



MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO  
COMISARÍA DE AGUAS

# **ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA ACTUALIZACIÓN LIMNOLÓGICA DE EMBALSES**

## **DIAGNÓSTICO DEL EMBALSE DE RIALB Y DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÍNIMO**

**2001**

**URS**

|   |           |
|---|-----------|
| CONCLUSIONES  |           |
| RECOMENDACIONES   |           |
| <b>1 INTRODUCCIÓN</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2 DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO DEL EMBALSE</b>  | <b>2</b>  |
| 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE   | 2         |
| 2.2 MÉTODOS   | 3         |
| 2.2.1 Puntos de muestreo  | 3         |
| 2.2.2 Procedimientos de muestreo y análisis in situ                                   | 4         |
| 2.2.3 Parámetros y métodos analíticos   | 6         |
| 2.3 RESULTADOS  | 7         |
| 2.3.1 Parámetros físico-químicos  | 7         |
| 2.3.2 Parámetros biológicos   | 13        |
| 2.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE   | 16        |
| 2.4.1 Valoración del estado trófico en el año 2001                                    | 16        |
| 2.4.2 Situación futura del estado trófico   | 17        |
| 2.5 RIESGOS AMBIENTALES   | 19        |
| 2.5.1 Desoxigenación del hipolimnion  | 19        |
| 2.5.2 Proliferación de cianofíceas  | 19        |
| 2.5.3 Enturbiamiento del agua   | 20        |
| 2.5.4 Mortandad de peces por el régimen de vertidos                                   | 20        |
| <b>3 ESTUDIO DE CAUDAL MÍNIMO</b>   | <b>22</b> |
| 3.1 MÉTODOS   | 22        |
| 3.1.1 Revisión de los métodos de determinación del caudal mínimo                      | 22        |
| 3.1.2 Metodología aplicada en el estudio  | 25        |
| 3.2 RESULTADOS  | 27        |
| 3.2.1 Análisis de caudales  | 27        |
| 3.2.2 Descripción de la comunidad de peces  | 28        |
| 3.2.3 Descripción del tramo fluvial: Presa de Rialb -Alós de Balaguer                 | 29        |
| 3.2.4 Variación de la lámina de agua según el caudal                                  | 32        |
| 3.2.5 Análisis cualitativo del hábitat  | 34        |
| 3.3 DETERMINACIÓN DE FACTORES LIMITANTES PARA LA POBLACIÓN DE PECES DEL TRAMO FLUVIAL | 35        |
| 3.4 DEFINICIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO   | 39        |
| 3.4.1 Presa de Rialb - Azud de Pons   | 39        |
| 3.4.2 Azud de Pons -Alós de Balaguer  | 40        |

Apéndice 1. Tablas

Apéndice 2. Figuras

Apéndice 3. Fotos

Apéndice 4. Resultados de los análisis efectuados por el Laboratorio de Calidad de las Aguas de la CHE

El diagnóstico limnológico del embalse de Rialb y la evaluación de caudal ecológico efectuados en el año 2001 presentan las siguientes conclusiones:

***Diagnóstico limnológico***

- El embalse en las primeras fases de llenado es eutrófico y se prevé el mantenimiento de este estado en las siguientes fases. Esto se atribuye a que el río Segre aporta unas cargas de nutrientes elevadas, procedentes de la cuenca alta del embalse de Oliana (río Valira), que este embalse sólo retiene en parte. Además existen otros puntos de vertido entre la presa de Oliana y el embalse de Rialb (los municipios de Oliana y Basella y una piscifactoría situada aguas abajo de la presa). Contribuyen en menor medida las aportaciones de la Ribera Salada y del río Rialb (que también cuenta con una pequeña piscifactoría).
- Los riesgos más importantes del embalse se relacionan con el estado trófico y con el régimen de vertidos. Estos son:
  - La desoxigenación del agua hipolimnética en verano y la aparición de tóxicos (amonio y hierro).
  - El incremento del fitoplancton y la aparición de proliferaciones de cianofíceas, si aumenta el estado trófico del embalse.
  - El aumento de la actividad metanogénica (si aumenta el estado trófico) que puede provocar pérdidas de la calidad del agua y mortandad de peces en condiciones de vaciado rápido del embalse.
  - La mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa y la afección a la población de fraile (*Salaria fluviatilis*) existente, por el descenso brusco del caudal.
- La calidad de las aguas vertidas por el embalse es buena. Éstas están bien oxigenadas y no presentan tóxicos, a pesar de que se han usado los desagües de fondo, en verano, con anoxia en la zona más profunda del embalse.

## *Evaluación del caudal mínimo*

Se ha aplicado una metodología de análisis de caudal mínimo, basada en el estudio integral del río (método holístico), aunque reducida (sin muestreo de peces, macroinvertebrados y fitobentos). Sin embargo se han medido y analizado las características del río con tres condiciones de caudal bajo (2, 3,5 y 7 m<sup>3</sup>/s).

El análisis de los resultados permite recomendar los siguientes caudales mínimos para el río Segre entre la presa de Rialb y Alós de Balaguer:

- 2,5 m<sup>3</sup>/s durante el invierno
- 3-4 m<sup>3</sup>/s durante el verano y especialmente durante la época de reproducción de los barbos (primavera).

El diagnóstico realizado ha permitido conocer la situación trófica del embalse en un periodo muy inicial de su llenado. Las conclusiones relativas al estado de eutrofia que presenta y los riesgos que pueden derivarse de éste, hacen muy recomendable mantener el seguimiento del embalse en las etapas siguientes de su llenado. Esto permitirá prever posibles pérdidas de la calidad del agua en el embalse (proliferación de cianofíceas) y en el río bajo la presa (vertidos de aguas con tóxicos). Además los resultados de la evaluación del caudal mínimo han puesto de manifiesto algunos factores que sería aconsejable controlar.

Se recomienda:

- Seguimiento del estado trófico del embalse. Muestreos estacionales en invierno, primavera, verano y otoño.
- Análisis de las cargas de nutrientes que alcanzan el embalse y definición de las medidas de corrección necesarias para su reducción.
- Establecimiento de procedimientos de seguimiento y control de la calidad del agua vertida por el embalse (si no se asegura el uso de la válvula de chorro hueco).
- Fijar normas de gestión de los vertidos de la presa que suavicen la oscilación brusca del caudal.
- Realización de estudios específicos para determinar las épocas y zonas idóneas para la reproducción de barbo, fraile, lobo de río y bagre.
- Adecuar el tramo inmediatamente situado aguas abajo de la presa para evitar que las oscilaciones de caudal dejen zonas del cauce aisladas de la corriente principal. También se podrían crear frezaderos para la reproducción de barbos, bagres, frailes y lobos de río.
- Estudiar los posibles impactos de la introducción de truchas en el tramo inmediatamente bajo la presa (dado que podrían ser perjudiciales para las especies presentes en la actualidad).

- Valorar la idoneidad de los caudales mínimos recomendados, a partir de la determinación del estado de la comunidad de peces (densidad y biomasa de las especies dominantes) en la actualidad y al cabo de 1-2 años.

El embalse de Rialb se encuentra en sus primeros años de funcionamiento y en fase de llenado. Durante el año 2001 se ha realizado, a petición del Área de Calidad de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, un diagnóstico limnológico del embalse y una evaluación del caudal mínimo aguas abajo de la presa.

Los objetivos de los estudios realizados se dirigen a:

### *Embalse*

- La caracterización hidroquímica de las aguas del embalse, tributarios y emisario.
- La determinación del estado trófico del embalse y el análisis de futuras tendencias.
- La identificación de riesgos derivados del estado trófico que puedan causar pérdida de calidad del agua para el abastecimiento o para las comunidades biológicas del embalse y del río aguas abajo.

