



---

**INFORME FINAL DEL EMBALSE DE SANTA ANA**  
**AÑO 2008**

---



**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](mailto:consultoria@ica1.e.telefonica.net)

**ENERO 2009**

## ÍNDICE

|   | Página    |
|---|-----------|
| <b><u>1. INTRODUCCIÓN</u></b>   | <b>1</b>  |
| <b><u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u></b> | <b>2</b>  |
| 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         |
| <b><u>3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</u></b>                   | <b>5</b>  |
| <b><u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u></b>                       | <b>6</b>  |
| 4.1.  Características fisicoquímicas de las aguas                         | 6         |
| 4.2.  Hidroquímica del embalse  | 8         |
| 4.3.  Fitoplancton y concentración de clorofila.                          | 9         |
| 4.4.  Zooplancton   | 10        |
| <b><u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u></b>                            | <b>11</b> |
| <b><u>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u></b>                      | <b>12</b> |

### 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 2008 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 2008, correspondiente al año hidrológico 2007-2008).

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 hm<sup>3</sup>, 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.

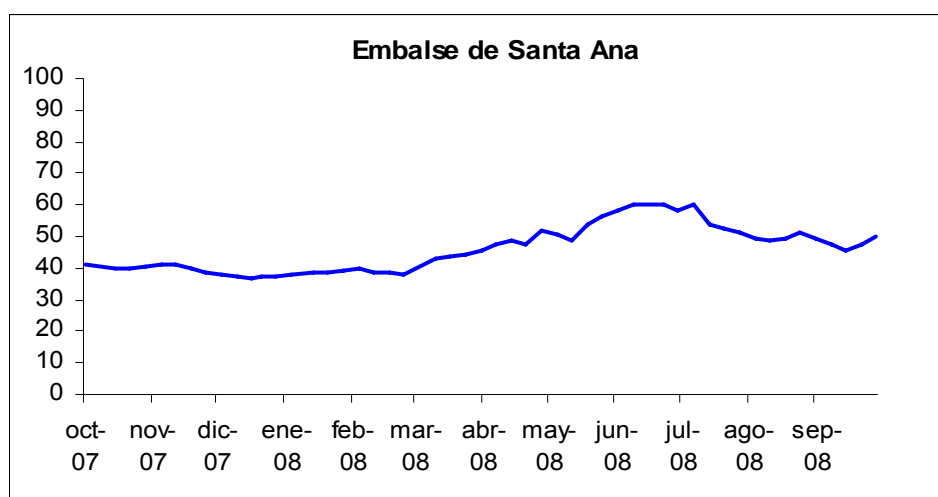
**CUADRO 1**  
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE DE SANTA ANA

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| Superficie de la cuenca    | 1757,50 km <sup>2</sup> |
| Capacidad total N.M.N.     | 236,60 hm <sup>3</sup>  |
| Capacidad útil             | 236,60 hm <sup>3</sup>  |
| Aportación media anual     | 679,38 hm <sup>3</sup>  |
| 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 a los 4 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 15 metros de profundidad.

En la **Figura 1** se presentan los valores semanales del volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2007-2008.

