



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

**EJECUCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS CON
LOS REQUISITOS DE LA DIRECTIVA MARCO
(2000/60/CE) EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA DEL EBRO REFERIDOS A:
ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE ZONAS
PROTEGIDAS, DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL
ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES, DESARROLLO DE
PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN**

EMBALSE DE CALANDA

ÍNDICE

| | Página |
|---|---------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE | 1 |
| 2.1. Ámbito geográfico | 1 |
| 2.2. Características morfométricas e hidrológicas | 2 |
| 2.3. Usos del agua | 4 |
| 2.4. Registro de zonas protegidas | 4 |
| 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS | 5 |
| 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 7 |
| 4.1. Características físico-químicas de las aguas | 7 |
| 4.2. Hidroquímica del embalse | 9 |
| 4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores | 12 |
| 4.3.1. Cualidad bioindicadora | 15 |
| 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO | 15 |
| 6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO | 16 |
| ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS | |
| ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS | |
| ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS | |
| REPORTAJE FOTOGRÁFICO | |
| APÉNDICE 1. FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE | |

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Calanda y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una ágil y rápida consulta del documento. Los listados de datos analíticos se adjuntan en tres anexos que completan el presente documento. Por último, tras los anexos, se expone un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (años 2004-2005).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

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

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geográfico

La cuenca vertiente al embalse de Calanda está situada en el dominio Ibérico Maestrazgo Catalánides. El área engloba los macizos mesozoicos de la terminación oriental de la Cordillera Ibérica y su enlace con la Cordillera Costero-Catalana. Orográficamente comprende los macizos montañosos del Maestrazgo, Sierra de San Just, puertos de Beceite y Sierra del Boix.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1982, se sitúa en el término municipal del mismo nombre, en la provincia de Teruel. Regula las aguas de los ríos Bergantes y Guadalope, así como las de algunas barranqueras de carácter intermitente.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones, alargado y sinuoso, que en las inmediaciones de la presa presenta una amplia ensenada.

La cuenca vertiente al embalse de Calanda tiene una superficie total de 266 269,73 ha, de los cuales, 43 330 ha pertenecen a su cuenca de esorrentía parcial. Aguas arriba del embalse se encuentran los embalses de Santolea y La Balma. El primero se instala en el cauce del río Guadalope y el segundo regula las aguas del río Bergantes.

El embalse tiene una extensión de 312 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 54,32 hm³. Tiene una profundidad media de 17,4 m, mientras que la profundidad máxima es de 53 m. En el cuadro I se presentan las características morfométricas del embalse y de las subcuencas.

Cuadro I: Características morfométricas del embalse y subcuencas

| | |
|--|----------------------|
| Superficie de la cuenca total (ha) | 266 269,73 |
| Superficie de la cuenca parcial (ha) | 43 330 |
| Superficie de la subcuenca de esorrentía (ha) | 6 909 |
| Superficie del embalse (ha) | 312 |
| Longitud máxima del embalse (km) | 10 |
| Capacidad total (hm ³) | 54,32 |
| Capacidad útil (hm ³) | 54,32 |
| Profundidad máxima (m) | 53 |
| Profundidad media (m) | 17,4 |
| Perímetro en máximo nivel (km) | 28 |
| Cota máximo nivel embalsado (msnm) | 440 |
| Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm) | 434,65; 405,5; 389,5 |

Se trata de un embalse monomítico¹, típico de zonas templadas. Se detectó una leve termoclina a 8 metros de profundidad en verano de 2004, en verano de 2005 la columna de agua no se encuentra plenamente estratificada, detectándose un gradiente profundo a 17 m. La capa fótica en el estío ronda los 3 metros de espesor.

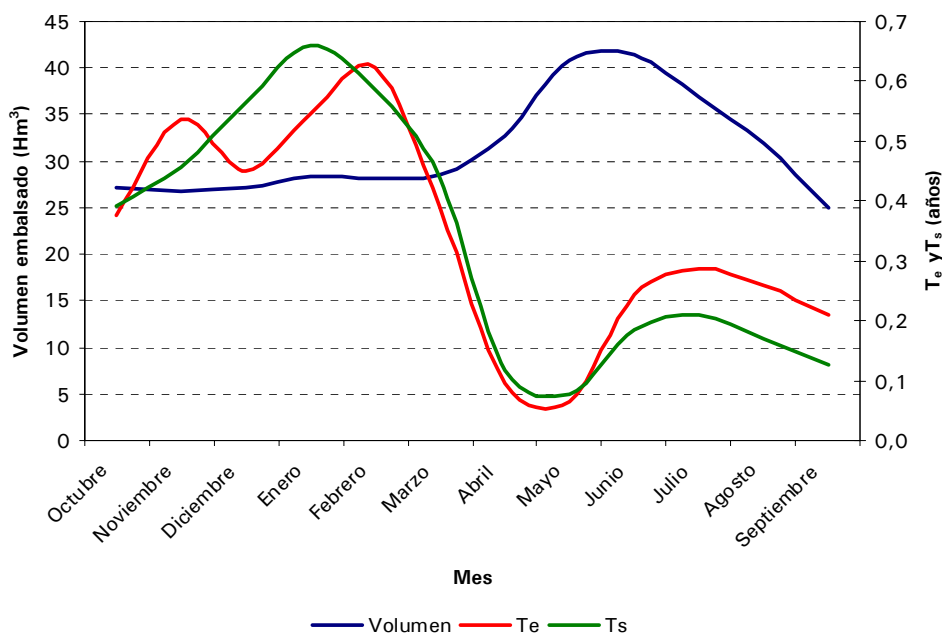
En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al año hidrológico 2001-2005.

Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Año hidrológico 2001-2005

| BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| Periodo | Volumen | Salidas totales | Entradas Totales | Ts | Te |
| 2001-2005 | Hm³ | Hm³ | Hm³ | años | años |
| Octubre | 27,11 | 5,90 | 6,10 | 0,39 | 0,38 |
| Noviembre | 26,81 | 4,83 | 4,10 | 0,46 | 0,54 |
| Diciembre | 27,08 | 4,08 | 5,10 | 0,56 | 0,45 |
| Enero | 28,33 | 3,65 | 4,40 | 0,66 | 0,55 |
| Febrero | 28,19 | 3,70 | 3,48 | 0,58 | 0,62 |
| Marzo | 28,63 | 5,55 | 6,25 | 0,44 | 0,39 |
| Abril | 32,61 | 22,83 | 28,15 | 0,12 | 0,10 |
| Mayo | 40,76 | 45,23 | 53,68 | 0,08 | 0,06 |
| Junio | 41,41 | 18,35 | 14,03 | 0,19 | 0,24 |
| Julio | 36,89 | 15,03 | 10,95 | 0,21 | 0,29 |
| Agosto | 31,89 | 16,10 | 10,50 | 0,17 | 0,26 |
| Septiembre | 25,04 | 16,43 | 9,88 | 0,13 | 0,21 |
| Total anual | 31,23 | 161,65 | 156,60 | 0,19 | 0,20 |

El tiempo de residencia anual del agua es bajo, en torno a 2 meses. Los mínimos se obtienen en el mes de mayo - entre 22 y 29 días -; y los máximos en los meses invernales - enero y febrero -, situándose en este caso la tasa de renovación entre los 7 y los 8 meses.

¹ Significa que presenta un único ciclo anual de mezcla-estratificación vertical.

Figura 1: Volumen embalsado y tiempo de retención del agua


2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al riego y a la producción hidroeléctrica. Así mismo, a través del canal alimentador de la Estanca de Alcañiz, se abastecen con ellas las poblaciones de Castellserás, Alcañiz y Calanda. Dentro de los usos recreativos destaca la pesca, ya que sus aguas están declaradas como “trucheras en régimen especial” y el embalse es coto deportivo de pesca. Además, se deriva agua para la central térmica de Andorra a través de una tubería subterránea.

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Calanda 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, dentro de las siguientes categorías:

- *Zonas de extracción para consumo humano:* El embalse de Calanda suministra agua a la acequia “Comunidad de regantes Valmuel”, donde existen dos puntos

de captación, cuyo titular es el Ayuntamiento de Valdealgorfa, y que, en total, abastecen a 2 328 habitantes.

- *Zonas sensibles bajo el marco de la directiva 91/271/CEE:* El embalse se encuadra en la lista de 12 embalses declarados como Zonas Sensibles, a través de la Resolución 25 de mayo de 1998 de la Secretaria de Estado de Aguas y Costas.
- *Zonas de protección de hábitats o especies:* La cola del embalse queda incluida en el espacio protegido formado por el LIC ES2420117 "Río Bergantes". Este sector del río Bergantes destaca por las importantes comunidades vegetales riparias en buen estado de conservación que colonizan los márgenes del curso fluvial. Dentro de la fauna asociada a ecosistemas acuáticos destaca la presencia de la nutria (*Lutra lutra*).

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se han ubicado tres estaciones de muestreo, una en las inmediaciones de la presa (**E1**) y dos más en tributarios, la primera en el río Guadalope (**T1**) y la segunda en el río Bergantes (**T2**), situadas ambas antes de su ingreso en el embalse (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

En total se han realizado 4 campañas de muestreo en el embalse, distribuidas a lo largo de los años 2004 y 2005. En el **cuadro III** se presentan las fechas de los muestreos y si en esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.

Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo

| | | |
|------------|------------|------------------------|
| 1ª Campaña | 19/08/2004 | Estratificación |
| 2ª Campaña | 30/11/2004 | Mezcla |
| 3ª Campaña | 26/04/2005 | Mezcla |
| 4ª Campaña | 09/08/2005 | Estratificación (leve) |

