <i>Embalse de La Peña</i> .....	14
3.2.2. <i>Embalse de La Sotonera</i> .....	16
<b>4. COMPARATIVA CON NIVELES DE REFERENCIA</b> .....	<b>17</b>
4.1.1. <i>Embalse de La Peña</i> .....	19
4.1.2. <i>Embalse de La Sotonera</i> .....	20
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>20</b>

### **ANEXOS**

**Anexo 1. Planos**

**Anexo 2. Reportaje Fotográfico**

**Anexo 3. Informes de Ensayo del Laboratorio**

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El presente informe ha sido redactado por URS para la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE), y describe la metodología y los resultados del muestreo de sedimento en los embalses de La Peña y La Sotonera, ubicados en la cuenca del río Gállego, entre los días 3 y 4 de diciembre de 2014.

El traslado de los residuos del vertedero de Bailín a una celda de seguridad, realizado este verano, ha generado una contaminación por hexaclorociclohexano (HCH) en el río Gállego, con repercusiones medioambientales que es preciso evaluar. Actuaciones posteriores al traslado de residuos han detectado la existencia de HCH en los embalses de La Peña y de La Sotonera.

El objetivo de los trabajos es la caracterización *in situ* del sedimento en los embalses de La Peña y La Sotonera, y la toma de muestras de sedimento con el fin de evaluar el grado contaminación en el laboratorio.

URS agradece al personal de la CHE su soporte para la realización de los trabajos de campo, así como en la facilitación de la información relacionada con la gestión de los embalses.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

### 2.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de estudio está formado por los embalses de La Peña y La Sotonera, situados en la cuenca del río Gállego (Figura 1).

- El embalse de La Peña es el primer reservorio de agua del río Gállego, y se sitúa en el municipio de Las Peñas de Riglos. Recoge las aguas de los ríos Gállego y Asabón, y está destinado al riego agrícola. Tiene una capacidad máxima de 25,1 hm<sup>3</sup>, y la superficie máxima inundada es de 321 ha.
- El embalse de La Sotonera se sitúa en el municipio de Alcalá de Gurrea. Recoge las aguas de los ríos Astón, Sotón y alberca de Alboré. También recibe las aguas del río Gállego, derivadas en el embalse de Ardisa. Está destinado al riego agrícola, y tiene una capacidad máxima de 189 hm<sup>3</sup>.

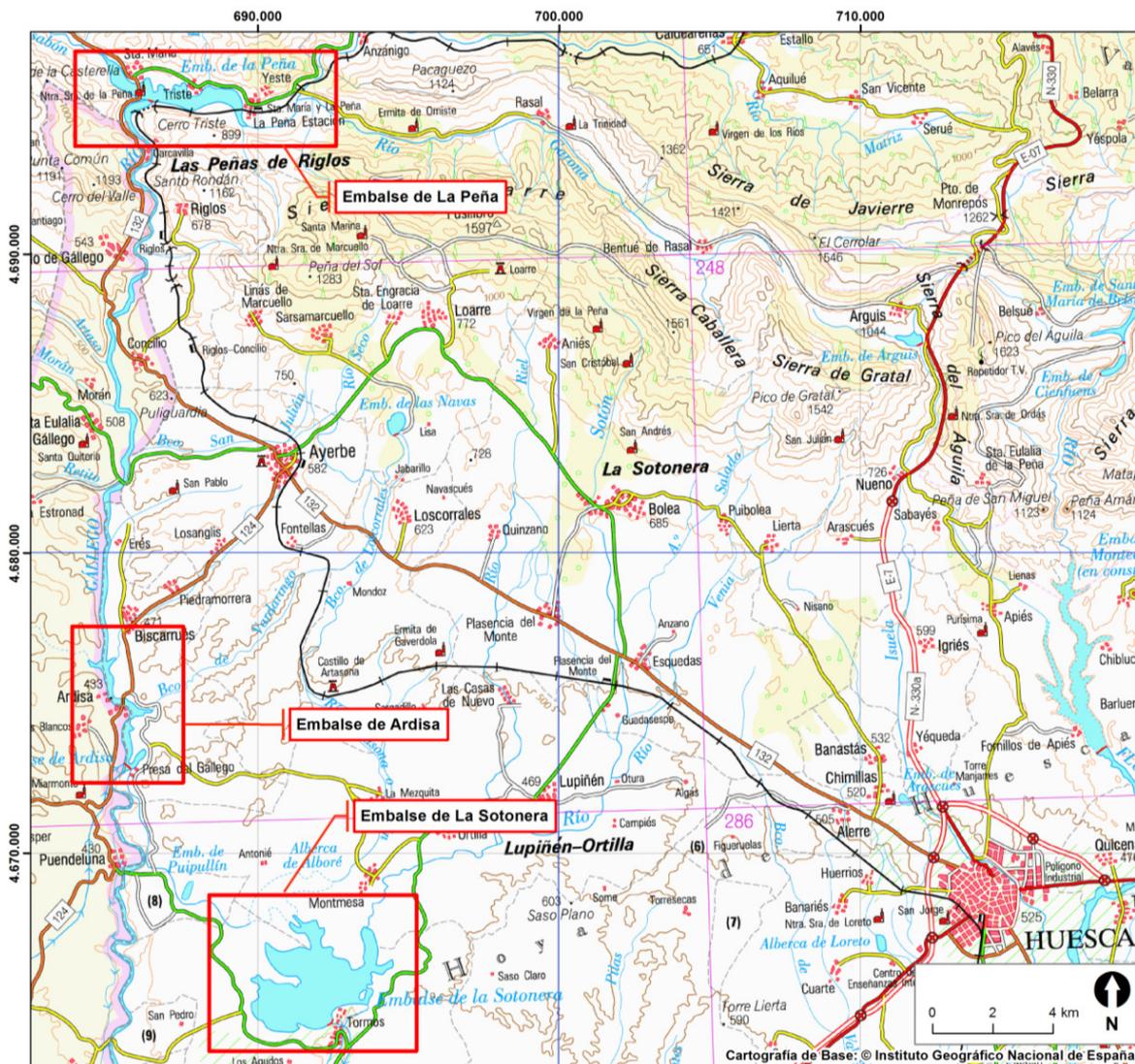


Figura 1. Ámbito de estudio.

