



INFORME FINAL DEL EMBALSE LA SOTONERA
AÑO 2009



UTE DBO5, SL-ICA, SL-ENTECSA
C/MIGUEL MENÉNDEZ BONETA, 2 Puerta 8
28460 LOS MOLINOS (MADRID)
CIF: G-84535319

CONSULTOR:
UTE RED BIOLÓGICA EBRO

Oficinas UTE Madrid: c/ Miguel Menéndez Boneta 2-4, puerta 8
28460 Los Molinos, Madrid TF y FAX 91 855 00 29 E-mail: consultoria@ica1.e.telefonica.net

DICIEMBRE 2009

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE	2
2.1. Ámbito geográfico y geológico.	2
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
3. TRABAJOS REALIZADOS	5
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	6
4.1. Características físico-químicas de las aguas	6
4.2. Hidroquímica del embalse	8
4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila	9
4.4. Zooplancton	10
5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO	11
6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO	12

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse La Sotonera durante la campaña de muestreo del verano de 2009 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una consulta ágil y rápida del documento.

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano de 2009, correspondiente al año hidrológico 2008-2009).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidrológicos, fisicoquímicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Clasificación del "Potencial Ecológico", tras la aplicación de los indicadores biológicos y fisicoquímicos propuestos en la Directiva Marco del Agua.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geográfico y geológico.

La presa de La Sotonera se sitúa dentro de los términos municipales de Huesca y Loporzano, en la provincia de Huesca. Regula las aguas del río Flumen, afluente del Alcanadre, en la cuenca del río Cinca.

La cubeta del embalse de La Sotonera se enclava en las litologías que se resumen en la siguiente tabla:

TIPO LITOLOGÍA	ORIGEN
Lutitas con intercalaciones de areniscas	DETRÍTICAS
Gravas, arenas, limos (Depósitos de aluviales, fondos de valle y terrazas bajas en los ríos principales)	DETRÍTICAS
Arcillas, limos y cantos, turba (Depósitos de áreas endorreicas, depósitos lacustres, turberas)	DETRÍTICAS
Gravas, arenas, limos y arcillas (Depósitos de terrazas medias y altas)	DETRÍTICAS
Alternancia de areniscas y lutitas, localmente conglomerados	DETRÍTICAS

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones. La cuenca de drenaje vertiente al embalse de La Sotonera tiene una superficie de 2100 km².

El embalse tiene una capacidad total de 5 hm³. Tiene una profundidad media de 5,5 m, mientras que la profundidad máxima es de 31,55 m. En el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE Y SUBCUENCAS

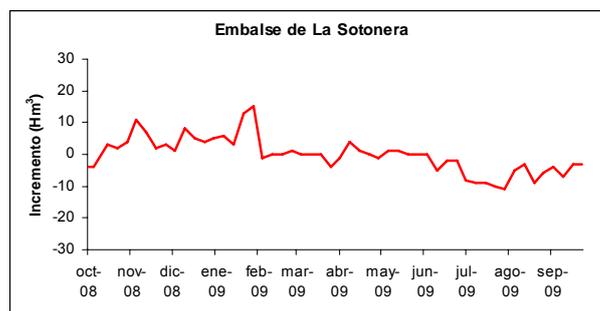
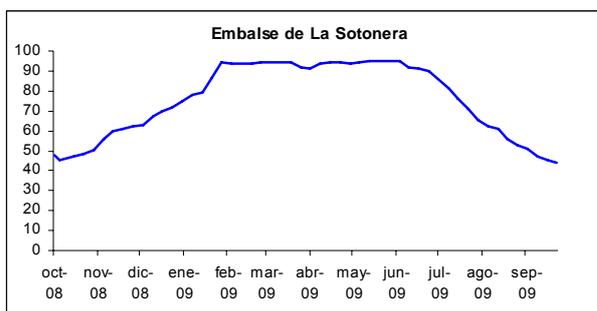
Superficie de la cuenca	2100 km ²
Capacidad total N.M.N.	5 hm ³
Capacidad útil	3 hm ³
Aportación media anual	1000 hm ³
Superficie inundada	216 ha
Cota máximo embalse normal	421,64 m

Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea y situado en zona no húmeda. En la fecha de la realización del muestreo, existe termoclina a unos 12,8 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 6,30 metros.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de La Sotonera para el año hidrológico 2008-2009 fue de 33,2 meses.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2008-2009.

GRÁFICO 1
VOLUMEN EMBALSADO (%) DURANTE EL AÑO HIDROLÓGICO 2008-2009



2.3. Usos del agua

Se construyó en 1932 como pieza clave del sistema de riego del canal de Monegros.

Su destino es desviar las aguas del río hacia el gran embalse de La Sotonera. Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, el abastecimiento y energía.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse La Sotonera forma parte de las zonas designadas para la captación de agua destinada al consumo humano, según el artículo 7 de la Directiva Marco del Agua.