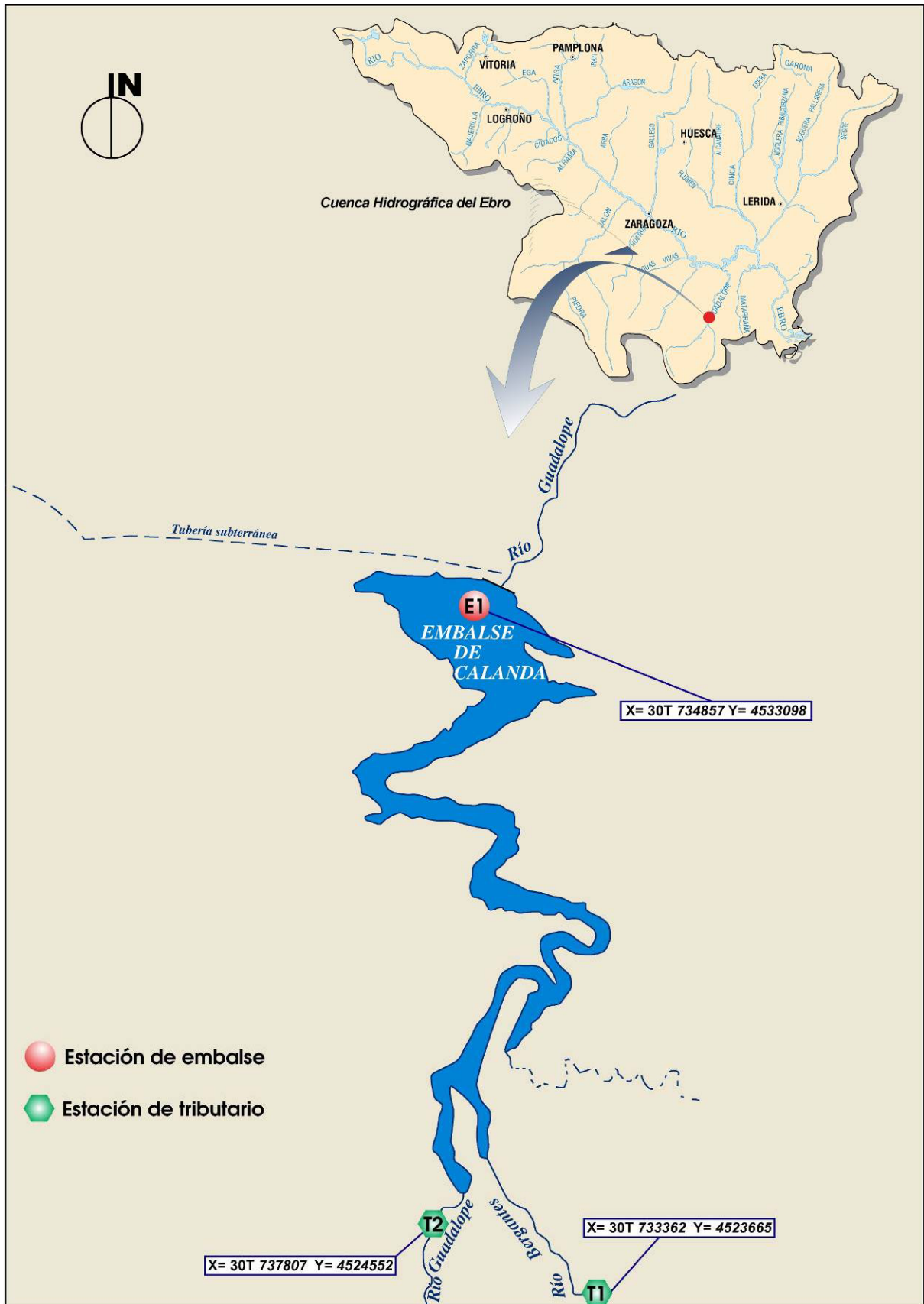


Figura 2: Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Calanda

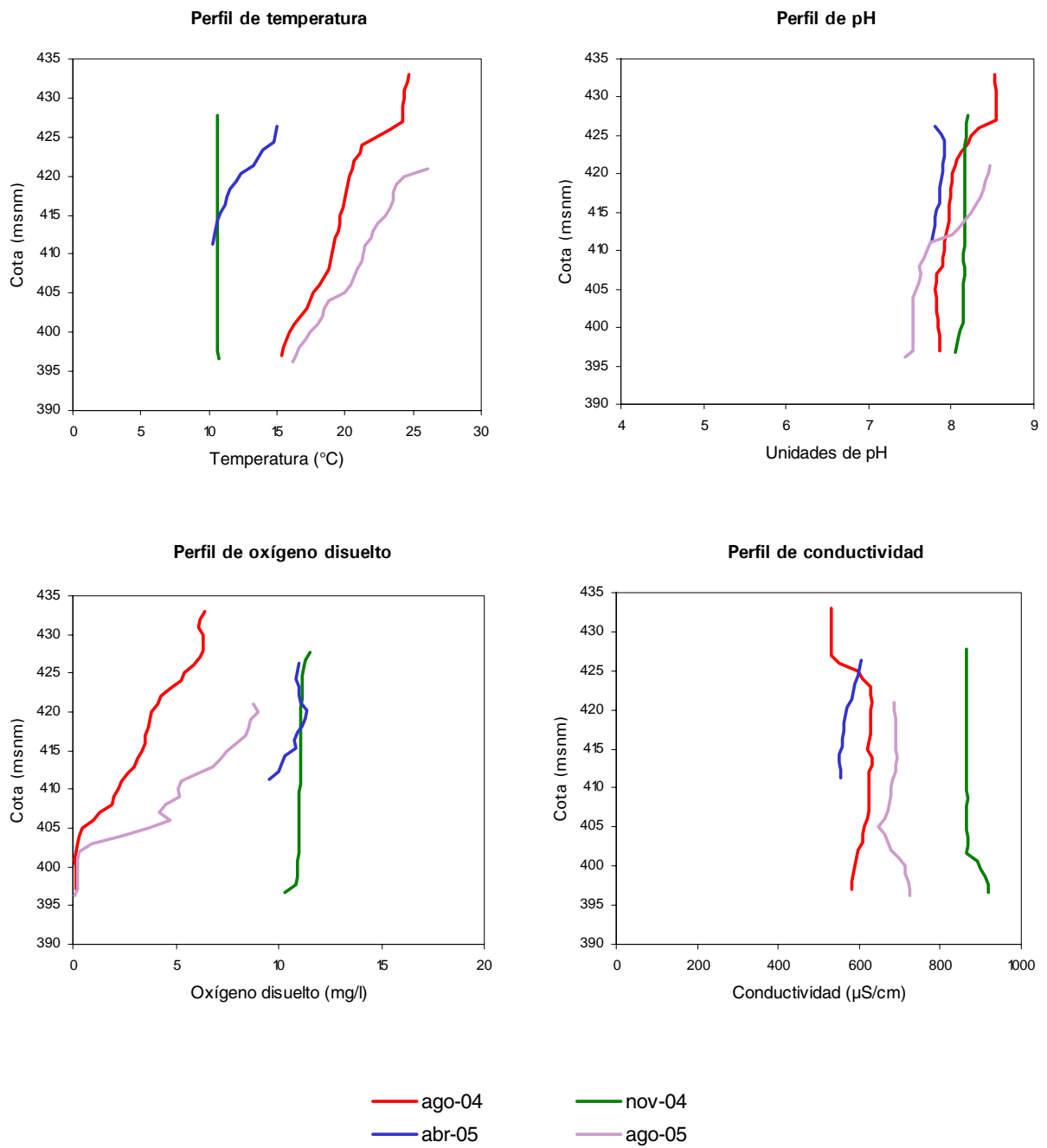
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características físico-químicas de las aguas

Los resultados físico-químicos de cada una de las campañas de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Del comportamiento observado se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua es moderada, oscilando entre los 10,3 °C -mínimo- y los 26,1 °C, -máximo registrado en el estío-. En verano de 2004 la termoclina se localiza a 8 metros de profundidad, mientras que en verano de 2005 el embalse no se haya totalmente estratificado, detectándose un gradiente profundo a 17 metros de profundidad. La diferencia de temperatura en verano de 2005, entre las capas superficiales y profundas, ronda los 10 °C.
- El pH del agua es ligeramente básico, con un valor medio anual de 8,01 ud. El máximo epilimnético estival es de 8,55 ud y el mínimo, registrado en las capas más profundas, de 7,44 ud.
- La transparencia del agua es baja, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi de 1,9 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 3 metros. El mínimo (1,3 m) se registra en la campaña de invierno, mientras que el máximo (2,3 m) se registra en primavera.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas durante el periodo de mezcla (invierno-primavera), alcanzando en ésta época una concentración media de 10,9 mg/l O₂. Esta situación que empeora en el estío, donde los últimos 10 m, en verano de 2004, y los últimos 8 m, en verano de 2005, presentan condiciones anóxicas (< 1 mg/l O₂).
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 694 μ S/cm. Los resultados obtenidos han oscilado entre 530 μ S/cm, mínimo estival, y 917 μ S/cm, máximo estival registrado en el último metro de profundidad.

Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos a lo largo del periodo 2004-2005, y que se presentan en el **Anexo II**, se desprenden las siguientes conclusiones:

- Las concentraciones de nutrientes son moderadas y se encuentran dentro de los rangos conocidos para el embalse.

La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,015 mg/l P. Los valores máximos se dan en verano, con unas concentraciones de 0,023 mg/l P en verano de 2004 y 0,018 mg/l P en el de 2005. Por su parte el mínimo -0,009 mg/l P- se da tanto en invierno como en primavera. Los ortofosfatos mantienen una pauta similar, oscilando las concentraciones entre 0,002 mg/l P -mínimo primaveral- y 0,023 mg/l P máximo en verano de 2004.

Dentro de los compuestos nitrogenados destacan las concentraciones de nitritos que, en prácticamente todas las muestras analizadas, superan el umbral establecido para la vida piscícola de tipo ciprinícola ($\leq 0,03$ mg NO₂/l). Entre las formas inorgánicas la dominante es la de nitratos (NO₃/NIT = 95%), siendo la proporción de amonio baja (NH₄/NIT = 4%) y la de nitritos muy pequeña (NO₂/NIT = 1%). La evolución temporal del nitrógeno inorgánico total (NIT) presenta el máximo en invierno -1,31 mg/l N- mientras que el mínimo -0,86 mg/l N- se da en verano de 2005.

Las concentraciones de nutrientes en los tributarios son moderadas-altas. En el caso del fósforo total la mayor concentración media anual la presenta el río Guadalupe, 0,061 mg/l P frente a 0,027 mg/l P registrados en el Bergantes. Los valores máximos, 0,155 mg/l P -Guadalupe- y 0,074 mg/l P -Bergantes-, se dan en primavera, mientras que los mínimos se registran en invierno. Por su parte, el nitrógeno inorgánico total presenta una menor diferencia entre tributarios, con una concentración media anual de 0,74 mg/l N en el río Guadalupe y de 0,67 mg/l N en el río Bergantes.

- El contenido de materia orgánica obtenido, tanto en el embalse como en el tributario, es bajo y no presenta variaciones interanuales destacables. Los valores medios obtenidos en el embalse han sido de 0,9 y 9,4 mg /l, para la DBO₅ y DQO, respectivamente. El río Guadalope presenta un contenido de materia orgánica ligeramente superior a la del Bergantes, 2,1 y 19,0 mg O₂/l - Guadalope- y 0,5 y 9,1 mg O₂/l -Bergantes-.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas y la concentración de calcio obtenida (80,2 mg Ca/l) se sitúa en el rango habitual en el embalse.

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes

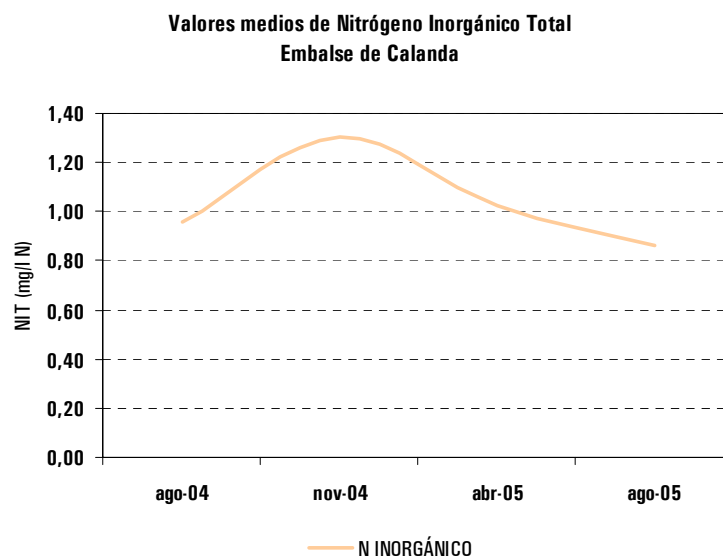
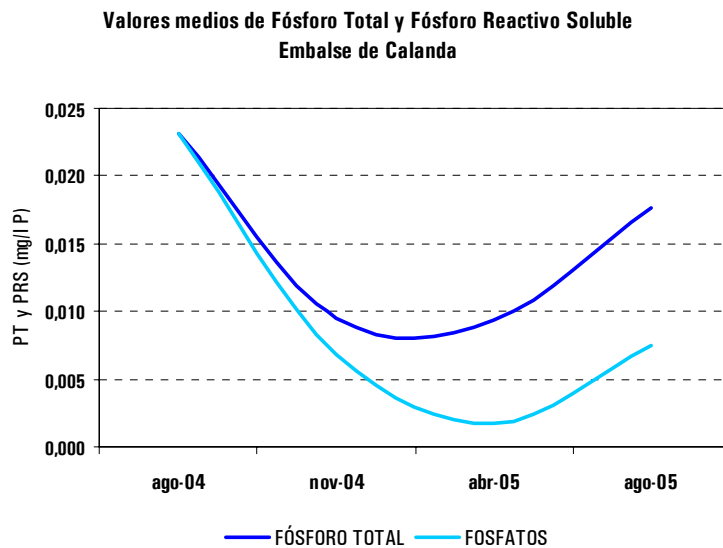
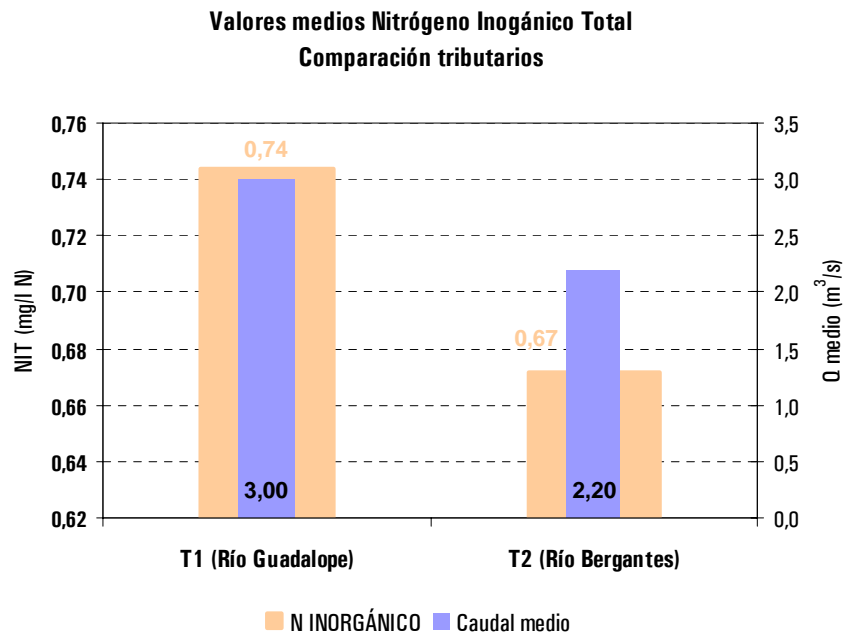
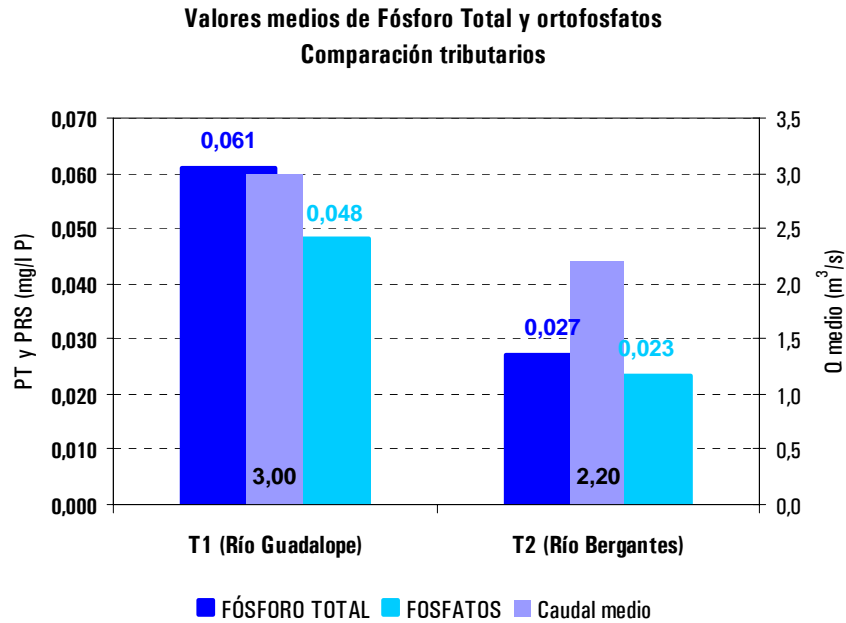