### *Río*

- La evaluación del caudal mínimo recomendable para el río Segre aguas abajo de la presa de Rialb que permita el mantenimiento de la calidad biológica.

En la memoria se presentan de forma separada la metodología y el análisis de los resultados para el diagnóstico del embalse y del río (caudal mínimo). Las conclusiones y recomendaciones generales del estudio se han presentado previamente a esta introducción.

## 2 DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO DEL EMBALSE

---

El diagnóstico limnológico del embalse se ha basado en cuatro muestreos estacionales, realizados en marzo, junio, agosto y noviembre de 2001.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

El embalse de Rialb está destinado a la regulación del río Segre, aguas abajo del embalse de Oliana. Los usos son cubrir las demandas de riegos del canal de Urgel (60.000 ha) y del futuro canal Segarra-Garrigues (unas 49.000 ha) y reforzar el abastecimiento de 80 núcleos de población (200.000 habitantes).

Las características del embalse se presentan en el siguiente cuadro:

| Volumen<br>(hm <sup>3</sup> ) | Cota M.E.N.<br>(m) | Superficie<br>(ha) | Profundidad<br>máxima (m) | Profundidad<br>media (m) |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|
| 402                           | 430                | 1.505              | 78                        | 28                       |

La presa está situada a unos 4 km de Pons (Lleida). Es de gravedad de planta recta y dispone de los siguientes órganos de maniobra:

- Aliviadero con cinco vanos (2 de labio fijo y 3 con compuertas) (cota 422,55 m s.n.m.) centrado en el cuerpo de la presa.
- Desagües de fondo con tres tuberías en posición central (cota 365,1 m s.n.m.), con compuertas tipo Bureau. La capacidad de desagüe es de 205 m<sup>3</sup>/s.
- Tomas de riegos en la margen izquierda del cuerpo de la presa. Hay 4 tomas (cota 371,54 m s.n.m.), dos destinadas al canal de Urgel y dos que abastecerán al futuro canal de Segarra-Garrigues. En la salida de riegos se ha instalado una válvula de chorro hueco.



En la operación normal del embalse, el agua se vierte por la toma de riegos del canal de Urgel en el propio río. En ausencia de vertidos para riego se asegurará el caudal ecológico por un by-pass de las tomas de riego. También está previsto instalar una central hidráulica conectada a las tomas del canal de Urgel. Las tomas del canal de Segarra-Garrigues se conectarán a la conducción de este canal cuando esté construido.

En los muestreos el embalse presentó los siguientes volúmenes embalsados:

|                            | 29-Marzo | 12-Junio | 27-Agosto | 14-Noviembre |
|----------------------------|----------|----------|-----------|--------------|
| Volumen (hm <sup>3</sup> ) | 136,0    | 152,8    | 47,05     | 9,27         |
| Cota (m)                   | 404,9    | 407,08   | 389,95    | 374,6        |

Los volúmenes de marzo y junio suponen el 33-38% de la capacidad total del embalse. En verano y otoño el embalse se ha ido vaciando para cubrir la demanda de riegos, y en noviembre el volumen existente supone un 2% del total.

## 2.2 MÉTODOS

El estudio se ha basado en la metodología limnológica, la cual tiene en cuenta una serie de parámetros fisicoquímicos y biológicos de la masa de agua, sus relaciones y sinergias. Se ha analizado la heterogeneidad vertical (perfiles) y horizontal (dos puntos de muestreo a lo largo del embalse) así como las características de las aguas que entran en el embalse (tributarios) y las que salen (emisario).

### 2.2.1 Puntos de muestreo

La toma de muestras se realizó en los siguientes puntos, los cuales se georreferenciaron con un GPS:

| Zonas       | Punto de muestreo | Localización  |
|-------------|-------------------|---|
| Embalse     | R-1S              | A unos 400 m de la presa. Coordenadas UTM 31T0350437-4645298.   |
|             | R-1F              |   |
|             | R-2S              | A unos 4 km de la presa. Coordenadas UTM 31T0354040-4648242.  |
|             | R-2F              |   |
| Tributarios | R-3               | Ribera Salada a unos 500 m de su desembocadura en el embalse. Coordenadas UTM 31T0358827- 4652726.          |
|             | R-4               | Río Segre aguas abajo del municipio de Oliana. Coordenadas UTM 31T0359448- 4658092.                         |
|             | R-5               | Río Rialb aguas abajo de la piscifactoría existente en su tramo medio. Coordenadas UTM 31T0349442- 4655288. |
| Emisario    | R-6               | Río Segre inmediatamente aguas abajo de la presa.   |

## 2.2.2 Procedimientos de muestreo y análisis *in situ*

El plan de muestreo y la toma de muestras se resume en el siguiente cuadro:

|   | Embalse        | Segre | Ribera Salada | Rialb | Segre- salida |
|---|----------------|-------|---------------|-------|---------------|
| Medidas sonda   | ✓ <sup>1</sup> | ✓     | ✓             | ✓     | ✓             |
| Análisis in situ (NH <sub>4</sub> , SH <sub>2</sub> ) | ✓ <sup>2</sup> | ✓     | ✓             | ✓     | ✓             |
| Hidroquímica  | ✓ <sup>2</sup> | ✓     | ✓             | ✓     | ✓             |
| Bacterias   | ✓ <sup>2</sup> | ✓     | ✓             | -     | ✓             |
| Clorofila   | ✓              | -     | -             | -     | -             |
| Fitoplancton  | ✓              | -     | -             | -     | -             |
| Zoobentos   | ✓ <sup>3</sup> | -     | -             | -     | -             |

(<sup>1</sup>) : Perfiles metro a metro en dos estaciones a lo largo del eje principi del embalse (presa y medio-cola)

(<sup>2</sup>) : Muestras de superficie y fondo.

(<sup>3</sup>) : Muestra extraída con draga.

En cada punto de muestreo se realizan:

- Perfiles metro a metro de temperatura, conductividad, pH, turbidez y oxígeno disuelto con una sonda multiparamétrica TURO T611 en el embalse (o medidas puntuales en los ríos). Los registros de la temperatura se contrastan con las medidas tomadas con termómetro de mercurio, en la superficie y en el fondo. También se verifican los resultados de la sonda para el oxígeno disuelto mediante la toma de muestras de agua y su análisis por el método Winkler.
- Medidas de la profundidad del Disco de Secchi y determinación de la profundidad de compensación de la luz (2,7\* DS).
- Determinación *in situ* de la concentración de amonio y sulfhídrico con Kits AQUAQUANT de la casa Merk.
- Toma de muestras de agua (superficie y fondo en el embalse) para los análisis químicos. Las muestras de fondo se toman con una botella oceanográfica tipo Niskens. Las muestras se recogen en envases adecuados (polietileno para la mayor parte de los análisis y botella de DBO para el análisis de Winkler) y se estabilizan de acuerdo con los métodos de análisis a realizar. Posteriormente se etiquetan adecuadamente y se guardan en nevera con hielo durante su traslado hasta el laboratorio.
- Las muestras para el análisis bacteriológico se toman en botellas estériles y se mantienen en nevera.
- Las muestras de fitoplancton se toman con red de arrastre de 37 µm de poro en la zona cercana a la presa; también se toma una muestra integrada que corresponde a la mezcla de las aguas de superficie, profundidad del Disco de Secchi y profundidad de compensación de la luz.
- La muestra del zoobentos se obtiene a partir de la extracción de sedimento con una draga Ekman o Van Veen, en la zona más profunda del embalse; posteriormente el sedimento se filtra en una red de 250 µm de poro y la muestra resultante se conserva con formol.