El embalse de La Sotonera forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, en la categoría de zona de extracción de agua para consumo humano.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa (ver **Figura 1**). Se ha completado una campaña de muestreo el 3 de Julio de 2009, en la que se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos y el Disco de Secchi en la columna de agua, se tomó una muestra de agua integrada para los análisis químicos y se realizaron muestreos de fito y zooplancton.



Figura 1. Localización de la estación de muestreo en el embalse.

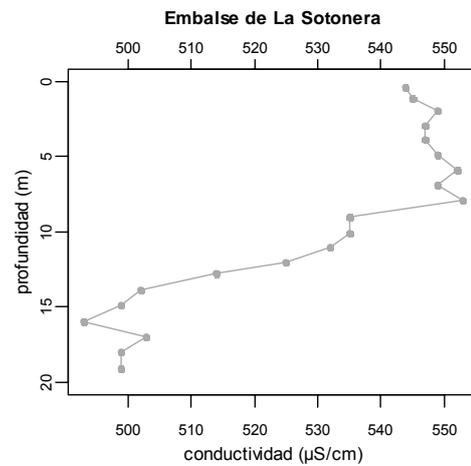
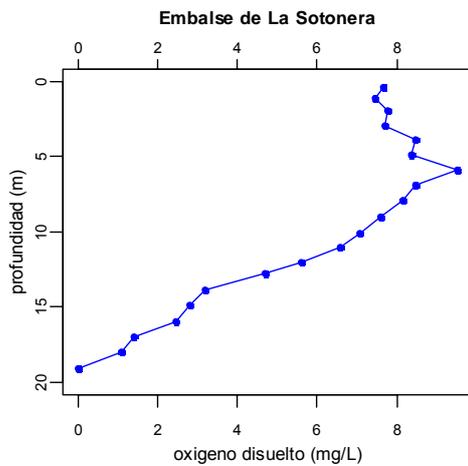
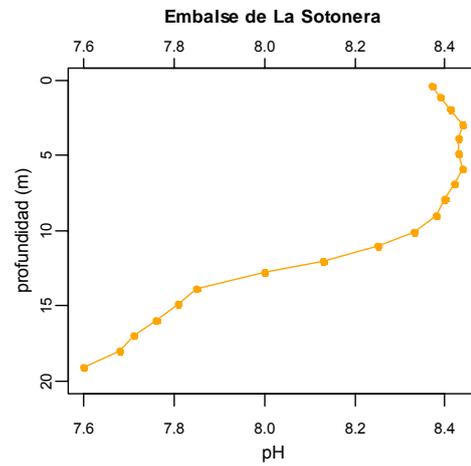
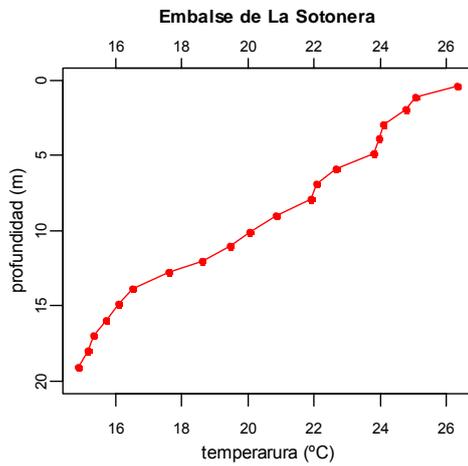
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura oscila entre los 14,88 °C en el fondo y los 26,33 °C en superficie. En el momento del muestreo la termoclina se sitúa a 12,8 metros de profundidad.
- El pH en superficie es de 8,37. En el fondo el pH es de 7,6. Ambos valores coinciden respectivamente con el máximo y el mínimo valor de pH de la columna de agua medidos.
- La transparencia del agua ofrece un registro en la lectura de disco de Secchi (DS) de 3,70 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 9,25 metros.
- La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 2,67 NTU.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 7,72 mg/L. En el hipolimnion las condiciones medias de oxigenación son de 1,81 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L) a partir de los 17 m de profundidad.
- La conductividad del agua oscila entre los 544 µS/cm en superficie y los 499 µS/cm en el fondo del embalse.

GRÁFICO 2
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE LA SOTONERA



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos en la campaña de 2009 en la muestra integrada, se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 9,62 µg P/L.
- La concentración de P soluble fue de 5,91 µg P/L.
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,51 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,42 mg N /L.
- La concentración de amonio (NH₄) resultó inferior al límite de detección (0,1 mg N/L).
- La concentración de sílice tomó un valor de 2,89 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,9 meq/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis se han identificado un total de 36 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 13 Chlorophyta
- 7 Chryptophyta
- 6 Dinophyta
- 5 Chrysophyceae
- 5 Bacillariophyceae

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la alta densidad de Clorófitos (44%) y Criptofíceas (36%). Entre las especies más abundantes, encontramos los criptófitos *Rhodomonas (Plagioselmis) lacustris Pascher & Rutter* (28,9% de la densidad total). También destacan por su alta densidad en la muestra integrada los clorófitos *Scenedesmus disciformis (Chodat) Fott & Komárek* (26,1% de la densidad total). En cuanto al porcentaje de biovolumen total, destacan los Dinófitos, con un 67%. El dinófito *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin proporciona gran parte del biovolumen total (40,5%).