### 2.1.1. PUNTOS DE MUESTREO

La caracterización del sedimento en los embalses de La Peña y La Sotonera se ha abordado a partir del muestreo en las estaciones indicadas en la Tabla 1. Su situación espacial se muestra en el Plano 1 del Anexo 1.

**Tabla 1.** Estaciones de muestreo.

EMBALSE	CÓDIGO	LUGAR	UTM Huso 30 (ETRS89)	
			UTM X	UTM Y
Embalse de La Peña	P1	Cola del embalse de La Peña, río Gállego.	688.706	4.695.043
	P2	A 1,91 km aguas arriba de la presa.	688.275	4.694.995
	P3	A 1,9 km aguas arriba de la presa.	688.263	4.694.879
	P4	Delante del núcleo urbano de Triste.	687.733	4.694.987
	P5	A 1,38 km aguas arriba de la presa.	687.718	4.694.761
	P6	A 1,07 km aguas arriba de la presa.	687.448	4.695.007
	P7	A 1,04 km aguas arriba de la presa.	687.417	4.694.781
	P8	490 m aguas arriba de la presa.	686.874	4.694.992
	P9	206 m aguas arriba de la presa.	686.564	4.694.992
	P10	480 m aguas arriba de la presa, en el brazo del río Asabón	685.948	4.695.145
Embalse de La Sotonera	S1	Entrada del canal del Gállego en el embalse.	689.861	4.667.494
	S2	322 m aguas abajo del punto S1.	690.056	4.667.767
	S3	Canal del Gállego, dentro del vaso del embalse.	690.773	4.667.766
	S4	Al oeste del paraje de Pandera de Santa Cilia.	691.674	4.667.487
	S5	Final del canal del Gállego, dentro del vaso del embalse.	691.322	4.667.130
	S6	Al oeste del paraje de El Turullón.	691.899	4.666.977
	S7	A 2,2 km aguas arriba de la Central de La Sotonera.	691.895	4.666.208
	S8	A 1,2 km aguas arriba de la Central de La Sotonera.	691.711	4.664.927
	S9	A 1,5 km aguas arriba de la Central de La Sotonera.	692.604	4.665.445
	S10	A 380 m aguas arriba de la presa.	693.207	4.665.003

## 2.2. METODOLOGÍA

### 2.2.1. TRABAJO DE CAMPO

Antes de entrar en contacto con las aguas de los embalses se procedió a la limpieza y desinfección de todo el material, con una solución de agua con lejía. La estación oficial de desinfección de La Sotonera se encontró cerrada.

En cada punto de muestreo se tomó una muestra de sedimento mediante una draga *Ekman* desde una embarcación (Imagen 1). Se fotografiaron las muestras de

sedimento, y se procedió a su caracterización cualitativa *in situ* de: color, textura, compacidad, olor, presencia de gases, fauna, restos vegetales, etc.

De cada muestra se tomaron dos sub-muestras de sedimento, una para el análisis de hexaclorohexano y otra para el análisis de metales. Se recogió la parte superficial del sedimento (2-3 cm superficiales). Los envases utilizados fueron:

- Hexaclorohexano: envase de cristal ámbar de 1L, con dos enjuagues previos con acetona, y con tapón de teflón.
- Metales: envase de polipropileno de 500 mL, con dos enjuagues previos con ácido nítrico diluido con agua al 50%.

Las muestras se conservaron en frío para su envío al laboratorio indicado por la CHE.



**Imagen 1.** Draga tipo Ekman, y botes utilizados para la conservación y envío de las muestras.



**Imagen 2.** Muestreador *Beaker*, para la toma de muestras en profundidad.

Adicionalmente, en el embalse de La Peña se tomaron 3 muestras de sedimento profundas, a una cota entre 40 y 50 cm, mediante el uso de un muestreador *Beeker* (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las muestras se obtuvieron en las estaciones situadas en la cola del embalse: P1, P2 y P3, y se codificaron como P1-F, P2-F y P3-F.

Se procedió a la caracterización cualitativa *in situ* de las muestras profundas, y se conservaron de forma análoga a las muestras superficiales.

### 2.2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Todas las muestras fueron gestionadas por el área de Calidad de la CHE, y se mandaron, dentro de las 24 h posteriores a la toma, a los laboratorios Iproma S.L. Los diferentes parámetros se analizaron en los laboratorios de las sedes de Castellón y Madrid. Los métodos y límites de detección de los parámetros analizados, diferentes formas de hexaclorociclohexano (HCH) y mercurio, se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Detalle de los parámetros analizados.

PARÁMETRO	MÉTODO	LÍMITE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES
alpha-HCH	CGM/028-a	1,0	µg/kg(sms)
beta-HCH	CGM/028-a	1,0	µg/kg(sms)
delta-HCH	CGM/028-a	1,0	µg/kg(sms)
gamma-HCH (Lindano)	CGM/028-a	1,0	µg/kg(sms)
épsilon-HCH	CGM/028-n	1,0	µg/kg(sms)
Suma HCH	CGM/028-n	-	µg/kg(sms)
Mercurio	EAA/001-a	0,05	mg/kg(sms)

Todos los análisis se han realizado en la fracción granulométrica <200 µm de cada muestra de sedimento.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SEDIMENTO

##### 3.1.1. EMBALSE DE LA PEÑA

El nivel de agua en el embalse de La Peña se encontró en torno al nivel máximo normal, y las compuertas del aliviadero estaban abiertas. El agua era de color marrón – ocre, muy turbia, observándose un cambio de coloración hacia tonos turquesa en la cola.

Los resultados de la caracterización cualitativa del sedimento se indican a continuación.