## 2.2.3 Parámetros y métodos analíticos

Los parámetros analizados y los procedimientos analíticos son los siguientes<sup>1</sup>:

| Parámetro físico-químico               | Método   |
|--|--|
| Temperatura                            | Sonda multiparamétrica Turo y termómetro de mercurio                 |
| Conductividad                          | Sonda multiparamétrica Turo  |
| pH                                     | Sonda multiparamétrica Turo  |
| Turbidez                               | Sonda multiparamétrica Turo  |
| Sólidos en suspensión                  | Gravimetría  |
| Alcalinidad                            | Acidimetría  |
| Calcio                                 | Complexometría   |
| Nitrito                                | Colorimétrico. Método de Shinn                                       |
| Nitrato                                | Colorimétrico. Reducción a $\text{NO}_2^-$ en columna de intercambio |
| Amonio                                 | Colorimetría. Reacción de Nessler                                    |
| Fósforo total                          | Colorimetría. Ácido ascórbico tras digestión                         |
| Fosfato disuelto ( $\text{P-PO}_4^-$ ) | Colorimetría. Ácido ascórbico  |
| Oxígeno disuelto                       | Sonda multiparamétrica Turo y método Winkler                         |
| Hierro total                           | Absorción atómica de llama   |
| Manganeso total                        | Absorción atómica de llama   |
| Cobre total y disuelto                 | Absorción atómica de llama   |
| Cinc total                             | Absorción atómica de llama   |

---

<sup>1</sup> Las muestras hidroquímicas de marzo y noviembre fueron analizadas por URS y las de junio y agosto por el Laboratorio de Calidad de Aguas de la C.H.E. Los informes de este último laboratorio se presentan en el Apéndice 4 e incluyen los métodos analíticos utilizados.

| Parámetros biológicos | Método  |
|-----------------------|---|
| Bacterias viables     | Recuento de colonias en placa   |
| Bacterias coliformes  | Fermentación en tubo múltiple   |
| Bacterias fecales     | Fermentación en tubo múltiple   |
| Clorofila a           | Naquadat 06716  |
| Fitoplancton          | Identificación de las especies más abundantes en muestras de red y recuentos en el microscopio invertido.                       |
| Zoobentos             | Identificación y recuentos de especies en muestras de sedimento extraído con draga y filtrado con una red de 250 $\mu$ de poro. |

## 2.3 RESULTADOS

Los resultados físico-químicos y biológicos de los muestreos realizados se presentan en las tablas 2.3.-1 a 2.3.-8 y en las figuras 2.3.-1 a 2.3.-6. Como se ha comentado en el apartado 2.1, cabe destacar la importante disminución del volumen embalsado que se produjo en las campañas de verano y otoño-invierno.

### 2.3.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 2.3.1.1 Temperatura

##### *Embalse*

El régimen térmico del embalse se caracteriza porque las aguas están mezcladas en el periodo invernal y se estratifican en primavera y verano (figuras 2.3.-1 a 2.3.-6). En junio la termoclina es superficial y se encuentra entre 7 y 10 m de profundidad (0,19 °C de incremento medio). En agosto, la temperatura decrece progresivamente en profundidad (0,31 °C de incremento medio), y se detecta una termoclina poco marcada entre 9 y 10 m y otra profunda a partir de los 28 m (ambas son coincidentes con oxiclina). En noviembre la columna de agua está totalmente mezclada.

En la presa, los rangos de temperatura registrados en la superficie y en el fondo han sido los siguientes:

| T (° C) | Marzo | Junio | Agosto | Noviembre |
|---------|-------|-------|--------|-----------|
| Superf. | 11,4  | 22,2  | 26     | 9,6       |
| Fondo   | 8,1   | 13,1  | 16,3   | 8,7       |

El perfil térmico de verano está influido por el descenso de la cota y posiblemente por la disminución del volumen del hipolimnion, puesto que el vertido del embalse se realiza por el fondo.

### ***Tributarios y emisario***

La temperatura del agua en los tributarios y en el vertido de fondo (presa) presenta una variación estacional, con máximos en agosto y mínimos en noviembre; se registran los siguientes valores:

| T (° C)       | Marzo | Junio | Agosto | Noviembre |
|---------------|-------|-------|--------|-----------|
| Ribera Salada | 13,4  | 22,2  | 24,2   | 9,6       |
| R. Rialb      | 13,2  | 21,2  | 23,7   | 8,03      |
| R. Segre      | 10,4  | 15,7  | 21,4   | 9,72      |
| Emisario      | 9,5   | 15    | 23,4   | 9,56      |

La temperatura del agua del río Segre es inferior a las temperaturas de los ríos Rialb y Ribera Salada, ya que proviene del vertido de fondo de la presa de Oliana. El agua vertida en la presa de Rialb presenta un rango térmico acorde con el del hipolimnion del embalse.

### 2.3.1.2 Transparencia del agua

#### *Embalse*

La transparencia del agua es moderada-baja en marzo y noviembre, y moderada-alta en junio y agosto. Los valores del Disco de Secchi, turbidez y de los parámetros que influyen sobre la transparencia del agua (sólidos en suspensión y clorofila) se presentan en el siguiente cuadro:

| Transparencia                            | Marzo       |      | Junio      |     | Agosto     |     | Noviembre   |     |
|--|-------------|------|------------|-----|------------|-----|-------------|-----|
|  | R-1         | R-2  | R-1        | R-2 | R-1        | R-2 | R-1         | R-2 |
| Disco Secchi (m)                         | <b>1,5</b>  | 2,9  | <b>3,8</b> | 2,8 | <b>3,3</b> | 1,2 | <b>1,5</b>  | 1,1 |
| MES (Sup.) (mg/L)                        | <b>4,4</b>  | 1,9  | < <b>3</b> | 4   | < <b>3</b> | <3  | <b>5,6</b>  | 7,9 |
| MES (Fondo) (mg/L)                       | <b>26,6</b> | 11,7 | -          | -   | <b>105</b> | 57  | <b>10,4</b> | 5,6 |
| Clorofila integrada (mg/m <sup>3</sup> ) | <b>20,3</b> | 5,1  | <b>6,0</b> | 8,7 | <b>5,3</b> | 6,7 | <b>12,6</b> | 5,4 |

En el embalse, la transparencia del agua está relacionada con la concentración de sólidos en suspensión y especialmente con la del fitoplancton. En la presa (R-1) las aguas son moderadamente turbias en marzo y noviembre (1,5 m de Disco de Secchi), lo que coincide con los máximos de la clorofila y del fitoplancton (ver apartado 2.3.2.1). En junio y agosto, las aguas ganan transparencia (>3 m de D.S.) y las concentraciones de clorofila y fitoplancton disminuyen.

La turbidez es inferior a 5 NTU en el perfil de la presa (excepto en agosto) (figura 2.3.-1) y aumenta ligeramente en el perfil de la zona media del embalse (R-2) (cola en noviembre) (figuras 2.3.-3 a 2.3.-6). En ambos casos la turbidez aumenta hacia el fondo, especialmente en agosto y noviembre (cuando el embalse tiene la cota más baja). Este patrón de la turbidez refleja el proceso de sedimentación de las partículas en suspensión que se produce a lo largo del embalse.

La concentración de sólidos en suspensión es baja en la superficie (<10 mg/L) y elevada en el fondo (>10 mg/L, y hasta 105 mg/L en la presa en agosto).

## *Tributarios y emisario*

Las aguas de los tributarios son moderadamente transparentes. El río Segre presenta aguas un poco más turbias, y las concentraciones de sólidos en suspensión alcanzan máximos moderados de 6-7 mg/L (aguas arriba de la presa, en marzo, y aguas abajo en agosto y noviembre).