Figura 5: Comparación de la concentración de nutrientes entre tributarios.
Valores medios anuales


| | Río Guadalope en Santolea PP | Río Bergantes en Zorita |
|----------------|------------------------------|-------------------------|
| Estación aforo | 106 | 31 |
| Periodo | 1947-2002 | 1932-2002 |
| nº datos | 19.723 | 12.008 |

Nota: Los caudales representados se han obtenido de la tabla resumen de aforos. Web

<http://oph.chebro.es/ContenidoAforo>

4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores

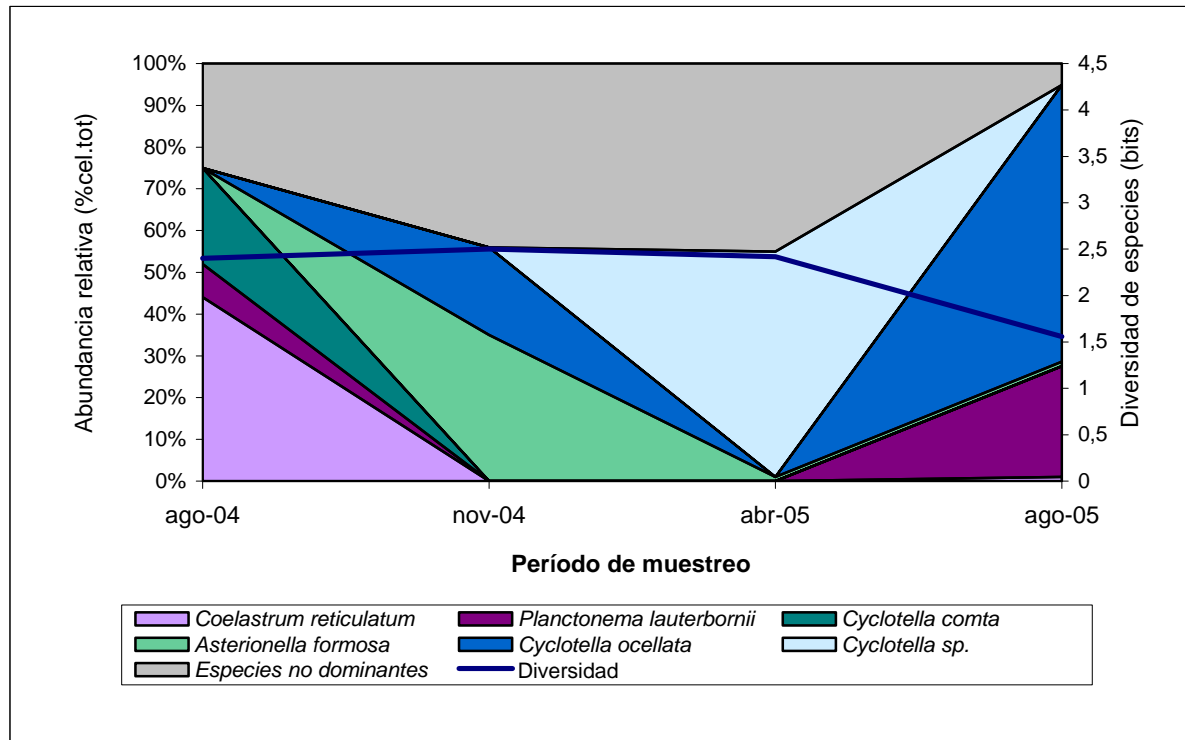
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 51 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 15 diatomeas
- 1 cianobacterias
- 21 clorofíceas
- 5 criptofíceas
- 2 crisofíceas
- 2 dinofíceas
- 5 euglenofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 6 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

Figura 6: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal



La composición y estructura poblacional han mantenido las siguientes pautas temporales:

En el primer período estival, la población fitoplanctónica presenta valores moderados de densidad -2 059 cel/ml- y el grupo dominante son las clorofíceas. Dentro de este grupo se distingue por su abundancia *Coelastrum reticulatum*. La principal especie acompañante es la diatomea *Cyclotella comta*.

En el periodo invernal se registra una reducción de la densidad algal -948 cel/ml-. La mayor parte de las especies identificadas pertenecen al grupo de las diatomeas y entre ellas destacan *Asterionella formosa* y *Cyclotella ocellata*. La principal especie acompañante es la criptofíceo *Rhodomonas minuta*. La asociación algal identificada es común de embalses y lagos con la masa de agua mezclada y moderadamente fría. La ausencia de una especie claramente dominante determina el registro del máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver -2,50 bits-.

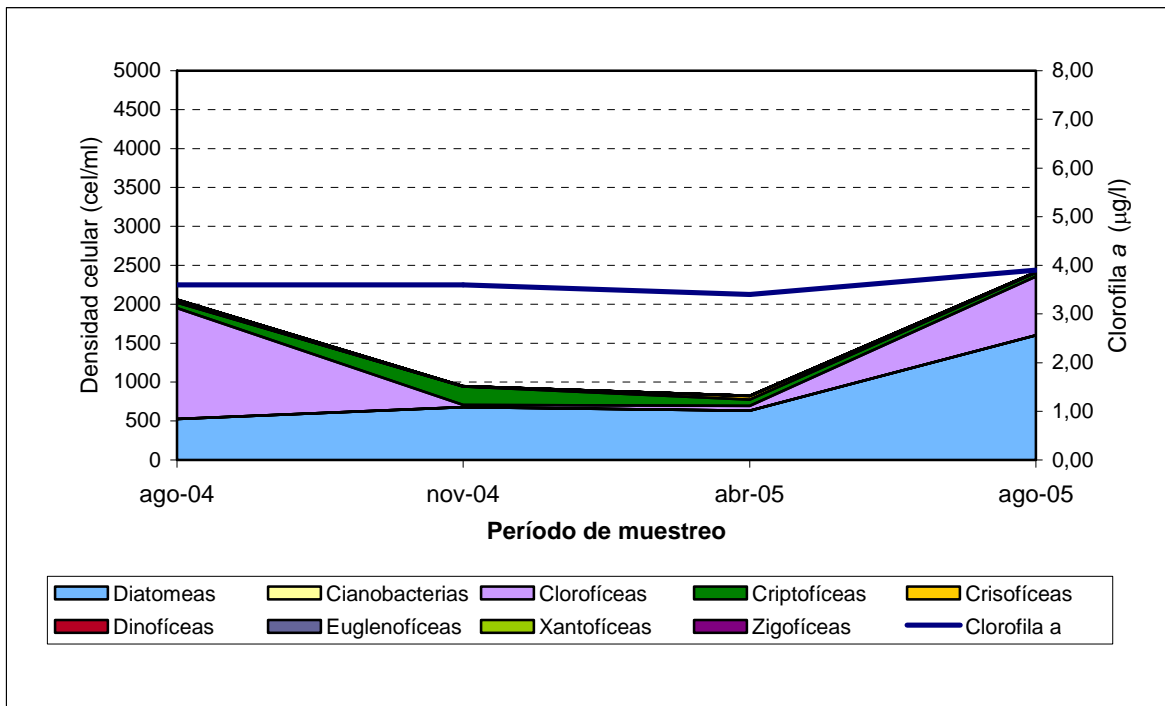
Durante la época primaveral se reduce la población de todos los grupos algales, por lo que se registra la mínima densidad algal -825 cel/ml-. Las diatomeas han tenido un

menor retroceso y se mantienen como grupo dominante. Se observa un cambio en las especies más abundantes y se distinguen *Cyclotella sp.* y *Cyclotella bodanica*.

En julio de 2005 se incrementa la densidad algal con respecto a la primavera y se registra el valor máximo -2 413 cel/ml-. En relación a la composición, las diatomeas continúan siendo dominantes a través de la especie *Cyclotella ocellata* -representa el 65% de la población-. La principal especie acompañante es la clorofícea *Planctonema lauterbornii*. La clara dominancia de *Cyclotella* reduce el valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver al mínimo del periodo de estudio -1,56 bits-.

La evolución temporal de la densidad algal, segregada por clases taxonómicas y la biomasa expresada en concentración de clorofila *a*, se representa en el siguiente gráfico:

Figura 7: Evolución temporal por clases taxonómicas



La evolución temporal de la biomasa medida como concentración de clorofila *a* presenta una buena correspondencia con la densidad fitoplanctónica. La concentración de clorofila *a* se mantiene estable a lo largo del año aunque la población algal decrece en invierno y primavera. La estabilidad observada se podría deber a la concentración de clorofila *a* no activa.

4.3.1. Calidad bioindicadora

La sucesión de especies fitoplanctónicas a lo largo del año y la información que aportan se describe a continuación:



Planctonema lauterbornii.

El primer periodo estival se caracteriza por la mayor abundancia de clorofíceas entre las que domina *Coelastrum reticulatum*. Esta especie suele crecer en medios bien iluminados y con una alta carga de nutrientes, información matizada por la presencia de una diatomea céntrica *Cyclotella comta*. Esta especie es

frecuente en medios mesotróficos con tendencia a la eutrofia. En los sucesivos periodos las especies presentes en el embalse forman asociaciones típicas de medios mesotróficos. En invierno y primavera la población tiene una densidad reducida y su composición se caracteriza por la presencia mayoritaria de diatomeas del género *Cyclotella*. En el estío de 2005, continúa la dominancia de las diatomeas céntricas – *Cyclotella ocellata*– si bien las mejores condiciones de iluminación y temperatura favorecen el crecimiento de la clorofícea *Planctonema lauterbornii*. El carácter mesotrófico se confirma con el valor de densidad algal media -1 561 cel/ml- y el valor de biomasa medio -3,63 µg/l de clorofila *a*-.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

En función de la variedad de índices que se plasma en el **cuadro IV**, se puede catalogar al embalse de Calanda, como **mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de mesotrofia, mientras que el de respuesta (clorofila *a*) presenta un resultado de oligotrofia (considerando su valor máximo anual). El máximo rango, eutrofia, se obtiene con la transparencia.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir de la clorofila a, del fósforo total y de la profundidad del disco de Secchi, definen al embalse como mesotrófico.

Cuadro IV Catalogación del grado trófico del embalse según los diferentes índices

| Índice | Definición criterio | Rango | Periodo 2.004-2.005 | |
|--------------------------|--|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Valor | Grado Trófico |
| EPA (1976) | PT (ug/l); media anual | < 10-MESO-20 > | 15 | MESOTRÓFICO |
| EPA (Weber, 1976) | N° células algales/ml | < 2000-MESO-15000 > | 1.561 | OLIGOTRÓFICO |
| EPA (Weber, 1976) | Clorofila (ug/l); máx. fót. | < 3-MESO-20 > | 3,9 | MESOTRÓFICO |
| Lee, Jones & Rast (1978) | Clorofila (ug/l); media anual | < 2,1- 3 - 6,7 -10 > | 3,6 | MESOTRÓFICO |
| Lee, Jones & Rast (1978) | PT (ug/l); media anual | < 8- 12 - 28 -40 > | 15 | MESOTRÓFICO |
| Lee, Jones & Rast (1978) | SDT (m); media anual | < 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 > | 1,9 | MESO-EUTRÓF. |
| Margalef (1983) | N° células algales/ml | 5000 (lím. eut.avan.-mod.) | 1.561 | E. MODERADA |
| Margalef (1983) | Clorofila (ug/l); anual fót. | 5 (lím. eut.avan.-mod.) | 3,6 | E. MODERADA |
| Margalef (1983) | PT (ug/l); media anual | 15 (lím. eut.avan.-mod.) | 15 | E. MODERADA |
| Margalef (1983) | NO ₃ -N (ug/l); media anual | 140 (lím. eut.avan.-mod.) | 980 | E. AVANZADA |
| Margalef (1983) | SDT (m); media anual | 3 (lím. eut.avan.-mod.) | 1,9 | E. AVANZADA |
| OCDE (1980) | Clorofila (ug/l); anual fót. | < 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25 | 3,6 | MESOTRÓFICO |
| OCDE (1980) | Clorofila (ug/l); máx. anual | < 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75 | 3,9 | OLIGOTRÓFICO |
| OCDE (1980) | PT (ug/l); media anual | Uol. < 4-10-35-100 > Heu. | 15 | MESOTRÓFICO |
| OCDE (1980) | SDT (m); media anual | > 12; > 6; > 6-3; 3-1.5; < 1.5 | 1,9 | EUTRÓFICO |
| OCDE (1980) | SDT (m); mínimo anual | > 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7 | 1,3 | EUTRÓFICO |
| TSI (Carlson, 1974): DST | $TSI = 10(6 - \log_2(DST))$ | Uol. < 20-40-60-80 > Heu. | 51 | MESOTRÓFICO |
| TSI (Carlson, 1974): CLA | $10(6 - \log_2 7,7(1/Cl_a^{0,68}))$ | Uol. < 20-40-60-80 > Heu. | 43 | MESOTRÓFICO |
| TSI (Carlson, 1974): PT | $TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$ | Uol. < 20-40-60-80 > Heu. | 41 | MESOTRÓFICO |

6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

En el apartado 6.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO - ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO- se describe la metodología empleada para clasificar el potencial ecológico.