**Figura 1**  
VOLUMEN EMBALSADO (%) DURANTE EL AÑO HIDROLÓGICO 2007-2008



### **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).

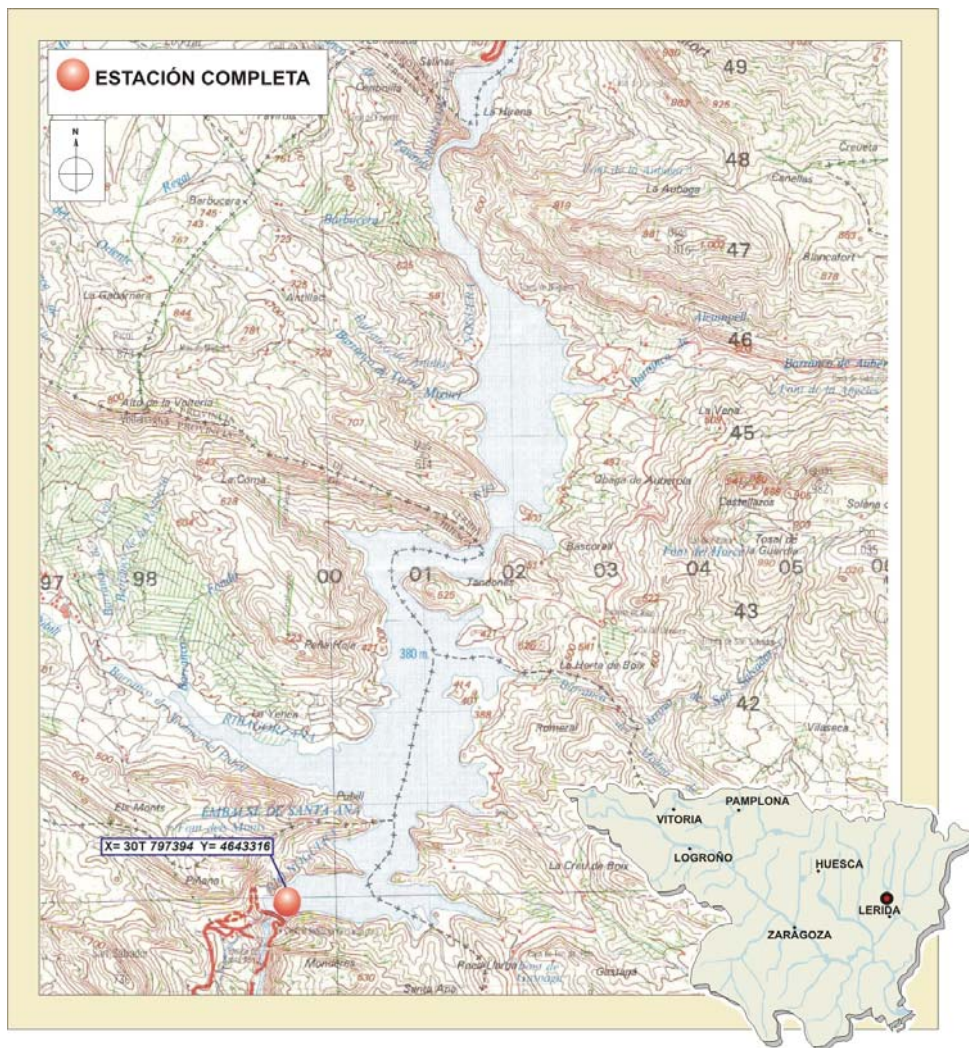
### **2.4. Registro de zonas protegidas**

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. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa.

Se ha realizado una campaña de muestreo el 5 de Julio de 2008. En esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.



## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

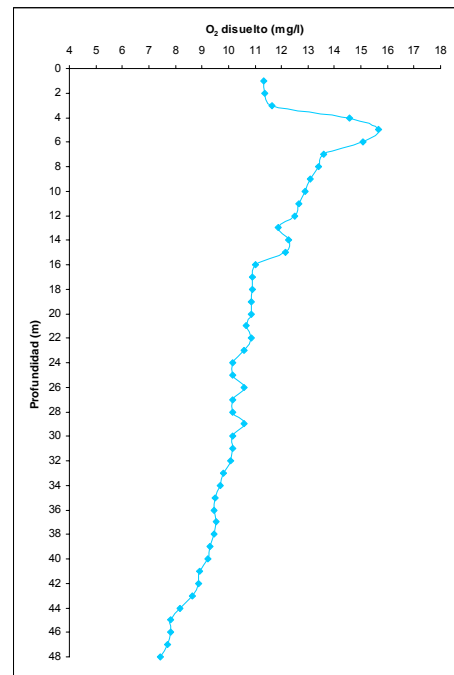
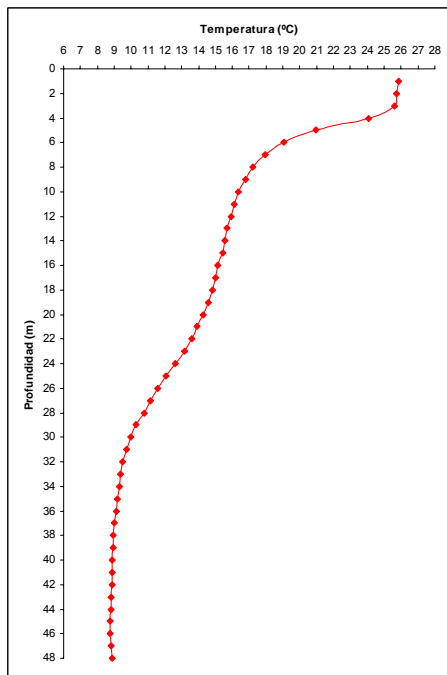
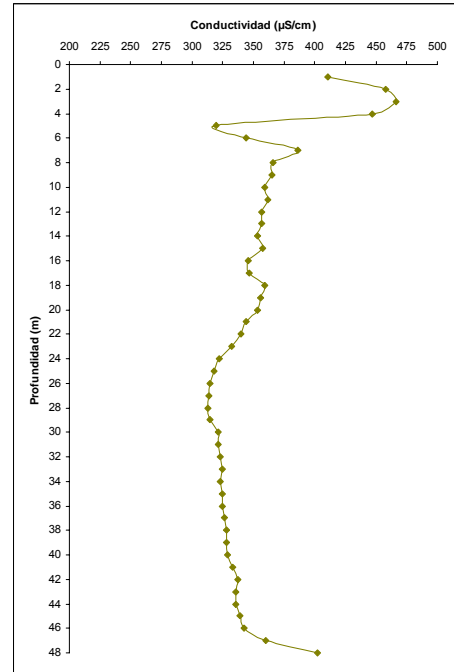
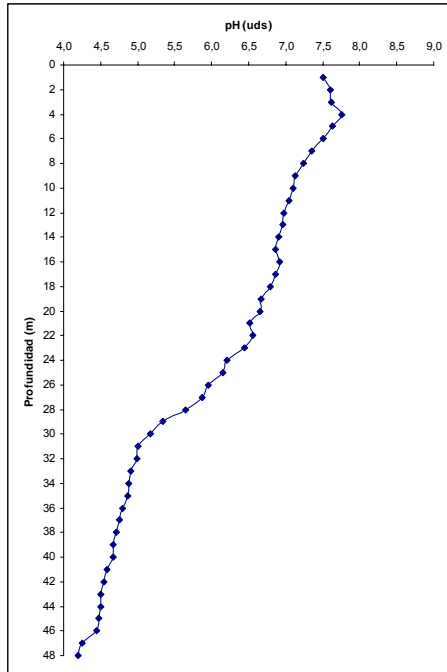
### 4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 8,9 °C – en el fondo- y los 25,8 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Julio 2008) la termoclina se sitúa a 4 m de profundidad.
- El pH del agua en superficie es 7,50. En el fondo del embalse el valor del pH es de 4,19 (valor que coincide con el mínimo hipolimnético estival). El máximo epilimnético estival se corresponde a un pH de 7,76 a 4 m de profundidad.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi (DS) es de 6 metros, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 15 metros.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 12,23 mg/L. En el hipolimnion las condiciones medias de oxigenación son de 10,06 mg/L. Se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O<sub>2</sub>/L) a partir de los 48 metros de profundidad.
- La conductividad del agua es de 411 µS/cm en la superficie y de 402 µS/cm en el fondo del embalse.