Muestra: P1	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 4,6 m.                      Profundidad del sedimento: superficial.                      Color marrón-ocre, con trazas negras.                      Muestra poco compacta y homogénea, de textura limosa – arenosa.                      Pocos gases, muestra sin olor.                      Restos vegetales frecuentes: ramas pequeñas.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P1-F	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 4,0 m.                      Profundidad del sedimento: 40-50 cm.                      Color gris, con trazas marrón-ocre.                      Muestra compacta y homogénea, de textura arcillosa – limosa.                      Algunos gases, sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Muestreador Beeker.</p>

Muestra: P2	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 3,7 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón-ocre, con trazas negras.            Muestra compacta y homogénea, de textura limosa – arcillosa.            Algunos gases, sin olor.            Restos vegetales frecuentes: acículas de conífera, ramas pequeñas.            Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P2-F	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 3,5 m.            Profundidad del sedimento: 30-40 cm.            Color marrón ocre, con trazas de color gris y negras.            Muestra muy compacta, de textura arcillosa.            Muy pocos gases, sin olor y sin restos vegetales.            Método toma de muestra: Muestreador Beeker.</p>
Muestra: P3	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 4,9 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón-ocre, con trazas negras.            Muestra compacta y homogénea, de textura arcillosa – limosa.            Algunos gases, sin olor.            Restos vegetales frecuentes: acículas de conífera, ramas pequeñas.            Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

Muestra: P3-F	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 5,0 m.            Profundidad del sedimento: 40-50 cm.            Color gris, con trazas negras.            Muestra muy compacta, de textura arcillosa.            Algunos gases, sin olor y sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P4	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 6,2 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón-ocre, con trazas negras.            Muestra algo compacta, homogénea, de textura arcillosa – limosa.            Algunos gases, sin olor.            Pocos restos vegetales: hojarasca descompuesta.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P5	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 4,5 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón grisáceo, con una capa superficial ocre.            Muestra algo compacta, homogénea, de textura arcillosa – limosa.            Algunos gases, sin olor.            Muy pocos restos vegetales: hojarasca descompuesta.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

Muestra: P6	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 5,8 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón grisáceo, con una capa superficial ocre.</p> <p>Muestra algo compacta, homogénea, de textura arcillosa – limosa.</p> <p>Algunos gases, sin olor.</p> <p>Muy pocos restos vegetales: ramas pequeñas.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P7	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 10,0 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón grisáceo, con una capa superficial ocre.</p> <p>Muestra algo compacta, homogénea, de textura arcillosa – limosa.</p> <p>Gases frecuentes. Liger olo a sulfhídrico.</p> <p>Sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P8	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 12,2 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón grisáceo, con una capa superficial ocre.</p> <p>Muestra poco compacta, homogénea, de textura limosa – arcillosa, con algo de arena muy fina.</p> <p>Algunos gases, sin olor.</p> <p>Sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

Muestra: P9	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 14,6 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón – ocre, con trazas grises, y una capa superficial de color ocre.</p> <p>Muestra poco compacta, homogénea, de textura limosa – arcillosa.</p> <p>Muy pocos gases, sin olor.</p> <p>Sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: P10	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 10,3 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón – ocre, con trazas negras.</p> <p>Muestra poco compacta, homogénea, de textura limosa – arcillosa.</p> <p>Pocos gases, sin olor.</p> <p>Algunos restos vegetales sin descomponer: hojarasca.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

### 3.1.2. EMBALSE DE LA SOTONERA

El nivel de agua en el embalse de La Sotonera era bajo, con una gran parte del vaso del embalse expuesto al aire. El agua era de color turquesa, algo turbia. Los resultados de la caracterización cualitativa del sedimento se indican a continuación.

Muestra: S1	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 0,1 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color gris, con una capa superficial de color marrón – ocre.</p> <p>Muestra muy poco compacta, homogénea, de textura arcillosa.</p> <p>Sin olor ni gases.</p> <p>Muy pocos restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Manual.</p>
Muestra: S2	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 0,2 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color grisáceo, con una capa superficial de color marrón – ocre.</p> <p>Muestra poco compacta, heterogénea, de textura arcillosa.</p> <p>Sin olor, con algunos gases.</p> <p>Restos vegetales frecuentes: ramas pequeñas.</p> <p>Método toma de muestra: Manual.</p>
Muestra: S3	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 1,6 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón – grisáceo, con una capa superficial de color marrón – ocre.</p> <p>Muestra algo compacta, homogénea, de textura limosa – arcillosa.</p> <p>Alguna larva de quironómido, de color rojo.</p> <p>Sin olor y sin gases.</p> <p>Sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

Muestra: S4	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: Seco.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color marrón, con alguna traza gris.</p> <p>Muestra muy compacta, homogénea, de textura arcillosa.</p> <p>Sin olor, sin gases y sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Manual.</p>
Muestra: S5	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 4,0 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color grisáceo, con una capa superficial marrón ocre.</p> <p>Muestra algo compacta, homogénea, de textura limosa – arcillosa.</p> <p>Sin olor, con algunos gases.</p> <p>Sin restos vegetales.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: S6	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 1,1 m.</p> <p>Profundidad del sedimento: superficial.</p> <p>Color grisáceo, con una capa superficial marrón ocre.</p> <p>Muestra muy poco compacta, con agregados. Textura limosa – arcillosa.</p> <p>Sin olor ni gases.</p> <p>Algún resto vegetal.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

Muestra: S7	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 1,7 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón ocre.            Muestra muy poco compacta, con algunos agregados pequeños. Textura arenosa, con algo de limo.            Sin olor, sin gases y sin restos vegetales.            Restos de mejillón cebrá abundantes.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: S8	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 4,5 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón ocre, alguna traza gris.            Muestra muy poco compacta, con textura limosa – arenosa.            Sin olor, sin gases y sin restos vegetales.            Restos de mejillón cebrá abundantes.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>
Muestra: S9	Descripción de la muestra
	<p>Profundidad del agua: 8,4 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón ocre, trazas de color grisáceo.            Muestra poco compacta, con textura limosa – arcillosa.            Sin olor y sin restos vegetales.            Algunos gases.</p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