### **2.3.1.3 Mineralización del agua y pH**

Se han analizado la conductividad, alcalinidad y concentración de calcio como indicadores de la mineralización del agua. Los resultados se presentan en las tablas 2.3.-1 a 2.3.-4.

#### *Embalse*

Las aguas presentan una mineralización moderada (conductividad alrededor de 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), están bien tamponadas (alcalinidad de 2-2,5 meq/L) y son ricas en calcio, lo cual limita la eutrofia.

| Rangos R-1 y R-2                  | Marzo   | Junio   | Agosto  | Noviembre |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 273-299 | 215-260 | 224-322 | 378-380   |
| Alcalinidad (meq/L)               | 2-2,2   | 1,9-2,0 | 1,6-2,7 | 2,5-2,6   |
| Calcio (mg/L)                     | 47-51   | 40-41   | 33-50   | 63-65     |
| pH (unid.)                        | 8,1-8,8 | 7,8-8,9 | 7,5-8,7 | 8,1-8,8   |

Los perfiles de la conductividad son relativamente uniformes especialmente en marzo y noviembre (figuras 2.3.-3 a 2.3.-6). En junio el perfil disminuye ligeramente bajo la termoclina influido por las aportaciones de agua menos mineralizada del Segre (176  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); sin embargo, en agosto el perfil se incrementa en las aguas hipolimnéticas, lo que se atribuye al aumento de la conductividad del agua del Segre y al descenso de la cota del embalse (que favorece la concentración de los iones). En noviembre con la cota muy baja la conductividad del agua es sólo ligeramente inferior a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El pH varía con la mineralización del agua y con la producción primaria. Los valores son superiores a 8,5 en el epilimnion por efecto de la producción del fitoplancton, y de 8-7,5 en las aguas profundas.



## *Tributarios y emisario*

El río Segre aporta aguas de mineralización moderada-baja (entre 176 y 394  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad, entre 1,3 y 2,5 meq/L de alcalinidad y entre 28 y 66 mg/L de calcio). La mineralización es más baja en junio y aumenta en agosto y noviembre.

Los ríos Ribera Salada y Rialb aportan aguas más mineralizadas, alrededor de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad, de 3 mg/L de alcalinidad, y entre 50 y 74 mg/L de calcio.

Las aguas vertidas presentan una mineralización acorde con las del hipolimnion del embalse y son similares a las del Segre, aguas arriba del embalse.

### 2.3.1.4 Nutrientes

#### *Embalse*

Las concentraciones de las diferentes formas del nitrógeno y del fósforo en las aguas superficiales y profundas del embalse, en la zona de la presa (R-1), se presentan en el siguiente cuadro:

| Nutrientes (presa)   | Marzo |       | Junio |   | Agosto |       | Noviembre |       |
|----------------------|-------|-------|-------|---|--------|-------|-----------|-------|
|                      | S     | F     | S     | F | S      | F     | S         | F     |
| Amonio (mg/L)        | 0,05  | 0,05  | <0,13 | - | <0,13  | 2,4   | 0,1       | 0,1   |
| Nitrito (mg/L)       | 0,036 | 0,018 | -     | - | 0,028  | 0,251 | 0,107     | 0,098 |
| Nitrato (mg/L)       | 2,6   | 2,3   | 1,8   | - | <1     | <1    | 6,1       | 6,7   |
| Fosfato (mg/L)       | 0,013 | 0,008 | <0,05 | - | <0,05  | 0,07  | 0,002     | 0,004 |
| Fósforo total (mg/L) | 0,084 | 0,055 | <0,09 | - | <0,09  | 0,66  | 0,032     | 0,038 |

- Las concentraciones de amonio son bajas, excepto en el fondo en agosto (2,4 mg/L), coincidiendo con condiciones de anoxia (ambiente reductor).
- El nitrito también aumenta en el fondo en agosto (0,25 mg/L) y en noviembre presenta valores algo elevados (0,1 mg/L).
- Las concentraciones de nitrato son moderado-bajas y los máximos (6-7 mg/L) se miden en noviembre.

- Los valores de fosfato disuelto y fósforo total se mantienen en el rango de los embalses eutróficos.

Las concentraciones de nutrientes en la zona media del embalse (R-2) presentan rangos similares a los de la presa (tablas 2.3.-1 a 2.3.-4).

### *Tributarios y emisario*

- En los tributarios, la concentración de amonio es baja en el Segre y en la Ribera Salada (entre 0,1 y 0,2 mg/L), y algo elevada en el río Rialb (0,4 mg/L en agosto y noviembre); esto se atribuye al efecto del vertido de una piscifactoría, situada aguas arriba del punto de muestreo; sin embargo la concentración que alcanza el embalse se supone inferior ya que el amonio puede oxidarse o ser asimilado en el recorrido hasta el embalse.

El nitrito presenta valores máximos de 0,1 mg/L en el Segre. El nitrato es, en general, bajo y las concentraciones más altas (3-4 mg/L) se detectan en el Segre y en la Ribera Salada.

Las concentraciones de fosfato y fósforo total son más elevadas en el río Segre en todos los muestreos, y en el río Rialb, en agosto (0,1 mg/L).

- En las aguas vertidas las concentraciones de nutrientes son, en general, acordes con las del agua hipolimnética; sin embargo no presentan concentraciones elevadas de amonio ni de nitrito puesto que el vertido está bien oxigenado.

### **2.3.1.5 Oxígeno disuelto**

#### *Embalse*

Las aguas están bien oxigenadas en marzo y noviembre (columna mezclada). En junio y agosto, la concentración de oxígeno decrece progresivamente hacia el fondo y se observa una oxiclina alrededor de los 9 m (coincidiendo con la termoclina superficial); sin embargo, el hipolimnion se mantiene oxigenado (mínimo de 3,9 mg/L) en junio y está parcialmente anóxico en agosto (se detecta anoxia en los últimos 4 m de profundidad). No se detecta SH<sub>2</sub> en el agua de fondo.

#### *Tributarios y emisario*

Los tributarios aportan aguas oxigenadas al embalse. Las aguas vertidas están asimismo bien oxigenadas en los muestreos. En este año los vertidos se han realizado por los desagües de fondo puesto que la toma de riegos estaba en obras (en agosto se realizaron pruebas con la válvula de

chorro hueco). El agua vertida en agosto por los desagües de fondo podría tener déficit de oxígeno; sin embargo en el muestreo el agua estaba bien oxigenada, en el tramo aguas abajo de la presa.

## 2.3.1.6 Metales

### *Embalse*

Las concentraciones de hierro y manganeso son bajas en las aguas superficiales y en las profundas si están oxigenadas. En agosto, con anoxia en el fondo, las concentraciones de hierro y manganeso son elevadas (5,3 y 1,6 mg/L respectivamente). Las concentraciones de cobre y cinc son bajas (<0,04 mg/L de cobre y <0,06 mg/L de cinc).

### *Tributarios y emisario*

Las concentraciones de los metales analizados son bajas tanto en los tributarios como en las aguas vertidas. Las concentraciones de cobre y cinc son inferiores a los valores límite para las aguas salmonícolas ( $\leq 0,04$  mg/L de cobre y  $\leq 0,3$  mg/L de cinc)<sup>2</sup>.