Tal y como se refleja en el cuadro siguiente, el potencial ecológico del embalse de Calanda es **ÓPTIMO**.

EMBALSE DE CALANDA

| | | | CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO | | | | | Valor obs. | Valoración del parámetro | Valoración del indicador | IPE | EQR |
|-----------------|---|---|--------------------------------|------------|-------------|--------------|-------------------|------------|--------------------------|--------------------------|-----|------|
| Indicadores | Elementos | Parámetros | Óptimo | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo | | | | | |
| Biológicos | Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton | Densidad algal, media anual (cel/ml) | < 5000 | 5000-15000 | 15000-25000 | 25000-50000 | > 50000 | 1,561 | 5 | 3,0 | 3,0 | 1,00 |
| | | Biomasa algal, Cla a ($\mu\text{g/l}$); anual capa fótica | 0-1 | 1-2,5 | 2,5-8 | 8,0-25 | > 25 | 3,6 | 3 | | | |
| | | Cianofceas tóxicas; máx anual (cel/ml) | 0-500 | 500-2000 | 2000-20000 | 20000-100000 | > 10 ⁵ | 0 | 5 | | | |
| Físico-Químicos | Transparencia | Disco de Secchi; media anual (m) | > 12 | 12-6 | 6-3 | 3-1,5 | < 1,5 | 1,9 | 2 | 3,0 | 3,0 | 1,00 |
| | Condiciones de oxigenación | Concentración hipolimnética media anual (mg/l O_2) | > 8 | 8-6 | 6-4 | 4-2 | < 2 | 7,0 | 4 | | | |
| | Concentración de nutrientes | Concentración de PT: media anual ($\mu\text{g/l P}$) | 0-4 | 4-10 | 10-35 | 35-100 | > 100 | 14,9 | 3 | | | |
| | | | VALORACIÓN DE CADA CLASE | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |

| CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO | | | | | |
|--------------------------------|--------|-----------|-----------|------------|--------|
| | Óptimo | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| EQR | 1-0,95 | 0,95-0,80 | 0,80-0,60 | 0,60-0,40 | 0,40-0 |

ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

EMBALSE: CALANDA (CA) **CAMPAÑA:** 1
COT. MAX: 440 **NIVEL:** 433

Estación: E1 Profundidad: 36
 Fecha: 19/08/2004 Hora: 12:36
 Disco Secchi (m): 2,2 Capa fótica (m): 3,7

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. μS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 0 | 433 | 24,68 | 8,53 | 6,39 | 77,0 | 532 | 317 | 346 |
| 1 | 432 | 24,56 | 8,53 | 6,17 | 74,1 | 532 | 326 | 346 |
| 2 | 431 | 24,32 | 8,54 | 6,14 | 73,1 | 531 | 332 | 345 |
| 3 | 430 | 24,29 | 8,54 | 6,31 | 75,6 | 531 | 339 | 345 |
| 4 | 429 | 24,26 | 8,55 | 6,30 | 75,6 | 530 | 345 | 345 |
| 5 | 428 | 24,21 | 8,55 | 6,35 | 75,2 | 530 | 349 | 345 |
| 6 | 427 | 24,19 | 8,54 | 6,20 | 74,1 | 532 | 352 | 346 |
| 7 | 426 | 23,28 | 8,34 | 5,85 | 67,2 | 552 | 348 | 359 |
| 8 | 425 | 22,27 | 8,24 | 5,42 | 62,7 | 597 | 348 | 388 |
| 9 | 424 | 21,26 | 8,20 | 5,25 | 59,6 | 610 | 351 | 397 |
| 10 | 423 | 21,11 | 8,12 | 4,70 | 53,4 | 628 | 352 | 408 |
| 11 | 422 | 20,65 | 8,07 | 4,29 | 48,6 | 628 | 345 | 408 |
| 12 | 421 | 20,59 | 8,05 | 4,13 | 46,0 | 632 | 347 | 411 |
| 13 | 420 | 20,32 | 8,01 | 3,81 | 42,2 | 626 | 347 | 407 |
| 14 | 419 | 20,20 | 8,01 | 3,71 | 41,5 | 626 | 349 | 407 |
| 15 | 418 | 20,10 | 8,00 | 3,69 | 41,0 | 626 | 350 | 407 |
| 16 | 417 | 19,92 | 7,99 | 3,53 | 38,8 | 626 | 352 | 407 |
| 17 | 416 | 19,90 | 7,98 | 3,53 | 38,8 | 625 | 353 | 406 |
| 18 | 415 | 19,65 | 7,98 | 3,37 | 36,9 | 621 | 354 | 404 |
| 19 | 414 | 19,63 | 7,97 | 3,13 | 34,3 | 632 | 355 | 411 |
| 20 | 413 | 19,45 | 7,96 | 2,98 | 32,6 | 633 | 355 | 411 |
| 21 | 412 | 19,28 | 7,94 | 2,67 | 29,0 | 624 | 354 | 406 |
| 22 | 411 | 19,10 | 7,92 | 2,38 | 25,8 | 625 | 353 | 406 |
| 23 | 410 | 19,07 | 7,92 | 2,24 | 24,3 | 624 | 355 | 406 |
| 24 | 409 | 18,98 | 7,90 | 2,02 | 22,0 | 624 | 352 | 406 |
| 25 | 408 | 18,86 | 7,89 | 1,88 | 20,4 | 624 | 351 | 406 |
| 26 | 407 | 18,41 | 7,82 | 1,31 | 13,7 | 624 | 343 | 406 |
| 27 | 406 | 18,16 | 7,83 | 0,97 | 10,4 | 621 | 343 | 404 |
| 28 | 405 | 17,71 | 7,81 | 0,48 | 5,4 | 614 | 342 | 399 |
| 29 | 404 | 17,41 | 7,82 | 0,34 | 3,6 | 609 | 341 | 396 |
| 30 | 403 | 17,18 | 7,82 | 0,24 | 2,6 | 607 | 338 | 395 |
| 31 | 402 | 16,72 | 7,83 | 0,16 | 1,6 | 597 | 326 | 388 |
| 32 | 401 | 16,24 | 7,84 | 0,10 | 1,6 | 593 | 266 | 385 |
| 33 | 400 | 15,95 | 7,84 | 0,15 | 1,6 | 590 | 230 | 384 |
| 34 | 399 | 15,68 | 7,85 | 0,15 | 1,5 | 585 | 180 | 380 |
| 35 | 398 | 15,46 | 7,85 | 0,15 | 1,4 | 582 | 142 | 378 |
| 36 | 397 | 15,33 | 7,86 | 0,14 | 1,2 | 581 | 70 | 378 |

TRIBUTARIO: Guadalupe **CAMPAÑA:** 1

Estación: CAT1 Cod. Est.: CA1T1
Fecha: 19/08/2004 Hora: 11:50

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | - | 18,81 | 8,63 | 5,15 | 55,4 | 528 | 273 | 343 |

TRIBUTARIO: Bergantes **CAMPAÑA:** 1

Estación: CAT2 Cod. Est.: CA1T2
Fecha: 19/08/2004 Hora: 11:35

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | - | 23,31 | 8,28 | 4,74 | 54,3 | 630 | 265 | 410 |

TRIBUTARIO: Guadalupe **CAMPAÑA:** 2

Estación: CAT1 Cod. Est.: CA2T1
 Fecha: 30/11/2004 Hora: 9:10

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | - | 4,89 | 8,09 | 12,00 | 93,9 | 689 | 187 | 448 |

TRIBUTARIO: Bergantes **CAMPAÑA:** 2

Estación: CAT2 Cod. Est.: CA2T2
 Fecha: 30/11/2004 Hora: 8:50

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | - | 8,77 | 8,10 | 11,36 | 97,9 | 854 | 183 | 555 |

EMBALSE: CALANDA (CA) **CAMPAÑA:** 3
COT. MAX: 440 **NIVEL:** 426

Estación: E1 Profundidad: 15
 Fecha: 26/04/2005 Hora: 15:30
 Disco Secchi (m): 2,3 Capa fótica (m): 4

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-------------|----------|-------------|
| 0 | 426 | 14,98 | 7,80 | 10,98 | 109,1 | 603 | 240 | 392 |
| 1 | 425 | 14,87 | 7,88 | 10,94 | 108,4 | 602 | 224 | 391 |
| 2 | 424 | 14,73 | 7,92 | 10,84 | 107,1 | 598 | 207 | 389 |
| 3 | 423 | 13,96 | 7,91 | 10,97 | 106,6 | 590 | 190 | 384 |
| 4 | 422 | 13,61 | 7,91 | 10,98 | 105,8 | 587 | 174 | 382 |
| 5 | 421 | 13,27 | 7,90 | 11,10 | 106,1 | 582 | 153 | 378 |
| 6 | 420 | 12,38 | 7,89 | 11,34 | 106,3 | 570 | 138 | 371 |
| 7 | 419 | 12,03 | 7,88 | 11,33 | 105,6 | 567 | 136 | 369 |
| 8 | 418 | 11,58 | 7,86 | 11,16 | 103,1 | 562 | 131 | 365 |
| 9 | 417 | 11,31 | 7,85 | 10,92 | 100,0 | 562 | 127 | 365 |
| 10 | 416 | 11,24 | 7,85 | 10,79 | 98,6 | 560 | 125 | 364 |
| 11 | 415 | 10,83 | 7,83 | 10,81 | 96,1 | 557 | 121 | 362 |
| 12 | 414 | 10,58 | 7,81 | 10,31 | 92,8 | 552 | 116 | 359 |
| 13 | 413 | 10,46 | 7,81 | 10,12 | 90,8 | 552 | 113 | 359 |
| 14 | 412 | 10,35 | 7,79 | 9,97 | 89,2 | 553 | 110 | 359 |
| 15 | 411 | 10,27 | 7,76 | 9,55 | 85,3 | 554 | 102 | 360 |

TRIBUTARIO: Guadalupe **CAMPAÑA:** 3

Estación: CAT1 Cod. Est.: CA3T1
 Fecha: 26/04/2005 Hora: 13:45

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-------------|----------|-------------|
| 1 | - | 10,46 | 8,03 | 11,89 | 106,8 | 420 | 87 | 273 |

TRIBUTARIO: Bergantes **CAMPAÑA:** 3

Estación: CAT2 Cod. Est.: CA3T2
 Fecha: 26/04/2005 Hora: 13:30

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-------------|----------|-------------|
| 1 | - | 14,53 | 7,82 | 6,23 | 61,4 | 579 | 79 | 376 |

EMBALSE: CALANDA (CA) **CAMPAÑA:** 4
COT. MAX: 440 **NIVEL:** 421

Estación: E1 Profundidad: 24,8
 Fecha: 09/08/2005 Hora: 16:30
 Disco Secchi (m): 1,9 Capa fótica (m): 3,2