Muestra: S10	Descripción de la muestra
	<p>           Profundidad del agua: 6,8 m.            Profundidad del sedimento: superficial.            Color marrón ocre.            Muestra algo compacta, con textura limosa.            Sin restos vegetales.            Muy pocos gases, sin olor.         </p> <p>Método toma de muestra: Draga Ekman.</p>

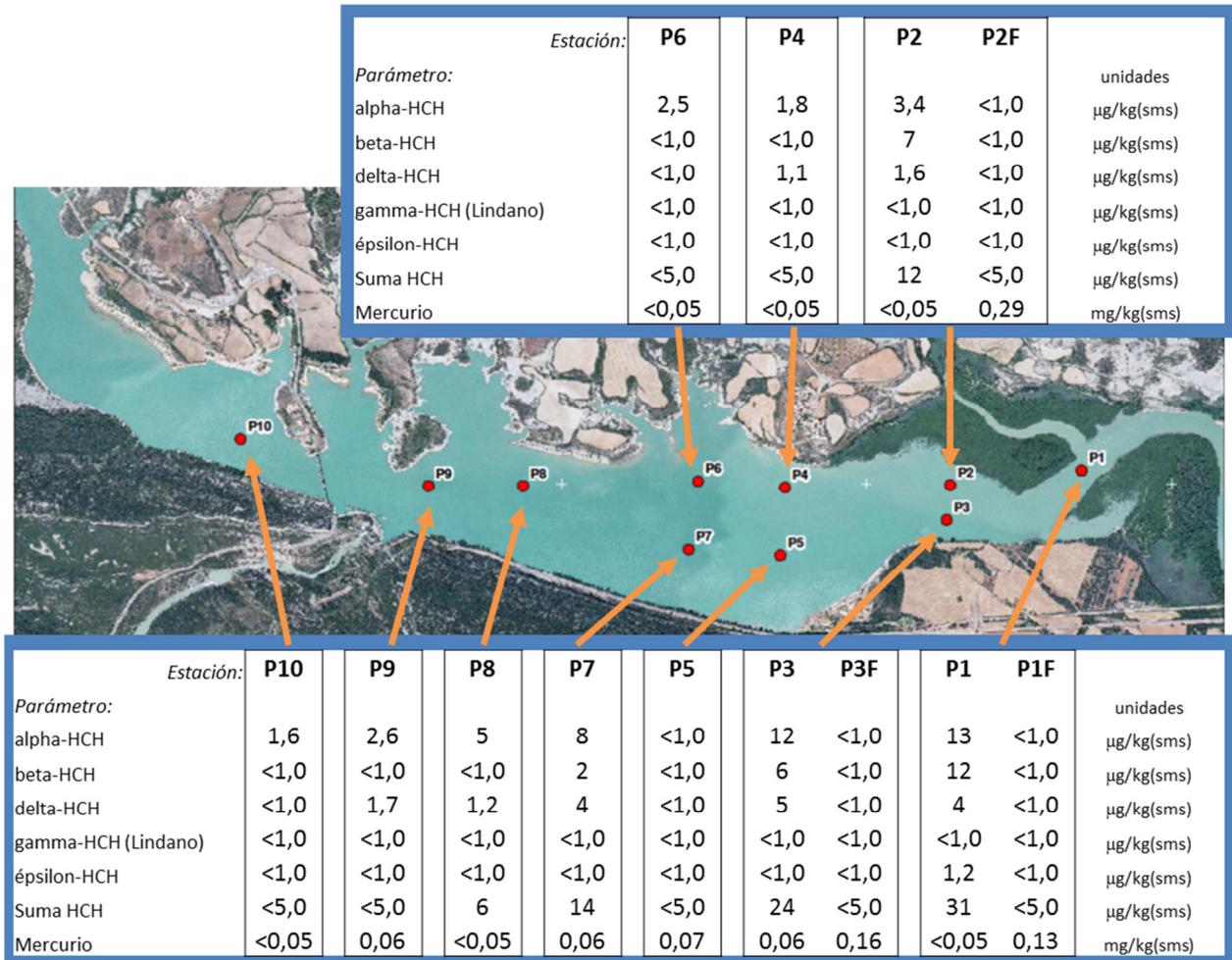
### 3.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO

En el Anexo 3 se presentan todos los informes de ensayo de laboratorio con los resultados de los análisis realizados en las muestras de sedimento.

#### 3.2.1. EMBALSE DE LA PEÑA

En las 10 estaciones muestreadas se analizaron las muestras de sedimento superficial, y en las estaciones P1, P2 y P3 también se analizaron las muestras de sedimento profundo (entre 40 y 50 cm de profundidad).

Los resultados de los análisis químicos del sedimento se indican a continuación.



**Figura 2.** Resultados de los análisis químicos efectuados en las muestras de sedimento del embalse de La Peña (URS, diciembre 2014).

En todas las muestras superficiales se ha encontrado alguna forma de hexaclorociclohexano (HCH). En todas ellas aparece el alpha-HCH con valores que oscilan entre 1,6 y 13 µg/kg. Los valores más elevados se encuentran en las muestras superficiales de P1 y P3 (13 y 12 µg/kg, respectivamente), cerca de la zona de cola del embalse. El beta-HCH sólo aparece en las muestras cercanas a la cola, con un máximo en P1 (12 µg/kg). El delta-HCH aparece sólo en algunas muestras, con valores menores que los anteriores, y con un máximo en la muestra P3 (5 µg/kg). El Lindano o gamma-HCH se ha encontrado por debajo de los límites de detección en todas las muestras (<1,0 µg/kg). El épsilon-HCH se ha detectado sólo en la muestra de sedimento superficial de P1 (1,2 µg/kg). El sumatorio de HCH tiene valores significativos en todas las estaciones cercanas a la cola del embalse (P1, P2, P3 y P7), con el máximo en P1 (31 µg/kg).