## 2.3.2 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

### 2.3.2.1 Clorofila y fitoplancton

La clorofila presenta valores propios de aguas eutróficas (tabla 2.3.-5). La concentración máxima se detecta en la presa en marzo y noviembre, coincidiendo con las densidades más altas del fitoplancton.

| Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) | Marzo | Junio | Agosto | Noviembre |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-----------|
| R-1 (presa)                    | 20,3  | 6,0   | 5,3    | 12,6      |
| R-2                            | 5,1   | 8,7   | 6,7    | 5,4       |

<sup>2</sup> Límites para las aguas salmonícolas en el anexo 3 del Real Decreto 927/88.

## *Fitoplancton obtenido con red*

El macrofitoplancton (tabla 2.3.-6) es relativamente diverso y su variación estacional se ajusta al modelo clásico. Con el embalse mezclado (marzo y octubre) predominan las diatomeas (*Fragilaria crotonensis*, *F. capucina*, *Asterionella formosa*) y con el embalse estratificado abundan las clorofíceas (*Coelastrum* spp., *Oocytis* sp.) en junio y las cianofíceas (*Aphanizomenon* sp., *Microcystis* sp.) al avanzar el verano (en agosto).

## *Fitoplancton sedimentado*

El microfitoplancton (tabla 2.3.-7) está compuesto principalmente por especies de pequeño tamaño. La densidad y los grupos de algas dominantes se presentan en el cuadro adjunto:

| Fitoplancton        | Marzo        | Junio       | Agosto      | Noviembre                                |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|--|
| Recuentos (cél./ml) | 14.175       | 9.372       | 13.662      | 5.154                                    |
| Grupo dominante     | Criptofíceas | Crisofíceas | Cianofíceas | Criptofíceas<br>Crisofíceas<br>Diatomeas |

Las densidades totales son propias de aguas eutróficas (>5.000 células/ml). Las criptofíceas (*Cryptomonas ovata* y *Rhodomonas ovata*) y crisofíceas (pequeños flagelados) son frecuentes en todos los muestreos, aunque sólo dominan en los recuentos en marzo (81%, criptofíceas) y junio (72%, crisofíceas). Las cianofíceas abundan en agosto (84%), y en especial *Aphanizomenon flosaquae* que presenta una densidad de 10.500 células/ml.

En los embalses eutróficos la proliferación de cianofíceas al final del estío puede originar problemas ambientales como la pérdida de la calidad del agua y malos olores en las zonas donde se acumulan, además de favorecer la mortandad local de peces. En Rialb no se dan concentraciones propias de proliferación (>50.000 células/ml) que podrían suceder si aumenta el grado trófico del embalse; además las especies presentes (*Microcystis* y *Aphanizomenon*) son susceptibles de liberar toxinas.

## 2.3.2.2 Bacterias

### *Embalse*

En la presa las concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales son muy bajas e inferiores a los límites para las aguas pre-potables de tipo A-1 (100 células/100 ml de coliformes totales y 20 células/100 ml de coliformes fecales) (tabla 2.3.-5). Esto indica que los efectos de los vertidos urbanos que se producen en los tributarios no se detectan en el embalse.

| Embalse        | Coliformes totales |       | Coliformes fecales |       |
|----------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|                | Sup.               | Fondo | Sup.               | Fondo |
| Células/100 ml |                    |       |                    |       |
| Marzo          | 0                  | 9     | 0                  | 3     |
| Junio          | 0                  | 17    | 0                  | 3     |
| Agosto         | 0                  | 0     | 0                  | 0     |
| Noviembre      | 0                  | 22    | 0                  | 5     |

### *Tributarios y emisario*

En los tributarios principales (Segre y Ribera Salada) y en el río bajo la presa, las concentraciones de coliformes totales y fecales son moderado-bajas e inferiores a los límites para las aguas pre-potables tipo A-2 (10.000 cél/100 ml de coliformes totales y 2.000 cél/100 ml de coliformes fecales).

| Ríos       | Coliformes totales |             |            | Coliformes fecales |             |            |
|------------|--------------------|-------------|------------|--------------------|-------------|------------|
|            | Rib. Salada        | Segre Trib. | Segre Emi. | Rib. Salada        | Segre Trib. | Segre Emi. |
| Cél./100ml |                    |             |            |                    |             |            |
| Marzo      | 113                | 0           | 50         | 41                 | 0           | 50         |
| Junio      | 417                | 96          | 4          | 367                | 94          | 4          |
| Agosto     | 450                | 1500        | 22         | 200                | 383         | 0          |
| Noviembre  | 146                | 1100        | 0          | 138                | 600         | 0          |

Las concentraciones más altas se registran en el río Segre aguas abajo de Oliana, lo que refleja los vertidos que se producen en el tramo (aguas residuales del municipio incluidas las de la piscifactoría existente al pie de la presa de Oliana). Las concentraciones de coliformes en los vertidos de la presa de Rialb son muy bajas, de acuerdo con la calidad bacteriológica del agua del fondo del embalse.

### **2.3.2.3 Zoobentos**

El análisis del zoobentos se ha limitado a agosto, época en la que son de esperar las peores condiciones relacionadas con la desoxigenación del hipolimnion. El sedimento es limoso, de color gris y presenta gas (la producción de gas es muy acusada en los sedimentos del embalse de Oliana). No está excesivamente reducido, lo que indica que la anoxia del agua del fondo es reciente.

El zoobentos es muy escaso (225 individuos/m<sup>2</sup>) y está constituido por oligoquetos (naídidos y tubifícidos) y por especies accidentales (un coleóptero propio de ambiente fluvial que puede haber alcanzado el fondo del embalse arrastrado por el agua) (tabla 2.3.-8). La escasez del zoobentos puede estar influida por la desoxigenación del hipolimnion, pero también se debe a que los fondos del embalse están en sus primeras etapas de colonización.

## **2.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE**

En las fases iniciales de llenado de los embalses, es de gran interés estimar su estado trófico así como prever la posible evolución temporal. El análisis se efectúa a partir de la aplicación de criterios estandarizados como los de OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y del índice del estado trófico de Carlson. En ambos casos, se toma como parámetros indicadores las concentraciones de fósforo total y clorofila, y la profundidad del Disco de Secchi. Para evaluar la tendencia trófica del embalse se aplica el modelo de Vollenweider.

### **2.4.1 Valoración del estado trófico en el año 2001**

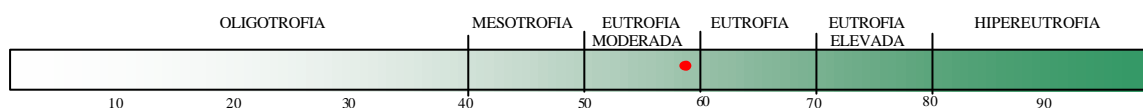
Los valores de referencia de la OCDE, para las concentraciones medias registradas en el embalse (presa) en los muestreos indican una situación de eutrofia.

| Categoría trófica   | Fósforo total mg/L (media anual) | Clorofila, mg/L (media anual) | Clorofila, mg/L (máximo anual) | D. de Secchi, m (media anual) | D. de Secchi, m (mínimo anual) |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Ultraoligotrófico   | <4                               | <1                            | <2,5                           | >12                           | >6                             |
| Oligotrófico        | <10                              | <2,5                          | <8                             | >6                            | >3                             |
| Mesotrófico         | 10-35                            | 2,5-8                         | 8-25                           | 6-3                           | 3-1,5                          |
| Eutrófico           | 35-100                           | 8-25                          | 25-75                          | 3-1,5                         | 1,5-0,7                        |
| Hipertrófico        | >100                             | >25                           | >75                            | <1,5                          | <0,7                           |
| <b>Rialb (2001)</b> | <b>142*</b>                      | <b>11,1*</b>                  | <b>20,3</b>                    | <b>2,5</b>                    | <b>1,1</b>                     |

