



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE SANTA ANA
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
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u>	2
2.1. Ámbito geológico y geográfico	2
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
<u>3. TRABAJOS REALIZADOS</u>	5
<u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	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
<u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u>	11
<u>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u>	12

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Santa Ana durante el muestreo 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 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 geológico y geográfico

La cuenca del embalse de Santa Ana está situada en el reborde meridional de las sierras exteriores Subpirenaicas, también conocido con el nombre de zona de “Las Nogueras”, al norte de la depresión terciaria del Ebro. Se sitúa dentro del término municipal de Castillonroy, en la provincia de Huesca. Regula las aguas del río Noguera Ribagorzana.

Desde una visión geológica, el embalse se encuentra entre materiales del Cretácico superior (intercalaciones de calizas lacustres y lignitos, conglomerado, areniscas, arcillas, calizas bioclásticas), y del Paleógeno (areniscas, lutitas y calizas con alveolinas). También se observan terrazas y glacis de gravas y arenas.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de grandes dimensiones de geometría alargada e irregular, presentando un estrechamiento en su parte media.

La cuenca vertiente al embalse de Santa Ana tiene una superficie total de 176653,59 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 236,60 hm³, que coincide con la capacidad útil. Caracterizado por una profundidad media de 29,8 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 68,9 m.

En el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

CUADRO 1
 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE SANTA ANA

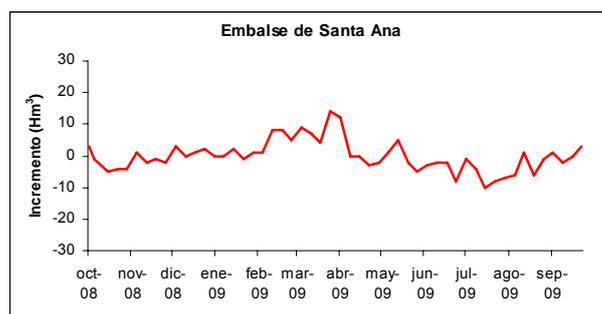
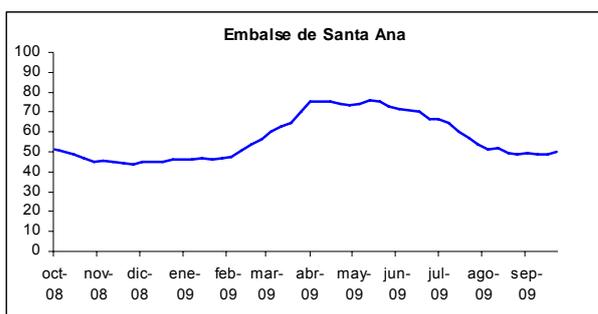
Superficie de la cuenca	1757,50 km ²
Capacidad total N.M.N.	236,60 hm ³
Capacidad útil	236,60 hm ³
Aportación media anual	679,38 hm ³
Superficie inundada	768 ha
Cota máximo embalse normal	378,70 msnm

Se trata de un embalse monomítico de geología calcárea y situado en zona no húmeda de la red principal. En la fecha de la realización del muestreo, la termoclina se sitúa entorno entre los 5 y 6,8 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 10,50 metros de profundidad.

El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Santa Ana para el año hidrológico 2008-2009 fue de 5,7 meses.

En el **GRÁFICO 1** se presentan los valores semanales del porcentaje de volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2008-2009, así como los incrementos semanales en Hm³.

GRÁFICO 1
 VOLUMEN EMBALSADO (%) E INCREMENTOS SEMANALES (Hm³) DURANTE EL AÑO
 HIDROLÓGICO 2008-2009



2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego, al abastecimiento de la población y al aprovechamiento hidroeléctrico. También están permitidas las actividades recreativas: la navegación en este embalse (sin restricciones para el remo y vela, con limitaciones para motor).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Santa Ana 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 24 de Junio 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.