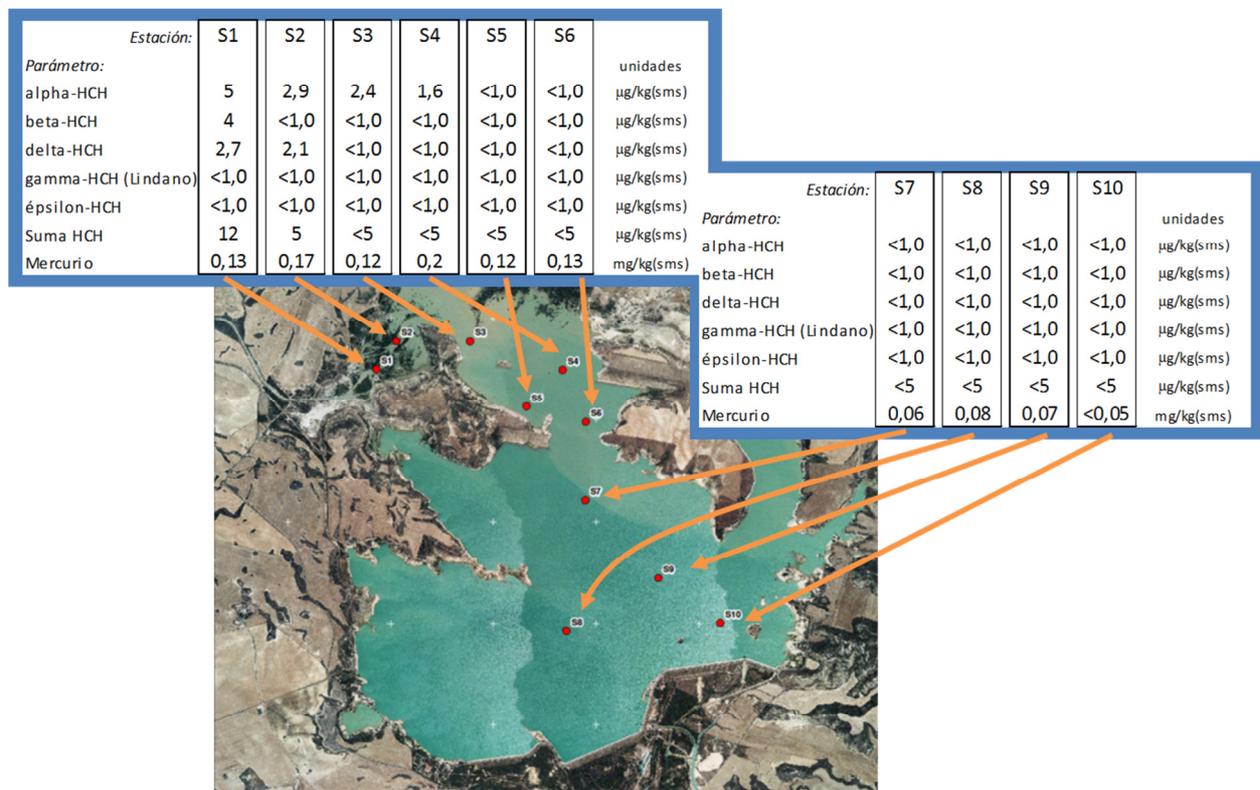
En ninguna de las muestras de fondo se ha detectado presencia de ninguna forma de hexaclorociclohexano (HCH) por encima de los límites de detección.

Respecto al mercurio, se detecta en algunas de las muestras superficiales, pero con valores muy cercanos al límite de detección (máximo en P5, con 0,07 mg/kg). En todas las muestras profundas se detecta con valores mayores (entre 0,13 y 0,29 mg/kg), con el máximo en P2F.

### 3.2.2. EMBALSE DE LA SOTONERA

En el embalse de la Sotonera se tomaron sólo muestras superficiales de sedimento debido al bajo nivel del embalse en el momento del muestreo.

Los resultados de los análisis químicos del sedimento se indican a continuación.



**Figura 3.** Resultados de los análisis químicos efectuados en las muestras de sedimento del embalse de La Sotonera (URS, diciembre 2014).

Sólo en las muestras de sedimento más cercanas a la zona de aporte al embalse (S1 a S4) mediante el canal proveniente de la presa de Ardisa (río Gállego) aparecen algunas formas de hexaclorociclohexano (HCH). En el resto de muestras tomadas a lo largo del embalse (S5 a S10), no se ha detectado presencia de ninguna forma de HCH por encima de los límites de detección. En la muestra S1 aparecen los valores más elevados de alpha-HCH (5 µg/kg), beta-HCH (4 µg/kg) y delta-HCH (2,7 µg/kg). No se ha detectado gamma-HCH (Lindano) ni épsilon-HCH en ninguna muestra del embalse.

El mercurio se detecta en todas las muestras excepto S10. Se detecta una mayor concentración en las muestras S1 a S6, donde los valores oscilan entre 0,12 mg/kg (S3 y S5) y 0,2 mg/kg (S4).

#### 4. COMPARATIVA CON NIVELES DE REFERENCIA

Actualmente en España no hay referencias oficiales de concentraciones de contaminantes en sedimento fluvial. Los valores de referencia más cercanos dentro de la normativa nacional son los definidos en la normativa de aguas, la normativa de suelos contaminados o recomendaciones de gestión de los materiales dragados. Otros valores de referencia hay que buscarlos en otras fuentes de carácter internacional (p. e. NOAA). A continuación se detallan los valores de referencia que se han identificado y su aplicación sobre los resultados de los análisis de sedimento de los embalses de La Peña y La Sotonera.

- Dentro del ámbito de la política de aguas, en la Directiva 2013/39/UE el hexaclorociclohexano (HCH) y el mercurio aparecen como sustancias peligrosas prioritarias, y se presentan valores de referencia basados en concentraciones en aguas superficiales continentales. Estos valores de referencia son los mismos que aparecen, a nivel nacional, en el Anexo I del RD 60/2011<sup>1</sup>, en el que se definen las Normas de Calidad Ambiental (NCA). Al no presentar referencias de valores de concentración en sedimento, estas NCA no son aplicables en este caso.
- Dentro del ámbito de la normativa nacional de suelos contaminados, el RD 9/2005<sup>2</sup> presenta, en su Anexo VI, el listado de niveles genéricos de referencia (NGR) para protección de los ecosistemas, y en concreto para la protección de los organismos acuáticos. En ellos aparecen valores de referencia para diferentes formas de HCH.