\* Promedio de los valores en los muestreos en R-1(para el fósforo media de superficie y fondo)

La puntuación del índice de Carlson confirma la valoración de eutrofia de la OCDE.

| Parámetros              | Funciones del estado trófico por parámetros                    | Valor de los parámetros | Valor TSI |
|-------------------------|--|-------------------------|-----------|
| DS (m)                  | $TSI (DS) = 60 - 14,41 \cdot \ln DS$                           | 2,5                     | 47        |
| Clorofila ( $\mu g/L$ ) | $TSI (Clor.) = 9,81 \cdot \ln Clor. + 30,6$                    | 11,05                   | 54        |
| P tot ( $\mu g/L$ )     | $TSI (P \text{ tot}) = 14,42 \cdot \ln P \text{ tot.} + 4,15$  | 142                     | 76        |
| -                       | $Media TSI = (TSI (DS) + TSI (Clor.) + TSI (P \text{ tot}))/3$ | -                       | <b>59</b> |

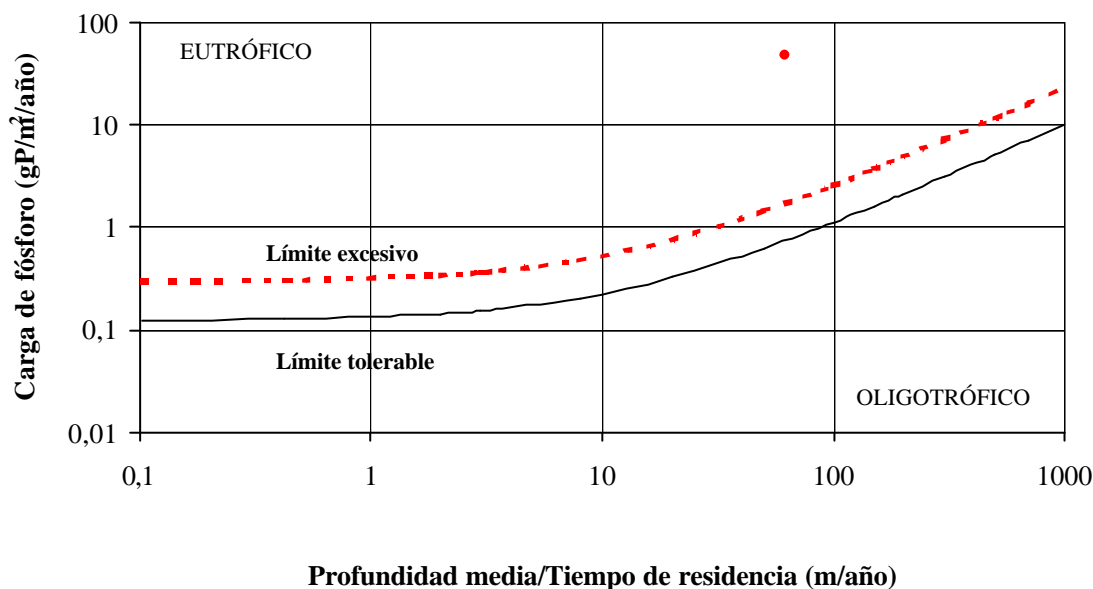


## 2.4.2 Situación futura del estado trófico

En las fases iniciales de la vida de un embalse suelen producirse etapas eutróficas favorecidas por la existencia de biomasa vegetal en la cubeta del embalse y por el menor volumen embalsado. Para estimar la posible evolución del estado trófico con el embalse lleno se ha aplicado el modelo de Vollenweider. Éste caracteriza el estado trófico en función de la carga de fósforo que recibe el embalse a lo largo del año, y de sus parámetros hidrológicos y morfométricos. En este caso se han considerado las siguientes condiciones:

Volumen máximo: 402 hm<sup>3</sup>  
 Superficie máxima: 1.505 ha  
 Carga de fósforo: Concentración media en los muestreos en el río Segre (0,064 mg/L P<sub>tot</sub><sup>3</sup>) \* caudal medio del río (29,57 m<sup>3</sup>/s)<sup>4</sup>.

## Embalse de Rialb



El embalse presenta una situación de eutrofia, y supera ampliamente el límite considerado excesivo. Esto es porque la carga de fósforo que recibe es elevada, puesto que proviene de los vertidos del embalse de Oliana y de los existentes en el tramo fluvial aguas abajo (municipio de

<sup>3</sup> La concentración media corresponde a la de los valores de marzo y noviembre. No se han incluido los valores de junio y agosto porque el nivel de determinación del fósforo total es insuficiente.

<sup>4</sup> Promedio del caudal de salida de Oliana entre octubre de 2000 a 2001 (el promedio para la serie histórica de 1990 a 2001 es de 28,05 m<sup>3</sup>/s).



Oliana y otros). El embalse de Oliana es asimismo eutrófico y presenta el hipolimnion anóxico en verano, lo que favorece la liberación del fósforo del sedimento y su exportación aguas abajo.

## **2.5 RIESGOS AMBIENTALES**

El embalse presenta riesgos ambientales relacionados con su vocación eutrófica y con el régimen de vertidos. Estos riesgos se comentan en los apartados siguientes y se indican las medidas de seguimiento y control.

### **2.5.1 Desoxigenación del hipolimnion**

#### *Descripción del riesgo*

El embalse se estratifica en verano y el hipolimnion presenta tendencia a desoxigenarse. El riesgo aumenta al bajar la cota del embalse ya que la termoclina se hunde y el volumen del hipolimnion disminuye (esto está favorecido por el régimen de desaguado de fondo). En condiciones de anoxia, las concentraciones de amonio, nitrito, hierro y manganeso aumentan y su vertido en el río por los desagües de fondo puede ser causa de afecciones a las comunidades biológicas y de mortandad de peces.

#### *Recomendación*

- Seguimiento de la calidad de las aguas profundas y de las vertidas, si se desagua de fondo en verano. Evitar vertidos con  $\text{SH}_2$  y con concentraciones de amonio superiores a 1 mg/L.
- Verter preferentemente por la toma de riegos que cuenta con válvula de chorro hueco que permite la oxigenación óptima del agua

### **2.5.2 Proliferación de cianofíceas**

#### *Descripción del riesgo*

El embalse es eutrófico y presenta cianofíceas. Las densidades en el año 2001 son moderadas pero las especies representadas *Microcystis aeruginosa* y *Aphanizomenon flosaquae* son responsables de proliferaciones muy abundantes en otros embalses de la cuenca, además de ser susceptibles de liberar toxinas. En condiciones de proliferación se produce la pérdida de la calidad del agua para los usos, y se generan molestias para los usuarios (acumulaciones de las

algas muertas que producen malos olores); además se aumenta el riesgo puntual de mortandad de peces (por las condiciones anóxicas que suelen producirse y por las toxinas).

### ***Recomendación***

- Seguimiento del estado trófico del embalse y del fitoplancton (al menos en verano e inicio del otoño)
- Controlar el estado trófico del embalse y evitar, en todo caso, su aumento. Las cargas que recibe el embalse son elevadas y su disminución requeriría la toma de medidas correctoras a nivel de cuenca (depuración terciaria de los vertidos, construcción de un pre-embalse en la cola, etc...).

### **2.5.3 Enturbiamiento del agua**

#### ***Descripción del vertido***

El sedimento presenta metano, y la actividad metagénica podrá incrementarse con el tiempo (esta es muy intensa en el embalse de Oliana). En caso de disminución rápida de cota, la liberación de metano del sedimento favorece la mezcla súbita del agua y la ascensión de aguas anóxicas, con tóxicos y con sólidos en suspensión (en verano), que pueden causar mortandad de peces.