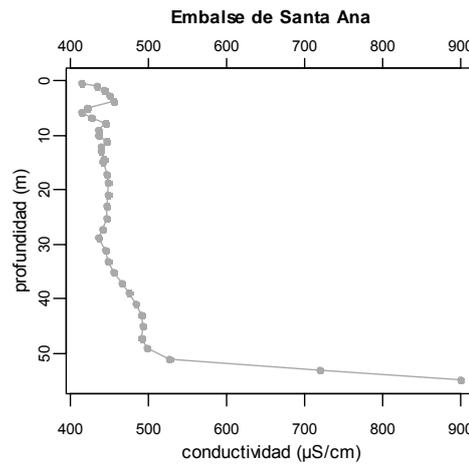
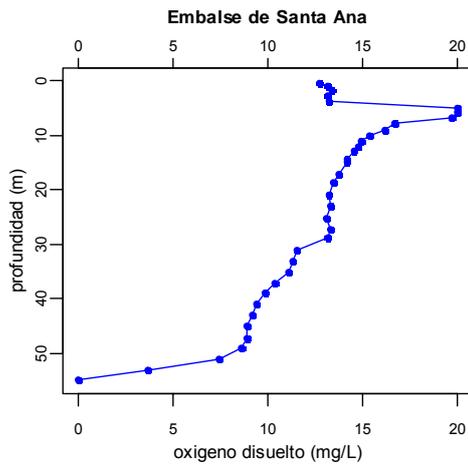
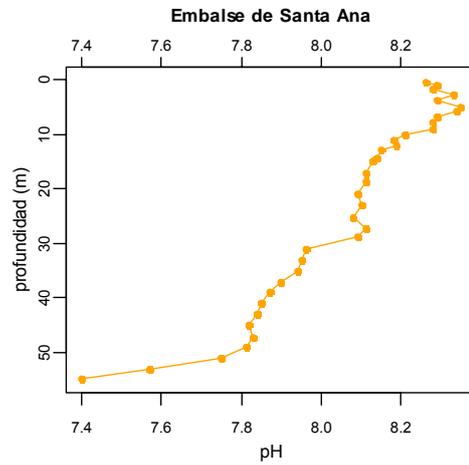
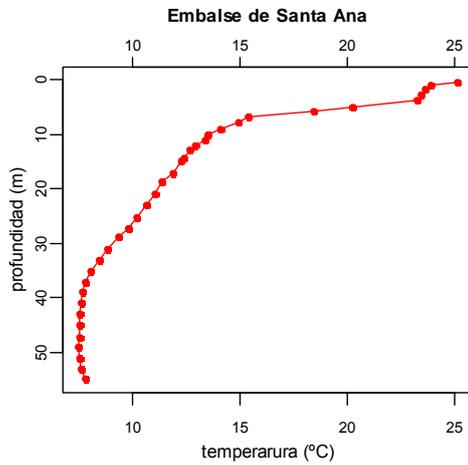
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 7,78 °C – en el fondo- y los 25,16 °C - máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Junio 2009) la termoclina se sitúa entre los 5 y los 6 m de profundidad.
- El pH del agua en superficie es 8,26. En el fondo del embalse el valor del pH es de 7,4 (valor que coincide con el mínimo hipolimnético estival). El máximo epilimnético estival se corresponde a un pH de 8,35 a 5 m de profundidad.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 4,20 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 10,50 metros.
- La turbidez media de la zona eufótica (muestra integrada a 2,5 veces la profundidad de Secchi) fue de 1,91 NTU.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 13,10 mg/L. En el hipolimnion las condiciones medias de oxigenación son de 11,57 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L) a partir de los 54 metros de profundidad.
- La conductividad del agua es de 415 µS/cm en la superficie y de 900 µS/cm en el fondo del embalse.

GRÁFICO 2
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE SANTA ANA



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 P soluble fue de 3,40 µg P/L.
- La concentración de fósforo total (PT) en la muestra integrada (zona fótica) fue de 12,45 µg P/L
- La concentración de nitrógeno total (NT) fue de 0,56 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito, NIO) tomó un valor de 0,22 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 3,11 mg SiO₂/L.
- La alcalinidad en este embalse (zona fótica) fue de 2,2 meq/L

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila.