---

<sup>1</sup> Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

<sup>2</sup> Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

**Tabla 3.** Niveles genéricos de referencia para protección de los ecosistemas (según RD 9/2005).

Parámetro	Nº CAS	Organismos del suelo	Organismos acuáticos	Vertebrados terrestres
alfa-HCH	319-84-6	µg/kg(ms)	250	50
beta-HCH	319-85-7	µg/kg(ms)	380	10*
gamma-HCH (Lindano)	58-89-9	µg/kg(ms)	10*	230

\* Límite inferior de detección

- Dentro del ámbito de la gestión de residuos de materiales dragados, en abril de 2014 se aprobaron unas nuevas directrices<sup>3</sup> del MAGRAMA, que sustituían las conocidas “Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles” (RGMD) del CEDEX, utilizadas hasta la fecha. En ellas se clasifican los materiales a dragar mediante una serie de parámetros entre los que consta el mercurio (Hg). El valor más restrictivo de estas directrices para el mercurio es 0,35 mg/kg (ms), llamado Nivel de Acción A, y el umbral para la consideración de sedimento no peligroso se encuentra definido en 17 mg/kg (ms) Hg. Estos valores son de aplicación únicamente en el dominio marítimo-terrestre, pero constituyen una referencia, vista la falta de normativa específica.
- A nivel internacional, un referente en la catalogación de la concentración de contaminantes en el medio son los SQuiRTs de la NOAA<sup>4</sup>, valores de referencia que están recopilados de cara a facilitar la evaluación de potenciales riesgos en aguas, sedimento o suelos contaminados. En ellos se definen los diferentes niveles de afectación al medio respecto a la concentración de un determinado contaminante. Estos valores de referencia aparecen para varias formas de HCH y para el mercurio.

<sup>3</sup> Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre. Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, abril 2014. MAGRAMA, Puertos del Estado, CEDEX, IEO.

<sup>4</sup> Screening Quick Reference Tables, o SQuiRTs. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). [http://archive.orr.noaa.gov/book\\_shelf/122\\_NEWSQuiRTs.pdf](http://archive.orr.noaa.gov/book_shelf/122_NEWSQuiRTs.pdf)

**Tabla 4.** Niveles de referencia de contaminantes en sedimentos continentales (según NOAA SQUIRTs).

NOAA Squirts for <b>Organics</b> in freshwater sediment							
Parámetro		TEL	TEC	LEL	PEL	PEC	SEL
alpha-HCH	µg/kg(sms)			6			100
beta-HCH	µg/kg(sms)			5			210
gamma-HCH (Lindano)	µg/kg(sms)	0,94	2,37	3	1,38	4,99	10

NOAA Squirts for <b>Inorganics</b> in freshwater sediment							
Parámetro		TEL	TEC	LEL	PEL	PEC	SEL
Mercurio	mg/kg(sms)	0,18	0,174	0,200	1,06	0,486	2,00

**Tabla 5.** Definición de los diferentes niveles de referencia (según NOAA SQUIRTs).

<b>TEL/Threshold Effects Level:</b>	A chemical concentration in some item (dose) that is ingested by an organism, above which some effect (or response) will be produced and below which it will not. This item is usually food, but can also be soil, sediment, or surface water that is incidentally (accidentally) ingested as well.
<b>TEC/Threshold Effects Concentration:</b>	A concentration in media (surface water, sediment, soil) to which a plant or animal is exposed, above which some effect (or response) will be produced and below which it will not.
<b>LEL/Lowest Effect Level:</b>	Level of sediment contamination that can be tolerated by the majority of benthic organisms. If a single parameter equals or exceeds the LEL, it is anticipated that material represented by that sample may have an adverse effect of some benthic resources.
<b>PEL/Probable Effects Level:</b>	A chemical concentration in some item (dose) prey that is ingested by an organism, which is likely to cause an adverse effect. The ingested item is usually food, but can be soil, sediment, or surface water that is incidentally (accidentally) ingested.
<b>PEC/Probable Effects Concentration:</b>	The level of a concentration in the media (surface water, sediment, soil) to which a plant or animal is directly exposed that is likely to cause an adverse effect.
<b>SEL/Severe Effect Level:</b>	Level at which pronounced disturbance of the sediment-dwelling community can be expected. This is the concentration that would be detrimental to the majority of the benthic community.

#### 4.1.1. EMBALSE DE LA PEÑA

Para las diferentes formas de hexaclorociclohexano (HCH) presentes, no se supera ninguno de los NGR establecidos en el RD 9/2005. Sí se supera el nivel de referencia LEL, de los NOAA SQUIRTs, para el alpha-HCH y beta-HCH en algunas muestras (en P1, P3 y P7 para el primero y P1, P2 y P3 para el segundo), por lo que según este criterio podrían darse efectos adversos sobre las comunidades bentónicas. Respecto al gamma-HCH (Lindano), todas las muestras se encuentran por debajo del límite de detección y por tanto por debajo de todos los niveles de referencia excepto el nivel TEL, el más restrictivo. Éste es inferior al límite de detección, por lo que no se puede asegurar que no se supere ligeramente.

Respecto al mercurio, se superan ligeramente los niveles TEL, TEC y LEL de los NOAA SQiRTs sólo en la muestra P2F. Según estas directrices las comunidades bentónicas que ingieran o estén expuestas a este medio podrían sufrir efectos adversos. Ninguno de los valores supera los valores más restrictivos establecidos en las directrices para la caracterización del material dragado del MAGRAMA.

#### 4.1.2. EMBALSE DE LA SOTONERA

Para las diferentes formas de hexaclorociclohexano (HCH) presentes, no se supera ninguno de los NGR establecidos en el RD 9/2005 ni de los niveles de referencia de los NOAA SQiRTs.