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. μS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 0 | 421 | 26,05 | 8,46 | 8,76 | 108,3 | 687 | 172 | 447 |
| 1 | 420 | 24,33 | 8,44 | 9,01 | 108,0 | 687 | 183 | 447 |
| 2 | 419 | 23,75 | 8,41 | 8,66 | 103,7 | 688 | 192 | 447 |
| 3 | 418 | 23,58 | 8,40 | 8,56 | 101,0 | 689 | 197 | 448 |
| 4 | 417 | 23,49 | 8,36 | 8,36 | 93,5 | 689 | 197 | 448 |
| 5 | 416 | 23,26 | 8,29 | 7,91 | 93,0 | 690 | 197 | 449 |
| 6 | 415 | 22,92 | 8,24 | 7,50 | 88,1 | 691 | 197 | 449 |
| 7 | 414 | 22,39 | 8,16 | 7,16 | 82,7 | 695 | 195 | 452 |
| 8 | 413 | 22,01 | 8,09 | 6,78 | 78,1 | 691 | 193 | 449 |
| 9 | 412 | 21,89 | 8,01 | 6,09 | 69,6 | 688 | 190 | 447 |
| 10 | 411 | 21,44 | 7,74 | 5,25 | 69,8 | 682 | 167 | 443 |
| 11 | 410 | 21,30 | 7,70 | 5,13 | 58,0 | 680 | 176 | 442 |
| 12 | 409 | 21,18 | 7,67 | 5,16 | 58,2 | 680 | 175 | 442 |
| 13 | 408 | 20,93 | 7,62 | 4,49 | 50,4 | 674 | 173 | 438 |
| 14 | 407 | 20,68 | 7,63 | 4,22 | 53,0 | 669 | 175 | 435 |
| 15 | 406 | 20,42 | 7,61 | 4,72 | 52,5 | 662 | 174 | 430 |
| 16 | 405 | 19,98 | 7,58 | 3,69 | 10,5 | 649 | 173 | 422 |
| 17 | 404 | 18,79 | 7,54 | 2,34 | 25,2 | 664 | 171 | 432 |
| 18 | 403 | 18,45 | 7,53 | 0,94 | 10,0 | 670 | 170 | 436 |
| 19 | 402 | 18,29 | 7,53 | 0,29 | 3,3 | 677 | 170 | 440 |
| 20 | 401 | 17,95 | 7,53 | 0,25 | 2,5 | 698 | 170 | 454 |
| 21 | 400 | 17,45 | 7,53 | 0,22 | 2,3 | 712 | 169 | 463 |
| 22 | 399 | 17,08 | 7,54 | 0,20 | 2,1 | 715 | 170 | 465 |
| 23 | 398 | 16,65 | 7,54 | 0,22 | 2,2 | 722 | 169 | 469 |
| 24 | 397 | 16,40 | 7,53 | 0,20 | 2,0 | 723 | 168 | 470 |
| 24,8 | 396 | 16,18 | 7,44 | 0,09 | 0,9 | 726 | 162 | 472 |

TRIBUTARIO: Guadalupe **CAMPAÑA:** 4

Estación: CAT1 Cod. Est.: CA4T1
 Fecha: 09/08/2005 Hora: 18:30

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | - | 23,83 | 8,71 | 8,82 | 104,4 | 552 | 175 | 359 |

TRIBUTARIO: Bergantes **CAMPAÑA:** 4

Estación: CAT2 Cod. Est.: CA4T2
 Fecha: 09/08/2005 Hora: 18:00

| Prof. m. | Cota msnm | Temp °C | pH unid | OD mg/l | OD % sat. | Cond. µS/cm | Redox mV | T.D.S. mg/l |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | - | 22,74 | 8,56 | 9,48 | 110,7 | 668 | 154 | 434 |

ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA1 | | | |
| CAMPAÑA: | 1 | FECHA: | 19/08/2004 | | | |
| COTA MÁXIMA: | 440,00 | NIVEL: | 433 | | | |
| CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | | | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | E1S | E1T | E1F | T1 | T2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 8 | 36 | | |
| COTA | msnm | 432 | 425 | 397 | | |
| SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN | mg/l | 3,1 | 6,0 | 10,0 | 5,8 | 0,8 |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg CO ₃ Ca/l | 129,0 | 129,6 | 182,7 | 167,2 | 142,6 |
| DBO ₅ | mg O ₂ /l | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 1,4 | 0,7 |
| DQO | mg O ₂ /l | 4,0 | 4,0 | 8,0 | 8,0 | 4,0 |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,028 | 0,020 | 0,022 | 0,034 | 0,023 |
| FOSFATOS | mg PO ₄ ³ /l | 0,085 | 0,062 | 0,066 | 0,104 | 0,071 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,028 | 0,020 | 0,022 | 0,034 | 0,023 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,08 | 0,68 | 0,85 | 0,76 | 0,77 |
| AMONIO TOTAL | mg NH ₄ /l | 0,05 | 0,02 | 0,07 | 0,12 | 0,02 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,09 | 0,01 |
| NITRÓGENO ORGÁNICO | mg N/l | 0,04 | 0,66 | 0,80 | 0,67 | 0,76 |
| NITRATOS | mg NO ₃ /l | 4,11 | 3,84 | 4,13 | 3,40 | 2,74 |
| NITRATOS | mg N/l | 0,93 | 0,87 | 0,93 | 0,77 | 0,62 |
| NITRITOS | mg NO ₂ /l | 0,073 | 0,018 | 0,027 | 0,029 | 0,012 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,022 | 0,005 | 0,008 | 0,009 | 0,004 |
| N INORGÁNICO | mg N/l | 0,99 | 0,89 | 0,99 | 0,87 | 0,64 |
| CALCIO | mg Ca/l | 73,2 | 77,2 | 90,2 | | |
| MAGNESIO DISUELTO | mg Mg/l | 20,5 | 20,1 | 20,2 | | |
| SODIO | mg Na/l | 4,8 | 4,7 | 4,7 | | |
| POTASIO | mg K/l | 2,1 | 2,0 | 1,9 | | |
| CLORUROS | mg Cl/l | 9,5 | 8,0 | 8,0 | | |
| SULFATOS | mg SO ₄ ⁻² /l | 37,5 | 40,2 | 56,8 | | |
| SULFUROS | mg S ⁻² /l | | | 0,0000 | | |
| SÍLICE | mg SiO ₂ /l | 5,35 | 5,05 | 6,43 | | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,6 | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA2 | | | |
| CAMPAÑA: | 2 | FECHA: | 30/11/2004 | | | |
| COTA MÁXIMA: | 440,00 | NIVEL: | 428 | | | |
| CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | | | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | E1S | E1M | E1F | T1 | T2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 15 | 30 | | |
| COTA | msnm | 427 | 413 | 398 | | |
| SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN | mg/l | 7,7 | | | 2,1 | 1,3 |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg CO ₃ Ca/l | 154,0 | | | 148,6 | 145,1 |
| DBO ₅ | mg O ₂ /l | 0,4 | | | 1,1 | 0,2 |
| DQO | mg O ₂ /l | 20,4 | | | 8,2 | 12,2 |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,007 | 0,008 | 0,013 | 0,025 | 0,003 |
| FOSFATOS | mg PO ₄ ³ /l | 0,022 | 0,025 | 0,016 | 0,077 | 0,009 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,007 | 0,008 | 0,005 | 0,025 | 0,003 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,31 | 0,30 | 0,26 | 0,84 | 0,33 |
| AMONIO TOTAL | mg NH ₄ /l | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,13 | 0,02 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,01 |
| NITRÓGENO ORGÁNICO | mg N/l | 0,29 | 0,27 | 0,23 | 0,74 | 0,32 |
| NITRATOS | mg NO ₃ /l | 5,55 | 5,66 | 5,68 | 5,10 | 3,73 |
| NITRATOS | mg N/l | 1,25 | 1,28 | 1,28 | 1,15 | 0,84 |
| NITRITOS | mg NO ₂ /l | 0,054 | 0,054 | 0,030 | 0,031 | 0,009 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,016 | 0,016 | 0,009 | 0,009 | 0,003 |
| N INORGÁNICO | mg N/l | 1,29 | 1,32 | 1,32 | 1,26 | 0,86 |
| CALCIO | mg Ca/l | | | | | |
| MAGNESIO DISUELTO | mg Mg/l | | | | | |
| SODIO | mg Na/l | | | | | |
| POTASIO | mg K/l | | | | | |
| CLORUROS | mg Cl ⁻ /l | | | | | |
| SULFATOS | mg SO ₄ ⁻² /l | | | | | |
| SULFUROS | mg S ⁻² /l | | | | | |
| SÍLICE | mg SiO ₂ /l | | | | | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,6 | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA3 | | | |
| CAMPAÑA: | 3 | FECHA: | 26/04/2005 | | | |
| COTA MÁXIMA: | 440,00 | NIVEL: | 426 | | | |
| CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | | | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | E1S | E1M | E1F | T1 | T2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 7 | 15 | | |
| COTA | msnm | 425 | 419 | 411 | | |
| SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN | mg/l | 2,0 | | | 3,0 | 3,6 |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg CO ₃ Ca/l | 148,4 | | | 141,6 | 139,4 |
| DBO ₅ | mg O ₂ /l | 1,0 | | | 0,5 | 0,5 |
| DQO | mg O ₂ /l | 7,9 | | | 35,6 | 4,0 |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,006 | 0,016 | 0,006 | 0,155 | 0,074 |
| FOSFATOS | mg PO ₄ ³ /l | 0,002 | 0,007 | 0,007 | 0,381 | 0,185 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,124 | 0,060 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,47 | 0,51 | 0,48 | 0,47 | 0,47 |
| AMONIO TOTAL | mg NH ₄ /l | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| NITRÓGENO ORGÁNICO | mg N/l | 0,45 | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,44 |
| NITRATOS | mg NO ₃ /l | 4,35 | 4,37 | 4,43 | 2,14 | 3,27 |
| NITRATOS | mg N/l | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 0,48 | 0,74 |
| NITRITOS | mg NO ₂ /l | 0,029 | 0,029 | 0,059 | 0,016 | 0,013 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,009 | 0,009 | 0,018 | 0,005 | 0,004 |
| N INORGÁNICO | mg N/l | 1,01 | 1,01 | 1,04 | 0,50 | 0,77 |
| CALCIO | mg Ca/l | | | | | |
| MAGNESIO DISUELTO | mg Mg/l | | | | | |
| SODIO | mg Na/l | | | | | |
| POTASIO | mg K/l | | | | | |
| CLORUROS | mg Cl ⁻ /l | | | | | |
| SULFATOS | mg SO ₄ ⁻² /l | | | | | |
| SULFUROS | mg S ⁻² /l | | | | | |
| SÍLICE | mg SiO ₂ /l | | | | | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,4 | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------|-----------|-----------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA4 | | | |
| CAMPAÑA: | 4 | FECHA: | 09/08/2005 | | | |
| COTA MÁXIMA: | 440,00 | NIVEL: | 421 | | | |
| CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | | | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | E1S | E1M | E1F | T1 | T2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 12 | 24 | | |
| COTA | msnm | 420 | 409 | 397 | | |
| SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN | mg/l | 6,1 | | | 15,5 | 3,1 |
| ALCALINIDAD TOTAL | mg CO ₃ Ca/l | | | | | |
| DBO ₅ | mg O ₂ /l | 1,1 | | | 5,5 | 0,5 |
| DQO | mg O ₂ /l | 4,0 | | | 24,2 | 16,2 |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,026 | 0,012 | 0,015 | 0,030 | 0,009 |
| FOSFATOS | mg PO ₄ ³⁻ /l | 0,023 | 0,024 | 0,022 | 0,030 | 0,022 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,008 | 0,008 | 0,007 | 0,010 | 0,007 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,64 | 0,72 | 0,26 | 0,48 | 0,16 |
| AMONIO TOTAL | mg NH ₄ /l | 0,06 | 0,06 | 0,24 | 0,05 | 0,04 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,05 | 0,04 | 0,19 | 0,04 | 0,03 |
| NITRÓGENO ORGÁNICO | mg N/l | 0,59 | 0,68 | 0,07 | 0,44 | 0,13 |
| NITRATOS | mg NO ₃ /l | 2,92 | 3,56 | 3,51 | 1,34 | 1,69 |
| NITRATOS | mg N/l | 0,66 | 0,80 | 0,79 | 0,30 | 0,38 |
| NITRITOS | mg NO ₂ /l | 0,052 | 0,047 | 0,059 | 0,028 | 0,058 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,016 | 0,014 | 0,018 | 0,009 | 0,018 |
| N INORGÁNICO | mg N/l | 0,72 | 0,86 | 1,00 | 0,35 | 0,43 |
| CALCIO | mg Ca/l | | | | | |
| MAGNESIO DISUELTO | mg Mg/l | | | | | |
| SODIO | mg Na/l | | | | | |
| POTASIO | mg K/l | | | | | |
| CLORUROS | mg Cl ⁻ /l | | | | | |
| SULFATOS | mg SO ₄ ⁻² /l | | | | | |
| SULFUROS | mg S ⁻² /l | | | 0,0000 | | |
| SÍLICE | mg SiO ₂ /l | | | | | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,9 | | | | |

ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS

| | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA1 |
| CAMPAÑA: | 1 | FECHA: | 19/08/2004 |
| COTAMAX: | 440 | D. SECCHI: | 2,2 |
| NIVEL: | 433 | C.FÓTICA: | 3,7 |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | |
| | | EIS | |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | |
| COTA | msnm | 432 | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,60 | |
| Población total | n° cel/ml | 2.059 | |
| Diversidad (H) | Bits | 2,40 | |
| Clase BACILLARIOFICEA | n° cel/ml | 527 | |
| Grupo CIANOACTERIA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase CLOROFICEA | n° cel/ml | 1.421 | |
| Clase CRIPTOFICEA | n° cel/ml | 72 | |
| Clase CRISOFICEA | n° cel/ml | 7 | |
| Clase DINOICEA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase EUGLENOFICEA | n° cel/ml | 31 | |
| Clase XANTOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase ZIGOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| ESPECIES | TAXÓN | n° cel/ml | |
| <i>Asterionella formosa</i> | Bacillariofícea | 2 | |
| <i>Cyclotella comta</i> | Bacillariofícea | 465 | |
| <i>Fragilaria crotonensis</i> | Bacillariofícea | 58 | |
| <i>Fragilaria ulna</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Nitzschia palea</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Ankistrodesmus sp.</i> | Clorofícea | 4 | |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> | Clorofícea | 910 | |
| <i>Crucigenia quadrata</i> | Clorofícea | 7 | |
| <i>Chlamydomonas sp.</i> | Clorofícea | 1 | |
| <i>Elakatothrix gelatinosa</i> | Clorofícea | 291 | |
| <i>Oocystis sp.</i> | Clorofícea | 25 | |
| <i>Pediastrum clathratum</i> | Clorofícea | 1 | |
| <i>Planctonema lauterbornii</i> | Clorofícea | 160 | |
| <i>Scenedesmus sp.</i> | Clorofícea | 2 | |
| <i>Sphaerocystis Schroeteri</i> | Clorofícea | 20 | |
| <i>Cryptomonas erosa</i> | Criptofícea | 23 | |
| <i>Cryptomonas ovata</i> | Criptofícea | 2 | |
| <i>Rhodomonas minuta</i> | Criptofícea | 47 | |
| <i>Dinobryon divergens</i> | Crisofícea | 7 | |
| <i>Ceratium hirundinella</i> | Dinofícea | 1 | |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> | Euglenofícea | 31 | |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA2 |
| CAMPAÑA: | 2 | FECHA: | 30/11/2004 |
| COTAMAX: | 440 | D. SECCHI: | 1,3 |
| NIVEL: | 428 | C.FÓTICA: | 2,1 |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | |
| | | EIS | |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | |
| COTA | msnm | 427 | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,60 | |
| Población total | n° cel/ml | 948 | |
| Diversidad (H) | Bits | 2,50 | |
| Clase BACILLARIOFICEA | n° cel/ml | 679 | |
| Grupo CIANOBACTERIA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase CLOROFICEA | n° cel/ml | 28 | |
| Clase CRIPTOFICEA | n° cel/ml | 238 | |
| Clase CRISOFICEA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase DINOFICEA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase EUGLENOFICEA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase XANTOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase ZIGOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| ESPECIES | TAXÓN | n° cel/ml | |
| <i>Asterionella formosa</i> | Bacillariofícea | 332 | |
| <i>Aulacoseira granulata</i> | Bacillariofícea | 80 | |
| <i>Aulacoseira italica</i> | Bacillariofícea | 15 | |
| <i>Cyclotella ocellata</i> | Bacillariofícea | 203 | |
| <i>Fragilaria crotonensis</i> | Bacillariofícea | 48 | |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i> | Clorofícea | 6 | |
| <i>Coelastrum microporum</i> | Clorofícea | 15 | |
| <i>Crucigenia quadrata</i> | Clorofícea | 2 | |
| <i>Elakatothrix gelatinosa</i> | Clorofícea | 2 | |
| <i>Oocystis sp.</i> | Clorofícea | 2 | |
| <i>Tetraedron minimum</i> | Clorofícea | 1 | |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> | Criptofícea | 6 | |
| <i>Cryptomonas sp.</i> | Criptofícea | 15 | |
| <i>Rhodomonas minuta</i> | Criptofícea | 217 | |
| <i>Dinobryon divergens</i> | Crisofícea | 1 | |
| <i>Ceratium hirundinella</i> | Dinofícea | 1 | |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> | Euglenofícea | 1 | |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA3 |
| CAMPAÑA: | 3 | FECHA: | 26/04/2005 |
| COTAMAX: | 440 | D. SECCHI: | 2,3 |
| NIVEL: | 426 | C.FÓTICA: | 4,0 |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | |
| | | EIS | |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | |
| COTA | msnm | 425 | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,40 | |
| Población total | n° cel/ml | 825 | |
| Diversidad (H) | Bits | 2,42 | |
| Clase BACILLARIOFICEA | n° cel/ml | 631 | |
| Grupo CIANOACTERIA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase CLOROFICEA | n° cel/ml | 61 | |
| Clase CRIPTOFICEA | n° cel/ml | 82 | |
| Clase CRISOFICEA | n° cel/ml | 49 | |
| Clase DINOICEA | n° cel/ml | 2 | |
| Clase EUGLENOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase XANTOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase ZIGOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| ESPECIES | TAXÓN | n° cel/ml | |
| <i>Asterionella formosa</i> | Bacillariofícea | 10 | |
| <i>Aulacoseira italica</i> | Bacillariofícea | 9 | |
| <i>Cyclotella bodanica</i> | Bacillariofícea | 139 | |
| <i>Cyclotella sp.</i> | Bacillariofícea | 444 | |
| <i>Cymbella sp.</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Fragilaria crotonensis</i> | Bacillariofícea | 22 | |
| <i>Gyrosigma sp.</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Navicula sp.</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | Bacillariofícea | 3 | |
| <i>Nitzschia sp.</i> | Bacillariofícea | 1 | |
| <i>Chlamydomonas sp.</i> | Clorofícea | 1 | |
| <i>Chlorococcum sp.</i> | Clorofícea | 2 | |
| <i>Chloromonas sp.</i> | Clorofícea | 12 | |
| <i>Elakatothrix gelatinosa</i> | Clorofícea | 25 | |
| <i>Oocystis sp.</i> | Clorofícea | 1 | |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | Clorofícea | 1 | |
| <i>Selenastrum sp.</i> | Clorofícea | 10 | |
| <i>Tetraselmis sp.</i> | Clorofícea | 9 | |
| <i>Cryptomonas erosa</i> | Criptofícea | 1 | |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> | Criptofícea | 2 | |
| <i>Cryptomonas sp.</i> | Criptofícea | 6 | |
| <i>Rhodomonas minuta</i> | Criptofícea | 73 | |
| <i>Dinobryon divergens</i> | Crisofícea | 41 | |
| <i>Mallomonas sp.</i> | Crisofícea | 8 | |
| <i>Ceratium hirundinella</i> | Dinofícea | 1 | |
| <i>Peridinium sp.</i> | Dinofícea | 1 | |

| | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------|
| EMBALSE: | CALANDA | CÓDIGO: | CA4 |
| CAMPAÑA: | 4 | FECHA: | 09/08/2005 |
| COTAMAX: | 440 | D. SECCHI: | 1,9 |
| NIVEL: | 421 | C.FÓTICA: | 3,2 |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | |
| | | E1S | |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | |
| COTA | msnm | 420 | |
| CLOROFILA a | µg/l | 3,90 | |
| Población total | n° cel/ml | 2.413 | |
| Diversidad (H) | Bits | 1,56 | |
| Clase BACILLARIOFICEA | n° cel/ml | 1.600 | |
| Grupo CIANOBACTERIA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase CLOROFICEA | n° cel/ml | 755 | |
| Clase CRIPTOFICEA | n° cel/ml | 51 | |
| Clase CRISOFICEA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase DINOVICEA | n° cel/ml | 1 | |
| Clase EUGLENOFICEA | n° cel/ml | 4 | |
| Clase XANTOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| Clase ZIGOFICEA | n° cel/ml | 0 | |
| ESPECIES | TAXÓN | n° cel/ml | |
| <i>Asterionella formosa</i> | Bacillarioficea | 5 | |
| <i>Aulacoseira italica</i> | Bacillarioficea | 1 | |
| <i>Cyclotella bodanica</i> | Bacillarioficea | 1 | |
| <i>Cyclotella ocellata</i> | Bacillarioficea | 1.566 | |
| <i>Fragilaria crotonensis</i> | Bacillarioficea | 25 | |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | Bacillarioficea | 1 | |
| <i>Nitzschia palea</i> | Bacillarioficea | 1 | |
| <i>Aphanizomenon sp.</i> | Cianobacteria | 1 | |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> | Cloroficea | 10 | |
| <i>Crucigenia quadrata</i> | Cloroficea | 5 | |
| <i>Chlamydomonas sp.</i> | Cloroficea | 1 | |
| <i>Didymocystis sp.</i> | Cloroficea | 39 | |
| <i>Monoraphidium sp.</i> | Cloroficea | 1 | |
| <i>Oocystis sp.</i> | Cloroficea | 36 | |
| <i>Pediastrum clathratum</i> | Cloroficea | 20 | |
| <i>Planctonema lauterbornii</i> | Cloroficea | 620 | |
| <i>Sphaerocystis sp.</i> | Cloroficea | 6 | |
| <i>Tetrachlorella alternans</i> | Cloroficea | 15 | |
| <i>Tetraselmis sp.</i> | Cloroficea | 1 | |
| <i>Westella botryoides</i> | Cloroficea | 1 | |
| <i>Cryptomonas sp.</i> | Criptoficea | 8 | |
| <i>Rhodomonas minuta</i> | Criptoficea | 43 | |
| <i>Dinobryon divergens</i> | Crisoficea | 1 | |
| <i>Ceratium hirundinella</i> | Dinoficea | 1 | |
| <i>Euglena oxyuris</i> | Euglenoficea | 1 | |
| <i>Euglena sp.</i> | Euglenoficea | 1 | |
| <i>Strombomonas sp.</i> | Euglenoficea | 1 | |
| <i>Trachelomonas sp.</i> | Euglenoficea | 1 | |

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Panorámica del embalse de Calanda. Invierno de 2004 (30/11/2004)



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Primavera de 2005 (26/04/2005)



Río Guadalope, tributario principal del embalse de Calanda. Verano de 2004 (19/08/2004)



Río Bergantes, tributario secundario del embalse de Calanda. Verano de 2005 (09/08/2005)

APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE



Datos generales de embalse

Fecha actualización: Junio de 2006

EMBALSE: CALANDA

CÓDIGO: CA

LOCALIZACIÓN:

Autonomía: Aragón
Provincia: Teruel
Municipio: Calanda



Situación en C.H.Ebro

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:

| | | | |
|--|------------------------------|---|-----------------------|
| Tributario principal: | Río Guadalope | Otros tributarios: | Río Bergantes |
| Año de terminación: | 1982 | Propietario: | Estado |
| Cuenca a la que pertenece: | Guadalope | Altitud (msnm): | 440 |
| Capacidad total (hm³): | 54,32 | Capacidad útil (hm³): | 54,32 |
| Longitud máxima (km): | 10 | Perímetro (km): | 28 |
| Profundidad máxima (m): | 53 | Profundidad media (m): | 17,4 |
| Usos principales: | Abastecimiento, riego | Otros usos: | Hidroeléctrico |



Panorámica del embalse



SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:



Estación de embalse



Estación de tributario

Nº Planols 1:50.000: 494



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD

| | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | | GRADO TRÓFICO | POTENCIAL ECOLÓGICO |
| | CALANDA | Mesotrófico | Óptimo |
| Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico | Hipereutrófico |
| | | | |
| Óptimo/bueno | Moderado | Deficiente | Malo |