#### ***Recomendación***

En caso de vaciado del embalse se recomienda realizar un estudio previo de riesgos. Planificar las operaciones de desaguado de forma que la liberación del metano se realice de forma paulatina para evitar la mezcla súbita del agua.

### **2.5.4 Mortandad de peces por el régimen de vertidos**

#### ***Descripción del vertido***

El régimen de desaguados puede favorecer algún episodio de mortandad de peces en el tramo inmediatamente bajo la presa, si se disminuye de forma brusca el caudal vertido. El tramo presenta el lecho irregular con hondonadas, que se convierten en balsas cuando se reduce el caudal; si esto se realiza rápidamente quedan atrapados peces que pueden morir si no se restituye el caudal o se rescatan; el pasado otoño sucedió un incidente de este tipo que afectó a la población de fraile (blenio) que habita el tramo.

## *Recomendación*

- Disminuir el caudal de vertido de forma paulatina para facilitar a los peces su reingreso en la corriente principal del río.
- Sería conveniente efectuar unas tareas de remodelación del cauce para reconducir la vena principal del río y evitar la creación de balsas al bajar el caudal.

De forma complementaria al diagnóstico limnológico del embalse, se ha realizado una evaluación del caudal mínimo (o de compensación) recomendable para el río Segre aguas abajo de la presa de Rialb que permita el mantenimiento de la calidad biológica.

En la memoria se presentan brevemente los métodos existentes para la determinación de caudales mínimos, la metodología y aplicación del método seleccionado, y los resultados y recomendaciones.

### **3.1 MÉTODOS**

#### **3.1.1 Revisión de los métodos de determinación del caudal mínimo**

En España no existe una metodología estandarizada para el cálculo del caudal mínimo (o de compensación). Existen numerosos métodos en la bibliografía, los cuales se agrupan en tres tipos:

1. Los que utilizan expresiones o fórmulas matemáticas que relacionan el caudal con parámetros relacionados con los peces.
2. Los que justifican el caudal mínimo a partir del caudal natural.
3. Los que usan aproximaciones holísticas, basadas en el estudio integral de cada tramo de río en particular, determinando los factores limitantes para la población de peces y extrapolando su evolución para distintos caudales.

A continuación se describen someramente estas tres metodologías.

#### ***Métodos que relacionan el caudal mínimo con parámetros relacionados con los peces***

Estos métodos se basan en la relación que existe entre el área utilizable por los peces y su densidad, y entre el área utilizable por los peces y el caudal. Estos métodos sólo son aplicables para las especies de peces territoriales, ya que con el resto (gregarias) no existe una relación lineal entre la superficie útil y el número de peces.

Dentro de este tipo de metodología, los más utilizados son:

- Perímetro mojado
- IFM (Instream flow methodology)
- WRRI (método basado en la cobertura)
- Habitat suitability index model

Los principales inconvenientes que plantean estas metodologías son:

- Sólo son aplicables para especies territoriales.
- La superficie utilizable no siempre es el factor limitante de la densidad de peces.
- Hay factores muy importantes para algunas especies (como las truchas) como son la cobertura, turbulencia, orillas socavadas, vegetación colgante sobre el cauce, refugios, etc. que son muy difíciles de cuantificar y de valorar.
- Hay que conocer las preferencias de cada especie respecto a la profundidad, velocidad del agua y tipo de sustrato (las fácilmente cuantificables) y las zonas de reproducción y alevinaje, cobertura refugios, etc. (difíciles de cuantificar). Estas preferencias tienen rangos muy amplios, varían mucho de una especie a otra y difieren bastante según los investigadores y países.
- Es una metodología laboriosa y difícil de aplicar. La relación costo/beneficio es muy alta.

### ***Métodos que determinan el caudal mínimo a partir del caudal natural***

Fueron los primeros métodos utilizados, tienen la gran ventaja de su sencillez y fácil aplicación.

Entre éstos los más utilizados son:

- Método de Tennant (se basa en un porcentaje del caudal natural)
- Formula de Matews (se basa en el caudal mínimo natural integrado)
- Método de Texas (porcentajes del caudal natural)
- Método del caudal básico (desarrollado en España, se basa en el caudal natural)

Los principales inconvenientes son:

- Demasiado generalistas, no tienen en cuenta las particularidades de cada río.
- Parten de la hipótesis de que el caudal natural es el caudal ideal, lo cual no siempre es cierto.
- Suponen que la media aritmética del caudal anual es un buen descriptor del mismo, lo que sólo es cierto en algunos ríos. En España la distribución anual del caudal es muy asintótica y la media aritmética muy poco representativa;
- Consideran que existe una relación entre el caudal y la biomasa de peces, lo cual no siempre es cierto, e incluso la relación puede ser inversa
- Suponen que el caudal es el factor limitante de la densidad de peces, lo que no suele ser cierto en especial en ríos ciprinícolas.

### ***Método holístico basado en el estudio integral del río***

Este método se basa en el estudio integral del tramo de río afectado por la regulación del caudal, y tiene como objetivos: a) determinar los factores limitantes de la presencia y densidad de los peces, b) prever su evolución con distintos caudales y c) proponer el caudal mínimo más apropiado para disminuir la incidencia de los factores limitantes.

El estudio integral del río se basa en el siguiente plan metodológico:

- 1) Recorrido íntegro del tramo de río afectado por el proyecto. Si es posible el recorrido se realiza con distintos caudales.
- 2) Descripción y valoración ecológica del tramo de río afectado.
- 3) Análisis del caudal natural.
- 4) Estudio de la población de peces (factores limitantes)
- 5) Estudio de la fauna terrestre asociada al medio acuático (nutria, visón, desmán de los Pirineos, rata de agua, culebras, etc.)
- 6) Recopilación y análisis de estudios de ríos de características similares y/o afectados por proyectos semejantes.
- 7) Estudio de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado del río
- 8) Estudio del fitobentos y de la vegetación acuática.
- 9) Análisis de toda la información recopilada y definición de las posibles afecciones sobre el medio acuático y terrestre

- 10) Valoración de las distintas afecciones
- 11) Determinación de los factores limitantes para la población de peces, su origen y sus efectos.
- 12) Definición y justificación del caudal ecológico propuesto, y de las medidas correctoras complementarias más adecuadas.
- 13) Propuesta de las metodologías más apropiadas para confirmar la validez del caudal ecológico y de las medidas correctoras.

### **3.1.2 Metodología aplicada en el estudio**

Para determinar el caudal mínimo recomendable para el tramo de estudio, se ha utilizado el método holístico, descrito en el apartado anterior, algo abreviado (no se han realizado muestreos de peces, invertebrados o fitobentos). Sin embargo se ha evaluado el efecto de la disminución del caudal a partir de la cuantificación de la variación de la superficie de la lámina de agua con tres situaciones de caudal diferentes, lo que ha permitido una buena caracterización del tramo fluvial.

El objetivo que se persigue es establecer el caudal mínimo que asegure un estado de conservación suficiente del ecosistema fluvial. Se considera como estado de conservación suficiente aquel que permite el desarrollo de una comunidad de peces estable como indicadora del estado general del ecosistema .

#### **3.1.2.1 Recopilación de información**

Se ha usado la siguiente información existente:

- Serie de caudales de salida del embalse de Oliana durante el periodo 1990-2001, previo a la entrada en funcionamiento de la presa de Rialb.
- Inventario de peces del río Segre, a partir de la información bibliográfica disponible.

#### **3.1.2.2 Procedimientos de muestreo**

Se realizaron las siguientes tareas:

- Recorrido de todo el tramo desde la presa de Rialb hasta Alós de Balaguer. Se observó la variación de las características morfo-hidrológicas y se identificaron cuatro secciones de estudio representativas del tramo fluvial.