**GRÁFICO 1**  
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE SANTA ANA



#### 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total en el muestreo es de 12,8  $\mu\text{g P /L}$  para la muestra integrada.
- La concentración de nitrógeno total en las muestras se sitúa en torno a 0,38 mg N /L para ambas muestras.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito) tomó un valor de 0,10 mg N /L.
- La concentración de amonio resultó inferior al límite de detección (0,1 mg/L  $\text{NH}_4$ ).
- La concentración de sílice es de 3,4 mg  $\text{SiO}_2/\text{L}$ .

### 4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila.

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 20 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 4 Bacillariophyceae
- 4 Chrysophyceae
- 4 Chlorophyta
- 3 Cryptophyta
- 4 Dynophyta
- 1 Euglenophyta

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2008, está caracterizada por la bacilariofícea *Cyclotella ocellata* (Pantocksek), que es la más abundante en la muestra con un 36% de la densidad total, seguida de los clorófitos *Pedinomonas* sp, con un 28,5% de la densidad total. Sin embargo, la especie que ocupa mayor biovolumen en la muestra es el criptófito *Cryptomonas erosa* (Ehrbg) con un 47,5% del biovolumen total.

Los grupos de bacilariofíceas, crisófitos y clorófitos son los que más especies cuentan con 4 cada uno. El menos representativo son los euglenófitos con una única especie.

La concentración de clorofila en el muestreo ha sido de 1,59 µg/L.

#### 4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Santa Ana se han identificado un total de 17 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 10 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                       | 05/07/2008 |
|--|--------------|---|------------|
|  |              | CODIGO PUNTO DE MUESTREO                |            |
| PARAMETRO                                  | UNIDAD       | SAN                                     |            |
| PROFUNDIDAD                                | m            | 15                                      |            |
| DENSIDAD TOTAL                             | individuos/L | 197,4                                   |            |
| BIOMASA TOTAL                              | µg/L         | 22,07                                   |            |
| CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)              |              | ROTIFERA                                |            |
| individuos/L                               |              | 190,2                                   |            |
| ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)            |              | <i>Kellicotia longispina longispina</i> |            |
| individuos/L                               |              | 170,9                                   |            |
| CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)   |              | ROTIFERA                                |            |
| µg/L                                       |              | 10,32                                   |            |
| ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA) |              | <i>Kellicotia longispina longispina</i> |            |
| µg/L                                       |              | 9,40                                    |            |

La composición y estructura de la comunidad, en el periodo estival de 2008, está caracterizada por el rotífero *Kellicotia longispina longispina* con un 86,5% de la densidad total y un 43% de la biomasa total en la muestra.