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

| | | |
|----------------------------------|------------------------------------|--|
| 1ª CAMPAÑA | Muestreador: Javier Ramírez | Fecha de muestreo: 19/08/2004 |
| Tª superficie (°C): 24,68 | pH superficie (ud): 8,53 | Conductividad superficie (µS/cm): 532 |
| Tª fondo (°C): 15,33 | pH fondo (ud): 7,86 | Conductividad fondo (µS/cm): 581 |
| Tª T1 (°C): 18,81 | pH T1 (ud): 8,63 | Conductividad T1 (µS/cm): 528 |
| Tª T2 (°C): 23,31 | pH T2 (ud): 8,28 | Conductividad T2 (µS/cm): 630 |
| Transparencia | | |
| Disco de Secchi (m) | | Capa fónica (m) -D.S. x 1,7- |
| EI | 2,2 | 3,7 |
| Termoclina: Si | | Profundidad (m): 8 |
| Condiciones anóxicas: Si | | Grosor capa anóxica (m): 9 |
| 2ª CAMPAÑA | Muestreador: Javier Ramírez | Fecha de muestreo: 30/11/2004 |
| Tª superficie (°C): 10,62 | pH superficie (ud): 8,2 | Conductividad superficie (µS/cm): 863 |
| Tª fondo (°C): 10,68 | pH fondo (ud): 8,05 | Conductividad fondo (µS/cm): 917 |
| Tª T1 (°C): 4,89 | pH T1 (ud): 8,09 | Conductividad T1 (µS/cm): 689 |
| Tª T2 (°C): 8,77 | pH T2 (ud): 8,10 | Conductividad T2 (µS/cm): 854 |
| Transparencia | | |
| Disco de Secchi (m) | | Capa fónica (m) -D.S. x 1,7- |
| EI | 1,3 | 2,1 |
| Termoclina: No | | Profundidad (m): - |
| Condiciones anóxicas: No | | Grosor capa anóxica (m): - |
| 3ª CAMPAÑA | Muestreador: Javier Ramírez | Fecha de muestreo: 26/04/2005 |
| Tª superficie (°C): 14,98 | pH superficie (ud): 7,80 | Conductividad superficie (µS/cm): 603 |
| Tª fondo (°C): 10,27 | pH fondo (ud): 7,86 | Conductividad fondo (µS/cm): 554 |
| Tª T1 (°C): 10,46 | pH T1 (ud): 8,03 | Conductividad T1 (µS/cm): 420 |
| Tª T2 (°C): 14,53 | pH T2 (ud): 7,82 | Conductividad T2 (µS/cm): 579 |
| Transparencia | | |
| Disco de Secchi (m) | | Capa fónica (m) -D.S. x 1,7- |
| EI | 2,3 | 3,9 |
| Termoclina: No | | Profundidad (m): - |
| Condiciones anóxicas: No | | Grosor capa anóxica (m): - |
| 4ª CAMPAÑA | Muestreador: Javier Ramírez | Fecha de muestreo: 09/08/2005 |
| Tª superficie (°C): 26,05 | pH superficie (ud): 8,46 | Conductividad superficie (µS/cm): 687 |
| Tª fondo (°C): 16,18 | pH fondo (ud): 7,44 | Conductividad fondo (µS/cm): 726 |
| Tª T1 (°C): 23,83 | pH T1 (ud): 8,71 | Conductividad T1 (µS/cm): 552 |
| Tª T2 (°C): 22,74 | pH T2 (ud): 8,56 | Conductividad T2 (µS/cm): 668 |
| Transparencia | | |
| Disco de Secchi (m) | | Capa fónica (m) -D.S. x 1,7- |
| EI | 1,9 | 3,2 |
| Termoclina: Si | | Profundidad (m): 1 - 17 |
| Condiciones anóxicas: Si | | Grosor capa anóxica (m): 8 |

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

| 1ª CAMPAÑA | | Fecha de muestreo: 19/08/2004 | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|
| CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO | | | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CAEIS | CAEIT | CAEIF | CAT1 | CAT2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 8 | 36 | | |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,028 | 0,020 | 0,022 | 0,034 | 0,023 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,028 | 0,020 | 0,022 | 0,034 | 0,023 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,08 | 0,68 | 0,85 | 0,76 | 0,77 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,09 | 0,01 |
| NITRATOS | mg N/l | 0,93 | 0,87 | 0,93 | 0,77 | 0,62 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,022 | 0,005 | 0,008 | 0,009 | 0,004 |
| CLOROFILA α | $\mu\text{g/l}$ | 3,6 | | | | |
| Nº DE CÉLULAS TOTALES | nº cel/ml | 2.059 | | | | |
| CLASE PREDOMINANTE: | Clorofícea | | | | Nº células/ml: 1.421 | |
| ESPECIE PREDOMINANTE: | <i>Coelastrum reticulatum</i> | | | | Nº células/ml: 910 | |
| 2ª CAMPAÑA | | Fecha de muestreo: 30/11/2004 | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CAEIS | CAEIM | CAEIF | CAT1 | CAT2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 15 | 30 | | |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,007 | 0,008 | 0,013 | 0,025 | 0,003 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,007 | 0,008 | 0,005 | 0,025 | 0,003 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,31 | 0,30 | 0,26 | 0,84 | 0,33 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,01 |
| NITRATOS | mg N/l | 1,25 | 1,28 | 1,28 | 1,15 | 0,84 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,016 | 0,016 | 0,009 | 0,009 | 0,003 |
| CLOROFILA α | $\mu\text{g/l}$ | 3,6 | | | | |
| Nº DE CÉLULAS TOTALES | nº cel/ml | 948 | | | | |
| CLASE PREDOMINANTE: | Bacillariofícea | | | | Nº células/ml: 679 | |
| ESPECIE PREDOMINANTE: | <i>Asterionella formosa</i> | | | | Nº células/ml: 332 | |
| 3ª CAMPAÑA | | Fecha de muestreo: 26/04/2005 | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CAEIS | CAEIM | CAEIF | CAT1 | CAT2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 7 | 15 | | |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,006 | 0,016 | 0,006 | 0,155 | 0,074 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,124 | 0,060 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,47 | 0,51 | 0,48 | 0,47 | 0,47 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| NITRATOS | mg N/l | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 0,48 | 0,74 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,009 | 0,009 | 0,018 | 0,005 | 0,004 |
| CLOROFILA α | $\mu\text{g/l}$ | 3,4 | | | | |
| Nº DE CÉLULAS TOTALES | nº cel/ml | 825 | | | | |
| CLASE PREDOMINANTE: | Bacillariofícea | | | | Nº células/ml: 631 | |
| ESPECIE PREDOMINANTE: | <i>Cyclotella sp.</i> | | | | Nº células/ml: 444 | |
| 4ª CAMPAÑA | | Fecha de muestreo: 09/08/2005 | | | | |
| PARÁMETRO | UNIDAD | CAEIS | CAEIM | CAEIF | CAT1 | CAT2 |
| PROFUNDIDAD | m | 1 | 12 | 24 | | |
| FÓSFORO TOTAL | mg P/l | 0,026 | 0,012 | 0,015 | 0,030 | 0,009 |
| FOSFATOS | mg P/l | 0,008 | 0,008 | 0,007 | 0,010 | 0,007 |
| NITRÓGENO KJELDAHL | mg N/l | 0,64 | 0,72 | 0,26 | 0,48 | 0,16 |
| AMONIO TOTAL | mg N/l | 0,05 | 0,04 | 0,19 | 0,04 | 0,03 |
| NITRATOS | mg N/l | 0,66 | 0,80 | 0,79 | 0,30 | 0,38 |
| NITRITOS | mg N/l | 0,016 | 0,014 | 0,018 | 0,009 | 0,018 |
| CLOROFILA α | $\mu\text{g/l}$ | 3,9 | | | | |
| Nº DE CÉLULAS TOTALES | nº cel/ml | 2.413 | | | | |
| CLASE PREDOMINANTE: | Bacillariofícea | | | | Nº células/ml: 1.600 | |
| ESPECIE PREDOMINANTE: | <i>Cyclotella ocellata</i> | | | | Nº células/ml: 1.566 | |

ADICIONAL INFORME EMBALSE DE CALANDA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Calanda recopilados durante los años 2004 y 2005, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

Tabla A1. Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

| Estado Trófico | Ultraoligotrófico | Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico | Hipereutrófico |
|--|-------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|
| Concentración PT ($\mu\text{g P/L}$) | 0-4 | 4-10 | 10-35 | 35-100 | >100 |

b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ($\mu\text{g/L}$) y densidad celular (n° células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

Tabla A2. Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

| Estado Trófico | Ultraoligotrófico | Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico | Hipereutrófico |
|---------------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| Clorofila <i>a</i> (µg/L) | 0-1 | 1-2,5 | 2,5-8 | 8,0-25 | >25 |
| Densidad (cél./ml) | <100 | 100-1000 | 1000-10000 | 10000-100000 | >100000 |

c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

Tabla A3. Niveles de calidad según la transparencia.

| Estado Trófico | Ultraoligotrófico | Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico | Hipereutrófico |
|------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------|----------------|
| Disco Secchi (m) | >6 | 6-3 | 3-1,5 | 1,5-0,7 | <0,7 |

Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

Tabla A4. Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

| Parámetros Estado Trófico | Ultraoligotrófico | Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico | Hipereutrófico |
|--|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| Concentración PT (μg) | 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 <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) | 0-1 | 1-2,5 | 2,5-8 | 8,0-25 | >25 |
| Densidad algal (cél./ml) | <100 | 100-1000 | 1000-10000 | 10000-100000 | >100000 |

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

Tabla A5. Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

| ESTADO TRÓFICO | VALORACIÓN |
|-------------------|------------|
| Ultraoligotrófico | 1 |
| Oligotrófico | 2 |
| Mesotrófico | 3 |
| Eutrófico | 4 |
| Hipereutrófico | 5 |

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El *estado ecológico* es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

- Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

Cálculo para clorofila a:

$$\text{RCE} = [(1/\text{Chla Observado}) / (1/\text{Chla Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para biovolumen:

$$\text{RCE} = [(1/\text{biovolumen Observado}) / (1/\text{ biovolumen Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$\text{RCE} = [(400\text{-IGA Observado}) / (400\text{- IGA Máximo Potencial Ecológico})]$$

Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

$$\text{RCE} = [(100 - \% \text{ cianobacterias Observado}) / (100 - \% \text{ cianobacterias Máximo Potencial Ecológico})]$$

1) Concentración de clorofila a

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

Tabla A6. Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

| Clase de potencial ecológico | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo |
|-------------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------|
| Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i> | > 0,211 | 0,210 – 0,14 | 0,13 – 0,07 | < 0,07 |
| Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i> | > 0,433 | 0,432 – 0,287 | 0,286 – 0,143 | < 0,143 |
| Rango <i>Tipo 12</i> | > 0,195 | 0,194 – 0,13 | 0,12 – 0,065 | < 0,065 |
| Rango <i>Tipo 13</i> | > 0,304 | 0,303 – 0,203 | 0,202 – 0,101 | < 0,101 |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 | 4 | 5 |

2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

Tabla A7. Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

| Clase de potencial ecológico | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo |
|-------------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------|
| Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i> | > 0,189 | 0,188 – 0,126 | 0,125 – 0,063 | < 0,063 |
| Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i> | > 0,362 | 0,361 – 0,24 | 0,23 – 0,12 | < 0,12 |
| Rango <i>Tipo 12</i> | > 0,175 | 0,174 – 0,117 | 0,116 – 0,058 | < 0,058 |
| Rango <i>Tipo 13</i> | > 0,261 | 0,260 – 0,174 | 0,173 – 0,087 | < 0,087 |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 | 4 | 5 |

3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado *IGA*, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice *IGA* se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

| | | | |
|------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| <i>Cr</i> | Criptófitos | <i>Cia</i> | Cianobacterias |
| <i>Cc</i> | Crisófitos coloniales | <i>D</i> | Dinoflageladas |
| <i>Dc</i> | Diatomeas coloniales | <i>Cnc</i> | Crisófitos no coloniales |
| <i>Chc</i> | Clorococales coloniales | <i>Chnc</i> | Clorococales no coloniales |
| <i>Vc</i> | Volvocales coloniales | <i>Dnc</i> | Diatomeas no coloniales |

En cuanto al IGA, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

Tabla A8. Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

| Clase de potencial ecológico | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo |
|------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------|
| Rango Tipos 1, 2 y 3 | > 0,974 | 0,973 – 0,649 | 0,648 – 0,325 | < 0,325 |
| Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11 | > 0,982 | 0,981 – 0,655 | 0,654 – 0,327 | < 0,327 |
| Rango Tipo 12 | > 0,929 | 0,928 – 0,619 | 0,618 – 0,31 | < 0,31 |
| Rango Tipo 13 | > 0,979 | 0,978 – 0,653 | 0,652 – 0,326 | < 0,326 |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 | 4 | 5 |

4) Porcentaje de cianobacterias

El aumento de la densidad relativa de cianobacterias se ha relacionado en numerosas ocasiones con procesos de eutrofización.