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 21 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 7 Bacillariophyceae
- 5 Chlorophyta
- 4 Chrysophyceae
- 3 Dinophyta
- 1 Euglenophyta
- 1 Cryptophyta

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por la alta densidad de bacilariofíceas (55%) y clorófitos (26%). Entre las especies más abundantes, encontramos la bacilariofícea *Cyclotella comta* (Ehr) Kütz (30,6% de la densidad total). También destacan por su alta densidad en la muestra integrada los clorófitos *Pedinomonas* sp y la bacilariofícea *Cyclotella ocellata* Pantocsek (17,6% y 12,9% de la densidad total respectivamente). En cuanto al porcentaje de biovolumen total, destacan los dinófitos, con un 81%. El dinófito *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin proporciona gran parte del biovolumen total (46,1%).

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de bacilariofíceas es el mejor representado, con 7 especies.

La concentración de clorofila fue de 1,45 µg/L.

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Santa Ana se han identificado un total de 18 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 11 Rotifera
- 4 Cladocera
- 3 Copepoda

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 SANTA ANA		FECHA DE MUESTREO	24/06/2009
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	SAN	
PROFUNDIDAD	m	11,0	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	242	
BIOMASA TOTAL	µg/L	39	
CLASE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		ROTÍFERA (88%)	
individuos/L		212	
ESPECIE PREDOMINANTE (% DENSIDAD)		<i>Kellicotia longispina longispina</i> (39%)	
individuos/L		94	
CLASE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		CLADÓCERA (33%)	
µg/L		13	
ESPECIE PREDOMINANTE (% BIOMASA)		<i>Daphnia longispina</i> (26%)	
µg/L		10	

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2009, está caracterizada por el rotífero *Kellicotia longispina longispina* con un 39%. Respecto a biomasa, destaca el cladócero *Daphnia longispina* con un 26%. En cuanto a diversidad de especies, el grupo de los rotíferos es el que tiene mayor representatividad, con 11 especies.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 3**, 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 P/L)	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) en	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 SANTA ANA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	12,45	Mesotrófico
CLOROFILA A	1,45	Oligotrófico
DISCO SECCHI	4,20	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	237	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	3,75	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el parámetro fósforo total (PT) sitúa al embalse en el rango de mesotrofia. Los resultados obtenidos de los demás parámetros (clorofila a, transparencia y densidad algal) clasifican el embalse como oligotrófico. Por tanto, el estado trófico final para el embalse de SANTA ANA se ha propuesto como **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PE_{exp}*)

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	
Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</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
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 4 elementos es igual o superior a 4, se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema

(AS.FUN). Si no se alcanzan los 3 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 SANTA ANA

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal(cel/ml)	237	Bueno
		Clorofila a (µg/L)	1,45	Bueno
		Biovolumen algal(mm ³ /L)	0,27	Bueno
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	4,41	Óptimo
		<i>Phytoplankton Trophic Index (PTI)</i>	4,05	Bueno
		<i>Trophic Index (TI)</i>	2,40	Bueno
	Zooplancton	<i>Zooplankton Reservoir Trophic Index (ZRTI)</i>	3,1	Óptimo
INDICADOR BIOLÓGICO			4,1	BUENO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	4,20	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg/LO ₂)	11,57	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg/LP)	12,5	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,0	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO				BUENO

b) Aproximación normativa (*PE_{norm}*)

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 SANTA ANA

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	1,45	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	0,27	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	0,16	Óptimo
		Porcentaje de cianobacterias	0,00	Óptimo
INDICADOR BIOLÓGICO			3,0	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	4,20	Bueno
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	11,57	Óptimo
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	12,5	Moderado
INDICADOR FISICOQUÍMICO			4,0	AS FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			BUENO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRAFICO



Foto 1: Vista general del embalse



Foto 2: Toma de muestras en la balsa



Foto 3: Panorámica del embalse



Foto 4: Presa del embalse de Santa Ana