Respecto al mercurio, sólo se superan ligeramente los niveles TEL y TEC y se llega al mismo valor que el nivel LEL en la muestra S4, por lo que se esperaría algún efecto o alteración sobre las comunidades bentónicas pero sin sobrepasar el nivel en que estos efectos ya no son tolerados por la mayoría de los organismos béticos. Ninguno de los valores supera los valores más restrictivos establecidos en las directrices para la caracterización del material dragado del MAGRAMA.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las diferentes formas de hexaclorociclohexano (HCH) tienen todas unas densidades cercanas a  $1,9 \text{ g/cm}^3$ , más elevadas que la del agua ( $1 \text{ g/cm}^3$ ). Su solubilidad en agua es muy escasa ( $0,0007 \text{ g/100ml}$  a  $20^\circ\text{C}$ ). Se trata de productos que en el medio acuático tienen un comportamiento especial, pues permanecen en su mayor parte en forma particulada y además tienden a precipitar en cuanto la energía del medio lo permite.

En el ambiente fluvial, debido a estas características, en cuanto las aguas llegan a la cola de un embalse y la energía de transporte disminuye, estos compuestos tienden a precipitar y depositarse en el fondo.

En el embalse de La Peña, las diferentes formas de hexaclorociclohexano (HCH) detectadas se han concentrado en el sedimento superficial, en la zona más cercana a la cola. La deposición es reciente, pues en estratos inferiores no se detectan. En el embalse de la Sotonera, sólo se han detectado junto a la zona de aporte, y en concentraciones 2,5 veces inferiores a las detectadas en La Peña.

Respecto al mercurio, sus propiedades físicas son aún más extremadas que para las formas de HCH, con una solubilidad nula y una elevada densidad. En el embalse de La Peña se ha detectado en varios puntos, pero especialmente en las muestras profundas,

lo que indica que la deposición es más antigua y más prolongada en el tiempo. En el embalse de la Sotonera se detecta en casi todas las estaciones, con los mayores valores cerca de la zona de aporte. Éstos son algo menores pero del mismo rango que los observados en el embalse de La Peña.

Con las características comentadas y las concentraciones detectadas, el riesgo de movilización o resuspensión de las diferentes formas de HCH y mercurio es bajo. En condiciones normales de explotación de los embalses, estos contaminantes permanecerán en los sedimentos del vaso. El riesgo de movilización será mayor sólo en el caso de vaciados importantes o cambios bruscos de nivel.

Aunque en algunos puntos los niveles detectados superan ligeramente los niveles sobre los que potencialmente pueden darse efectos adversos en los organismos bentónicos, los valores obtenidos no son elevados. Teniendo en cuenta estos resultados, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Evitar la movilización excesiva de los sedimentos de fondo estableciendo una cota mínima de embalsado. Esta cota mínima o de seguridad debería ser definida de forma que siempre haya una masa de agua suficiente como para garantizar la deposición de aquellos materiales que se encuentren resuspendidos.
- Evitar los vaciados rápidos con cambios bruscos de nivel. Efectuar las operaciones de vaciado siempre de forma gradual y sin rebasar una cota de seguridad (ver punto anterior).
- Realizar un seguimiento a largo plazo de la evolución de estos contaminantes en el medio, con el objetivo de detectar cualquier cambio en la distribución de los mismos que pueda requerir alguna actuación.