Para el cálculo del porcentaje de cianobacterias se ha utilizado el procedimiento descrito en el Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses Versión 2 (MAGRAMA, 2016). Se aplica para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\%CIANO = \frac{BVOL_{CIA} - [BVOL_{CHR} - (BVOL_{MIC} + BVOL_{WOR})]}{BVOL_{TOT}}$$

| | | |
|--------|---------------------|--------------------------------------|
| Donde: | BVOL _{CIA} | Biovolumen de cianobacterias totales |
| | BVOL _{CHR} | Biovolumen de Chroococcales |
| | BVOL _{MIC} | Biovolumen de <i>Microcystis</i> |
| | BVOL _{WOR} | Biovolumen de <i>Woronichinia</i> |
| | BVOL _{TOT} | Biovolumen total de fitoplancton |

Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

Tabla A9. Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

| Clase de potencial ecológico | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo |
|------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------|
| Rango Tipos 1, 2 y 3 | > 0,908 | 0,907 – 0,607 | 0,606 – 0,303 | < 0,303 |
| Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11 | > 0,715 | 0,714 – 0,48 | 0,47 – 0,24 | < 0,24 |
| Rango Tipo 12 | > 0,686 | 0,685 – 0,457 | 0,456 – 0,229 | < 0,229 |
| Rango Tipo 13 | > 0,931 | 0,930 – 0,621 | 0,620 – 0,31 | < 0,31 |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 | 4 | 5 |

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE_{trans}). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

| Clorofila a | |
|--------------------------------|--|
| RCE > 0,21 | $RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$ |
| RCE ≤ 0,21 | $RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$ |
| Biovolumen | |
| RCE > 0,19 | $RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$ |
| RCE ≤ 0,19 | $RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$ |
| % Cianobacterias | |
| RCE > 0,91 | $RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$ |
| RCE ≤ 0,91 | $RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$ |
| Índice de Grupos Algales (IGA) | |
| RCE > 0,9737 | $RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$ |
| RCE ≤ 0,9737 | $RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$ |

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

| Clorofila a | |
|--------------------------------|--|
| RCE > 0,43 | $RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$ |
| RCE ≤ 0,43 | $RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$ |
| Biovolumen | |
| RCE > 0,36 | $RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$ |
| RCE ≤ 0,36 | $RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$ |
| % Cianobacterias | |
| RCE > 0,72 | $RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$ |
| RCE ≤ 0,72 | $RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$ |
| Índice de Grupos Algales (IGA) | |
| RCE > 0,9822 | $RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$ |
| RCE ≤ 0,9822 | $RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$ |

Tipos 6 y 12

| Clorofila a | |
|-------------|------------------------------------|
| RCE > 0,195 | $RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$ |
| RCE ≤ 0,195 | $RCE_{trans} = 3,075 x RCE$ |

| Biovolumen | |
|-------------|---------------------------------------|
| RCE > 0,175 | $RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$ |
| RCE ≤ 0,175 | $RCE_{trans} = 3,419 x RCE$ |

| % Cianobacterias | |
|------------------|----------------------------------|
| RCE > 0,686 | $RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$ |
| RCE ≤ 0,686 | $RCE_{trans} = 0,875 x RCE$ |

| Índice de Grupos Algales (IGA) | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| RCE > 0,929 | $RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$ |
| RCE ≤ 0,929 | $RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$ |

Tipo 13

| Clorofila a | |
|-------------|-------------------------------------|
| RCE > 0,304 | $RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$ |
| RCE ≤ 0,304 | $RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$ |

| Biovolumen | |
|-------------|------------------------------------|
| RCE > 0,261 | $RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$ |
| RCE ≤ 0,261 | $RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$ |

| % Cianobacterias | |
|------------------|---------------------------------------|
| RCE > 0,931 | $RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$ |
| RCE ≤ 0,931 | $RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$ |

| Índice de Grupos Algales (IGA) | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| RCE > 0,979 | $RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$ |
| RCE ≤ 0,979 | $RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$ |

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

Tabla A10. Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

| Clase de potencial ecológico | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo |
|------------------------------|------------------|----------|------------|------|
| RCEtrans | > 0,6 | 0,4-0,6 | 0,2-0,4 | <0,2 |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 | 4 | 5 |

Tabla A11. Valores de referencia propios del tipo (VR_t) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B⁺/M, Bueno o superior-Moderado; M/D, Moderado-Deficiente; D/M, Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (RD 817/2015). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

| Tipo | Elemento | Parámetro | Indicador | VR _t | B ⁺ /M (RCE) | M/D (RCE) | D/M (RCE) |
|---------|--------------|-------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|
| Tipo 1 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,00 | 0,211 | 0,14 | 0,07 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,36 | 0,189 | 0,126 | 0,063 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 0,10 | 0,974 | 0,649 | 0,325 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,00 | 0,908 | 0,607 | 0,303 |
| Tipo 7 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,76 | 0,362 | 0,24 | 0,12 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 0,61 | 0,982 | 0,655 | 0,327 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,00 | 0,715 | 0,48 | 0,24 |
| Tipo 9 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,76 | 0,362 | 0,24 | 0,12 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 0,61 | 0,982 | 0,655 | 0,327 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,00 | 0,715 | 0,48 | 0,24 |
| Tipo 10 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,76 | 0,362 | 0,24 | 0,12 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 0,61 | 0,982 | 0,655 | 0,327 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,00 | 0,715 | 0,48 | 0,24 |
| Tipo 11 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,60 | 0,433 | 0,287 | 0,143 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,76 | 0,362 | 0,24 | 0,12 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 0,61 | 0,982 | 0,655 | 0,327 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,00 | 0,715 | 0,48 | 0,24 |
| Tipo 12 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,40 | 0,195 | 0,13 | 0,065 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,63 | 0,175 | 0,117 | 0,058 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 1,50 | 0,929 | 0,619 | 0,31 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,10 | 0,686 | 0,457 | 0,229 |
| Tipo 13 | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila <i>a</i> mg/m ³ | 2,10 | 0,304 | 0,203 | 0,101 |
| | | | Biovolumen mm ³ /L | 0,43 | 0,261 | 0,174 | 0,087 |
| | | Composición | Índice de Catalán (IGA) | 1,10 | 0,979 | 0,653 | 0,326 |
| | | | Porcentaje de cianobacterias | 0,00 | 0,931 | 0,621 | 0,31 |

2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores fisicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

Tabla A12. Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

| Clase de potencial ecológico | Muy Bueno | Bueno | Moderado |
|------------------------------|-----------|-------|----------|
| Disco de Secchi (DS, m) | > 6 | 6 - 3 | < 3 |
| Valoración de cada clase | 1 | 2 | 3 |

2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

Tabla A13. Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

| Clase de potencial ecológico | Muy Bueno | Bueno | Moderado |
|--|-----------|-------|----------|
| Concentración hipolimnética (mg/L O ₂) | > 8 | 8 - 6 | < 6 |
| Valoración de cada clase | 1 | 2 | 3 |

3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

Tabla A14. Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

| Clase de potencial ecológico | Muy Bueno | Bueno | Moderado |
|---|-----------|-------|----------|
| Concentración de PT ($\mu\text{g P/L}$) | 0 - 4 | 4 -10 | > 10 |
| Valoración de cada clase | 1 | 2 | 3 |

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

Tabla A15. Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

| Clase de potencial ecológico | Muy Bueno | Moderado |
|--|------------|---------------|
| Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca | Cumple NCA | No cumple NCA |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 |

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

Tabla A16. Combinación de los indicadores.

| Indicador Biológico | Indicador Físicoquímico | Potencial Ecológico |
|---------------------|-------------------------|---------------------|
| Bueno o superior | Muy bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Moderado | Moderado |
| Moderado | Indistinto | Moderado |
| Deficiente | | Deficiente |
| Malo | | Malo |

2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA_MA), como máximo admisible (NCA_CMA) o en la biota (NCA_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

Tabla A17. Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

| Clase de estado químico | Bueno | No alcanza el buen estado |
|---|------------|---------------------------|
| Sustancias prioritarias y otros contaminantes | Cumple NCA | No cumple NCA |
| Valoración de cada clase | 2 | 3 |

2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

Tabla A18. Determinación del estado.

| Estado | Estado Químico | |
|---------------------|------------------|---------------------------|
| Potencial Ecológico | Bueno | No alcanza el buen estado |
| Bueno o superior | Bueno | Inferior a bueno |
| Moderado | Inferior a bueno | |
| Deficiente | | |
| Malo | | |

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE CALANDA

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

Tabla A19. 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 <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) | 0-1 | 1-2,5 | 2,5-8 | 8,0-25 | >25 |
| Densidad algal (cél./ml) | <100 | 100-1000 | 1000-10000 | 10000-100000 | >100000 |
| VALOR PROMEDIO | < 1,8 | 1,8 – 2,6 | 2,6 – 3,4 | 3,4 – 4,2 | > 4,2 |

En la tabla A20a 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 para la campaña de muestreo de 2004.

Tabla A20a. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Calanda 2004.

| INDICADOR | VALOR | ESTADO TRÓFICO |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| CONCENTRACIÓN P TOTAL | 28,00 | Mesotrófico |
| DISCO SECCHI | 2,20 | Mesotrófico |
| CLOROFILA <i>a</i> | 3,60 | Mesotrófico |
| DENSIDAD ALGAL | 2059 | Mesotrófico |
| ESTADO TRÓFICO FINAL | 3,00 | MESOTRÓFICO |

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como mesotrófico; la concentración de clorofila *a* como mesotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Calanda en 2004 ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

En la tabla A20b 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 para la campaña de muestreo de 2005.

Tabla A20b. Diagnóstico del estado trófico del embalse de Calanda 2005.

| INDICADOR | VALOR | ESTADO TRÓFICO |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| CONCENTRACIÓN P TOTAL | 26,00 | Mesotrófico |
| DISCO SECCHI | 1,90 | Mesotrófico |
| CLOROFILA <i>a</i> | 3,90 | Mesotrófico |
| DENSIDAD ALGAL | 2413 | Mesotrófico |
| ESTADO TRÓFICO FINAL | 3,00 | MESOTRÓFICO |

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como mesotrófico; la concentración de clorofila *a* como mesotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Calanda en 2005 ha resultado ser **MESOTRÓFICO**.

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE CALANDA

En la mayoría de los casos en lugar del estado de la masa, sólo se puede establecer el potencial ecológico (además sin tener en cuenta la presencia de sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca, para los indicadores fisicoquímicos). Tampoco se han estudiado las sustancias prioritarias y otros contaminantes que permitan determinar el estado químico, por eso se diagnostica la masa con el **potencial ecológico**.

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B+/M (Bueno o superior/Moderado), M/D (Moderado/Deficiente) y D/M (Deficiente/Malo), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en las tablas A21 y A22.

Tabla A21. Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

| | | | RANGOS DEL RCE | | | | |
|--------------------------------|---------------|---|-------------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------|
| Indicador | Elementos | Parámetros | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo | |
| Biológico | Fitoplancton | Clorofila <i>a</i> (µg/L) | ≥ 0,433 | 0,432 – 0,287 | 0,286 – 0,143 | < 0,143 | |
| | | Biovolumen algal (mm ³ /L) | ≥ 0,362 | 0,361 – 0,24 | 0,23 – 0,12 | < 0,12 | |
| | | Índice de Catalán (IGA) | ≥ 0,982 | 0,981 – 0,655 | 0,654 – 0,327 | < 0,327 | |
| | | Porcentaje de cianobacterias | ≥ 0,715 | 0,714 – 0,48 | 0,47 – 0,24 | < 0,24 | |
| | | | Bueno o superior | Moderado | Deficiente | Malo | |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | > 0,6 | 0,4 - 0,6 | 0,2 - 0,4 | < 0,2 | |
| | | | RANGOS DE VALORES | | | | |
| Indicador | Elementos | Parámetros | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | > 6 | 3 - 6 | 1,5 - 3 | 0,7 - 1,5 | < 0,7 |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (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 |
| | | | Muy bueno | Bueno | Moderado | | |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | < 1,6 | 1,6 – 2,4 | > 2,4 | | |

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico normativo sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla A22.

Tabla A22. Combinación de los indicadores.

| Indicador Biológico | Indicador Fisicoquímico | Potencial Ecológico (PE) |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Bueno o superior | Muy bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Bueno | Bueno o superior |
| Bueno o superior | Moderado | Moderado |
| Moderado | Indistinto | Moderado |
| Deficiente | | Deficiente |
| Malo | | Malo |

En la tabla A23a se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2004.

Tabla A23a. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Calanda 2004.

| Indicador | Elementos | Parámetro | Indicador | Valor | RCE | RCET | PE |
|--------------------------------|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|------|-------------------------|
| Biológico | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila a (µg/L) | 3,60 | 0,72 | 0,81 | Bueno o Superior |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | | 2 | | | BUENO O SUPERIOR |
| Indicador | Elementos | Indicador | Valor | PE | | | |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 2,20 | Moderado | | | |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L) | 6,25 | Bueno | | | |
| | Nutrientes | Concentración de PT (µg P/L) | 28,00 | Moderado | | | |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | | 3 | | | MODERADO |
| POTENCIAL ECOLÓGICO | | | | MODERADO | | | |
| ESTADO FINAL | | | | INFERIOR A BUENO | | | |

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Calanda para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.

En la tabla A23b se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2005.

Tabla A23b. Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Calanda 2005.

| Indicador | Elementos | Parámetro | Indicador | Valor | RCE | RCET | PE |
|--------------------------------|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|-------------------------|------------------|
| Biológico | Fitoplancton | Biomasa | Clorofila a (µg/L) | 3,90 | 0,67 | 0,77 | Bueno o Superior |
| INDICADOR BIOLÓGICO | | | | 2 | | BUENO O SUPERIOR | |
| Indicador | Elementos | Indicador | Valor | PE | | | |
| Fisicoquímico | Transparencia | Disco de Secchi (m) | 1,90 | Moderado | | | |
| | Oxigenación | O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L) | 4,47 | Moderado | | | |
| | Nutrientes | Concentración de PT (µg P/L) | 26,00 | Moderado | | | |
| INDICADOR FISICOQUÍMICO | | | | 3 | | MODERADO | |
| POTENCIAL ECOLÓGICO | | | | MODERADO | | | |
| ESTADO FINAL | | | | INFERIOR A BUENO | | | |

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Calanda para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.