En cuanto a diversidad de especies, el grupo de los rotíferos es el que tiene mayor representatividad, con 10 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. 82).

**CUADRO 3**  
 PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

| Parámetros   Estado Trófico           | Ultraoligotrófico | Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico    | Hipereutrófico |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| Concentración P ( $\mu\text{g P/L}$ ) | 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 ( $\mu\text{g/L}$ ) 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                     | 12,8   | Mesotrófico         |
| CLOROFILA A                 | 1,9    | Oligotrófico        |
| DISCO SECCHI                | 6      | Oligotrófico        |
| DENSIDAD ALGAL              | 317,15 | Oligotrófico        |
| <b>ESTADO TROFICO FINAL</b> | 3,75   | <b>OLIGOTRÓFICO</b> |

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 es **OLIGOTRÓFICO**.

## 6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

### a) Aproximación experimental (*PE<sub>exp</sub>*)

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. 131).

**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 <sup>3</sup> | 10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup> | 10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup> | >10 <sup>5</sup> |
|                                    |                    | Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)                   | 0-1     | 1-2,5               | 2,5-8                            | 8,0-25                           | >25              |
|                                    |                    | Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)               | <0,1    | 0,1-0,5             | 0,5-2                            | 2-8                              | >8               |
|                                    |                    | Índice fitoplanctónico I <sub>pl</sub>              | 0-20    | 20-40               | 40-60                            | 60-80                            | >80              |
|                                    |                    | <i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>           | >4      | 3-4                 | 2-3                              | 1-2                              | <1               |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO (1)</b>     |                    |   | 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 <sub>2</sub> (mg O <sub>2</sub> /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              |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)</b> |                    |   | 4-5     | 3-3, 9 9            | <3                               |                                  |                  |

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

(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)                              | 317,15       | BUENO        |
|                                |                    | Clorofila a (µg/L)                                  | 1,59         | BUENO        |
|                                |                    | Biovolumen algal(mm <sup>3</sup> /L)                | 0,10         | BUENO        |
|                                |                    | <i>Indice Planctonique (I<sub>PL</sub>)</i>         | 35           | BUENO        |
|                                |                    | <i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>           | 2,94         | MODERADO     |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>     |                    |   | 3,8          | <b>BUENO</b> |
| Fisicoquímico                  | Transparencia      | Disco de Secchi(m)                                  | 6            | BUENO        |
|                                | Oxigenación        | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 10,09        | ÓPTIMO       |
|                                | Nutrientes         | Concentración de P(µgP/L)                           | 12,8         | MODERADO     |
|                                | Elemento combinado | TSI   | 34,68        | BUENO        |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b> |                    |   | 4            | <b>MPE</b>   |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>     |                    |   | <b>BUENO</b> |              |

**b) Aproximación normativa (*PE<sub>norm</sub>*)**

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. 137).

**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<sub>norm</sub>*) tras pasar el filtro del estado fisicoquímico.

**CUADRO 8**

DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE<sub>norm</sub>*) DEL EMBALSE DE SANTA ANA

| Indicador   | Elementos          | Parámetros  | Valor RCE     | <i>PE<sub>norm</sub></i> |
|---|--------------------|---|---------------|--------------------------|
| Biológico   | Fitoplancton       | Clorofila a (µg/L)                                  | 1,64          | Óptimo                   |
|   |                    | Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)               | 7,46          | Óptimo                   |
|   |                    | Índice de Catalán (IGA)                             | 1,00          | Óptimo                   |
|   |                    | Porcentaje de cianobacterias (Q)                    | 1,00          | Bueno                    |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>                          |                    |   | 2,75          | <b>ÓPTIMO</b>            |
| Fisicoquímico                                       | Transparencia      | Disco de Secchi(m)                                  | 4,50          | BUENO                    |
|   | Oxigenación        | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 0,27          | MALO                     |
|   | Nutrientes         | Concentración de P(µg P/L)                          | 10,2          | MODERADO                 |
|   | Elemento combinado | TSI   | 37,31         | BUENO                    |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>                      |                    |   | 3,00          | <b>AS-FUN</b>            |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE<sub>norm</sub></i></b> |                    |   | <b>ÓPTIMO</b> |                          |

---

**ANEXO I**  
**REPORTAJE FOTOGRAFICO**

---