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de los clorófitos es el mejor representado, con 13 especies.

La concentración de clorofila fue de 2,23 µg/L.

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de La Sotonera se han identificado un total de 14 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 7 Rotífera
- 4 Copépoda
- 3 Cladóceras

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 2**).

CUADRO 2
 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

EMBALSE DE LA SOTONERA		FECHA DE MUESTREO	03/07/2009
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	SOT	
PROFUNDIDAD	m	11,0	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	47,0	
BIOMASA TOTAL	µg/L	23,0	
CLASE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		ROTÍFERA (67%)	
individuos/L		31	
ESPECIE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		<i>Keratella cochlearis</i> (28%)	
individuos/L		13,0	
CLASE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		COPÉPODA (50%)	
µg/L		11,4	
ESPECIE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		<i>Neolovenula alluaudi</i> (23%)	
µg/L		5,3	

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la densidad del rotífero *Keratella cochlearis* con un 28% y el copépodo *Neolovenula alluaudi* con un 23% del biovolumen total en la muestra. En cuanto a diversidad de especies, el grupo de los rotíferos es el mejor representado, con 7 especies.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerando los indicadores especificados en el **Cuadro 3** para los valores medios en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 120).

CUADRO 3
 PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P (µg/L P)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila a (µg/L epilimnion)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 4** se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final.

CUADRO 4
 DIAGNOSTICO DEL ESTADO TROFICO DEL EMBALSE DE LA SOTONERA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	9,62	Oligotrófico
CLOROFILA A	2,23	Oligotrófico
DISCO SECCHI	3,70	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	1499	Mesotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	3,75	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, los parámetros de fósforo total (PT), clorofila a y transparencia (DS) indican un estado de oligotrofia. La densidad algal caracteriza el embalse como mesotrófico. El estado trófico final para el embalse de La Sotonera se ha propuesto como **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PEexp*)

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 5**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 157).

CUADRO 5
 PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	<100	100-10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵
		Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	>4	3-4	2-3	1-2	<1
		<i>Trophic Index (TI)</i>	<2,06	2,06-2,79	2,79-3,52	3,52-4,25	>4,25
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	>4,2	3,4-4,2	2,6-3,4	1,8-2,6	<1,8
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	<3,8	3,8-6,6	6,6-9,4	9,4-12,2	>12,2
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			4, 2 -5	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	1-1, 8
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	Concentración O ₂ (mg O ₂ /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P /L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
	Elemento combinado	TSI	<20	20-40	40-60	60-80	>80
INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)			>4,2	3,4-4,2	<3,4		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento fitoplancton y zooplancton.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 3 elementos es igual o superior a 4,2 se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3,4 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3,4 puntos, el estado fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

En el **Cuadro 6** se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros e indicadores, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final.

CUADRO 6
 DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE LA SOTONERA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal(cel/ml)	1499	Moderado
		Clorofila a (µg/L)	2,23	Bueno
		Biovolumen algal(mm ³ /L)	1,00	Moderado
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,98	Bueno
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	3,71	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,36	Bueno
		<i>Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI)</i>	9,4	Moderado
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	7,1	Moderado
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	MODERADO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	3,70	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/LO ₂)	1,81	Malo
	Nutrientes	Concentración de P(µg/LP)	9,6	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,0	NO AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO P_{Exp}				MODERADO

b) Aproximación normativa (PEnorm)

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase bueno-moderado (B/M), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en el **Cuadro 7**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 163).

CUADRO 7

VALORES DE REFERENCIA PROPIOS DEL TIPO (VR_t) Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE POTENCIAL ECOLÓGICO (B/M, BUENO-MODERADO) DE LOS INDICADORES DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD DE EMBALSES (*ORDEN ARM 2656*).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	VR_t	B/M	B/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2	9,5	0,21
			Biovolumen mm^3/L	0,36	1,9	0,19
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,1	10,6	0,97
			Porcentaje de cianobacterias	0	9,2	0,91
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72

En el **Cuadro 8** se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final (*PE_{norm}*) tras pasar el filtro del estado fisicoquímico.

CUADRO 8
 DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE_{norm}*) DEL EMBALSE DE LA SOTONERA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	2,23	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	1,00	Bueno
		Índice de Catalán (IGA)	0,34	Óptimo
		Porcentaje de cianobacterias	0,00	Óptimo
INDICADOR BIOLÓGICO			2,75	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	3,70	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	1,81	Malo
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	9,6	Bueno
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,0	NO AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			MODERADO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Técnico de campo realizando mediciones



Foto 3: Panorámica del embalse



Foto 4: Presa del embalse de La Sotonera