## Anexo 1: Planos

---

686.000

687.000

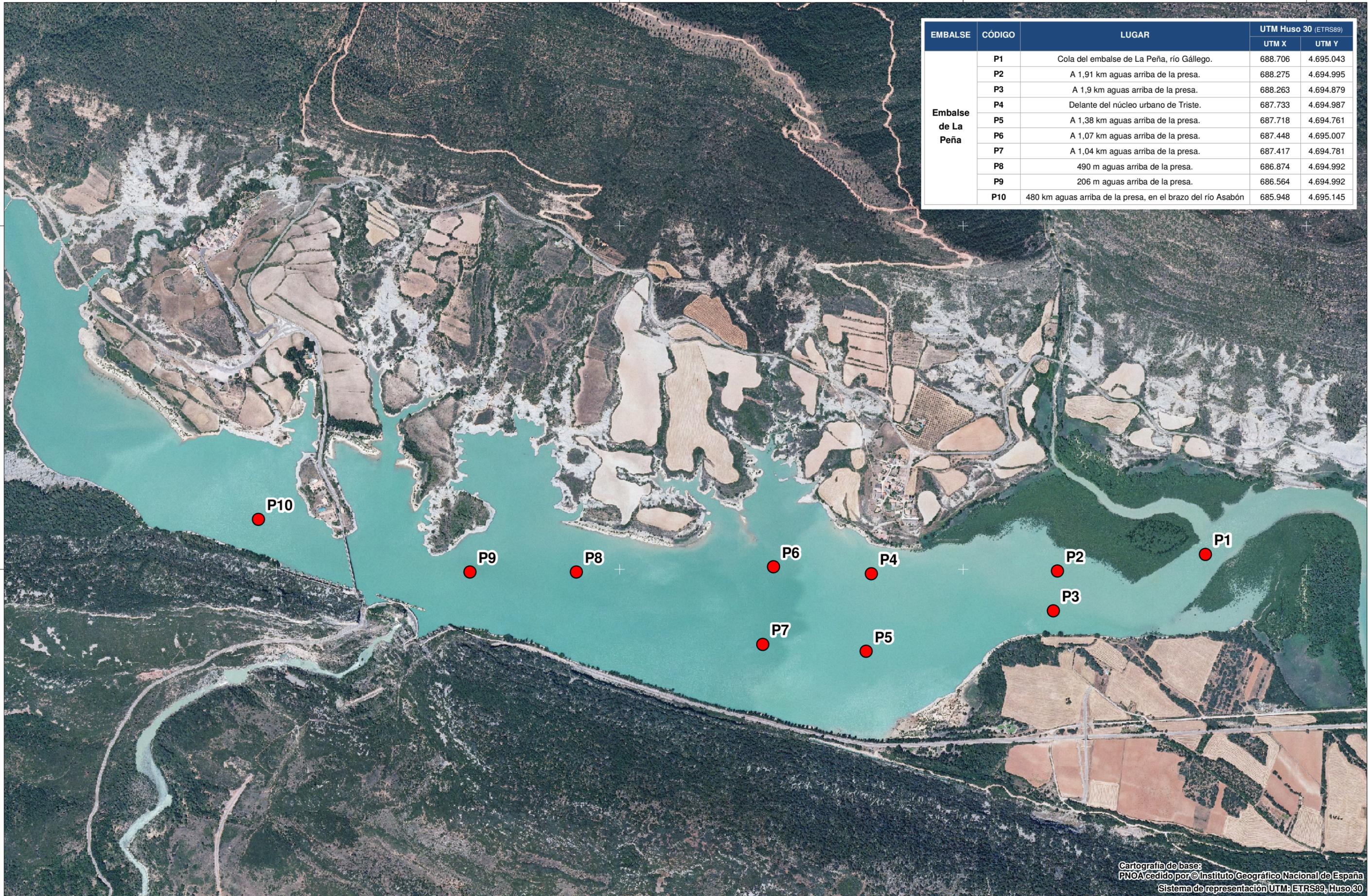
688.000

689.000

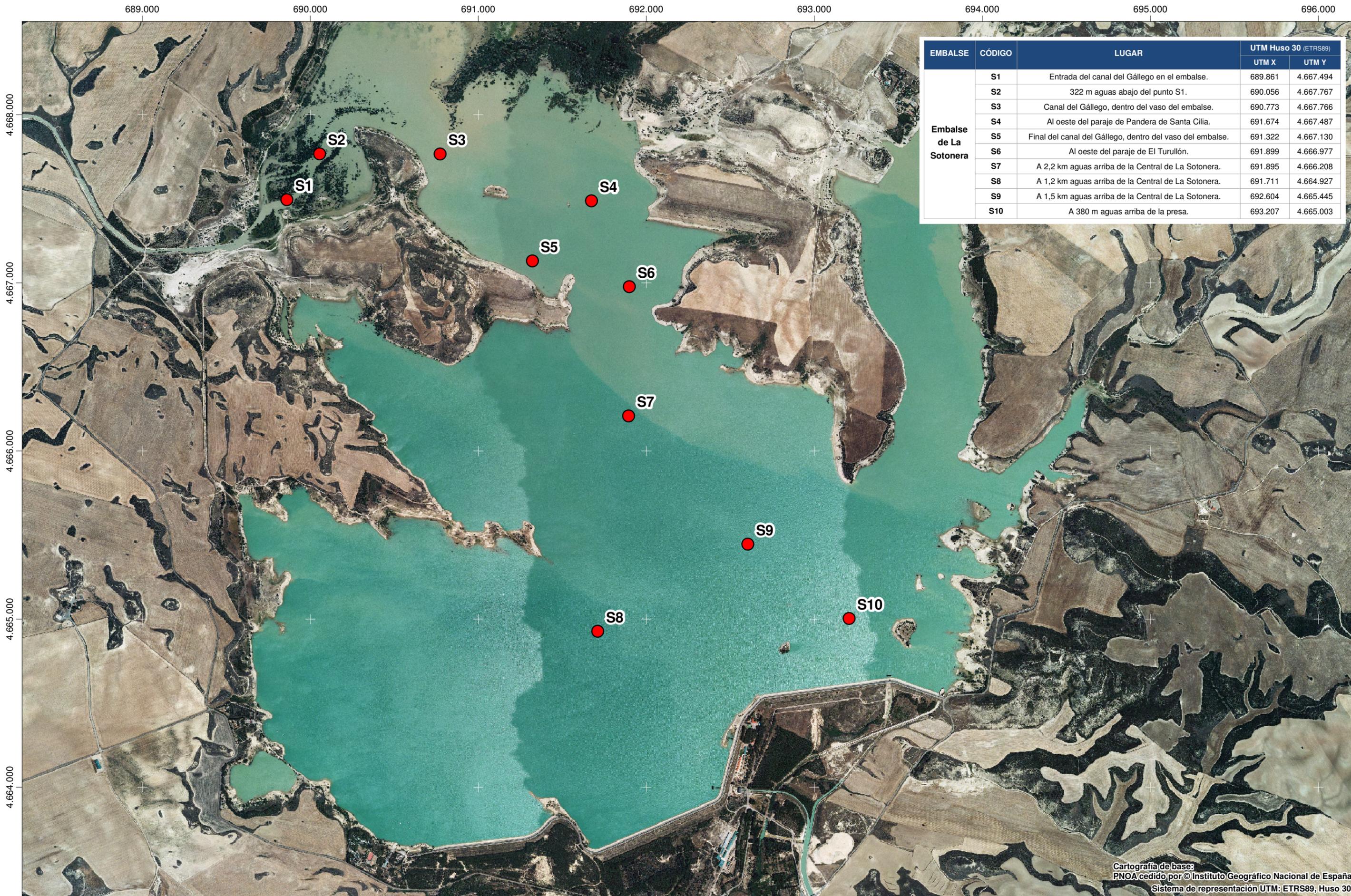
4.696.000

4.695.000

EMBALSE	CÓDIGO	LUGAR	UTM Huso 30 (ETRS89)	
			UTM X	UTM Y
Embalse de La Peña	P1	Cola del embalse de La Peña, río Gállego.	688.706	4.695.043
	P2	A 1,91 km aguas arriba de la presa.	688.275	4.694.995
	P3	A 1,9 km aguas arriba de la presa.	688.263	4.694.879
	P4	Delante del núcleo urbano de Triste.	687.733	4.694.987
	P5	A 1,38 km aguas arriba de la presa.	687.718	4.694.761
	P6	A 1,07 km aguas arriba de la presa.	687.448	4.695.007
	P7	A 1,04 km aguas arriba de la presa.	687.417	4.694.781
	P8	490 m aguas arriba de la presa.	686.874	4.694.992
	P9	206 m aguas arriba de la presa.	686.564	4.694.992
	P10	480 km aguas arriba de la presa, en el brazo del río Asabón	685.948	4.695.145



Cartografía de base:  
 PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España  
 Sistema de representación UTM: ETRS89, Huso 30



Cartografía de base:  
 PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España  
 Sistema de representación UTM: ETRS89, Huso 30