- Toma de medidas del ancho de la lámina de agua a lo largo de las cuatro secciones de río. Además se realizaron dos perfiles batimétricos al principio y final de la sección de estudio, así como medidas puntuales de la velocidad del agua.
- Análisis cualitativo del hábitat en cada sección de estudio y determinación de la presencia de refugios para peces adultos y alevines.
- Identificación de zonas conflictivas a lo largo de la sección de estudio para la comunidad de peces con caudales mínimos.

### 3.1.2.3 Secciones de estudio

La localización de las secciones de estudio se presenta en la figura 3.1.-1. La descripción de sus características se detalla en la tabla siguiente:

| Sección   | Localización (UTM) | Longitud (m) | Descripción  |
|-----------|--------------------|--------------|--|
| Sección 1 | 0350082-4642955    | 68,5         | Situada aguas arriba de Pons. Es una zona de tabla lenta. Sustrato predominante gravas. Vegetación de ribera de porte arbóreo. Sin vegetación acuática.  |
| Sección 2 | 0348987-4642791    | 82           | Situada en las inmediaciones de Pons, a 1 km aguas abajo de la sección 1. Zona de tabla lenta-poza. Sustrato predominante gravas. Vegetación de ribera de porte arbóreo. Sin vegetación acuática.  |
| Sección 3 | 0347681-4642786    | 101          | Se encuentra aguas arriba del azud de Urgel, 1,5 km aguas abajo de la sección 2. Zona de tabla lenta. Sustrato gravas (90%) y bloques (10%). Cauce muy ancho con playas de gravas. Vegetación de ribera escasa. Sin vegetación acuática.   |
| Sección 4 | 0340150-4641790    | 110,4        | Aguas arriba del puente de Alentorn. Zona de poza en el inicio y tabla en el final de la sección. Sustrato limos (inicio) y gravas (final). Cauce muy ancho con playas con vegetación helófitas en la margen derecha y bosque de ribera en la margen izquierda. Islas de vegetación flotante. Sin vegetación acuática. |

Las medidas de la superficie mojada se realizaron los días 13-14 de noviembre, 27 de noviembre y 4 de diciembre de 2001.



## 3.2 RESULTADOS

### 3.2.1 Análisis de caudales

El tramo de río Segre donde se encuentra la presa de Rialb, está regulado desde 1959 por el embalse de Oliana (101 hm<sup>3</sup> de capacidad). El régimen de caudales analizado corresponde a las salidas del embalse de Oliana.

El caudal medio mensual para el periodo indicado presenta una evolución que sigue la del régimen natural, con los valores máximos en primavera (deshielo) y los valores bajos en verano. Esto es porque el embalse de Oliana tiene poca capacidad de regulación (es un embalse que presenta una fluctuación de cota importante y un tiempo de residencia moderado-bajo, de 1-2 meses). El caudal de compensación de Oliana es de 4,8 m<sup>3</sup>/s (éste incluye la demanda de la piscifactoría situada bajo la presa).

El análisis de frecuencias de diferentes rangos de caudal muestra que los caudales diarios más frecuentes varían entre 10 y 20 m<sup>3</sup>/s (figura 3.2.-1) y de éstos el valor más frecuente es 7 m<sup>3</sup>/s.

Para conocer que caudales mínimos se dan en el tramo se ha analizado la estadística de las estaciones de aforo de Seo de Urgel (EA-23), Pons (EA-114) y Alós de Balaguer (EA-104) (para los datos disponibles), la cual se resume en el siguiente cuadro:

|                  | Seo de Urgel | Pons        | Alós de Balaguer |
|------------------|--------------|-------------|------------------|
| Periodo datos    | 1912 - 1999  | 1946 - 1983 | 1944 - 1983      |
| Q <sub>270</sub> | 5,31         | 17,73       | 5,3              |
| Q <sub>355</sub> | 1,39         | 6,84        | 1,01             |

El caudal Q<sub>355</sub> (igualado o superado en 355 días al año) es de 6,84 m<sup>3</sup>/s en Pons y de 1 m<sup>3</sup>/s en Alós de Balaguer al final del tramo.

En vista de estos resultados se ha planeado evaluar las características del río para los siguientes caudales: 2 m<sup>3</sup>/s, 3,5 m<sup>3</sup>/s y 7 m<sup>3</sup>/s.

### **3.2.2 Descripción de la comunidad de peces**

El tramo medio del río Segre es ciprinícola según la comunidad de peces que lo habita. Las especies potencialmente presentes son:

- Barbo de Graells (*Barbus graellsii*)
- Bermejuela (*Chondrostoma arcasii*)
- Madrilla (*Chondrostoma miegii*)
- Carpa (*Cyprinus carpio*)
- Gobio (*Gobio gobio*)
- Gardí (*Scardinius erythrophthalmus*)
- Bagre (*Squalius cephalus*)
- Lobo de río (*Barbatula barbatula*)
- Fraile (*Salaria fluviatilis*)
- Perca americana (*Micropterus salmoides*)

En el tramo entre la presa de Rialb y Alós de Balaguer, las especies más representativas, de acuerdo con las características hidro-morfológicas y del régimen de temperatura del agua, son:

- Barbo de Graells (*Barbus graellsii*)
- Carpa (*Cyprinus carpio*)
- Bagre (*Squalius cephalus*)
- Lobo de río (*Barbatula barbatula*)
- Fraile (*Salaria fluviatilis*)

Entre estas especies el lobo de río y el fraile (blenio) son especies protegidas. El fraile está catalogada como especie en peligro en el libro Rojo de los Vertebrados de España (1992) e incluida en el catálogo de las especies protegidas de fauna salvaje autóctona de Catalunya (Ley 3/88). El lobo de río está catalogado como especie vulnerable (Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, Real Decreto 439/90).

El fraile presenta una población estable y abundante en el tramo fluvial situado inmediatamente bajo la presa de Rialb (es probable que también exista el lobo de río). La presencia de estas especies es indicadora de aguas de buena calidad. En el resto del tramo su frecuencia debe ser menor.

El barbo y la carpa son especies características de tramos de río de aguas lentas y con numerosas balsas o pozas. El barbo aprecia la existencia de refugios, sin que su presencia seas determinante, y la carpa es más indiferente. La presencia de ambas especies se supone muy abundante en todo

el tramo. El bagre se suele localizar en tramos con corriente y aguas claras, aunque también se puede encontrar en pozas; en el tramo fluvial el bagre se supone menos abundante que la carpa y el barbo (excepto en el subtramo inicial bajo la presa y hasta aguas arriba de Pons, que es el más apropiado para esta especie).

El tramo inicial, situado bajo la presa de Rialb, será potencialmente idóneo para las truchas cuando se viertan aguas frías y oxigenadas (válvula de chorro hueco) procedentes del fondo del embalse. Sin embargo la presencia de truchas podría afectar gravemente a la población de fraile y de lobo de río.

### 3.2.3 Descripción del tramo fluvial: Presa de Rialb -Alós de Balaguer

El río Segre entre la presa de Rialb y Alós de Balaguer (figura 3.1.-1) tiene una longitud aproximada de 34 km. Este recorrido se ha subdividido en tres tramos:

- Tramo 1. Desde la presa de Rialb hasta las inmediaciones de Pons
- Tramo 2. Desde aguas arriba de Pons hasta el azud del canal de Urgel.
- Tramo 3. Desde el azud del canal de Urgel hasta aguas abajo de Alós de Balaguer.

Las características de cada tramo se recogen en el cuadro adjunto.

|         | <b>Longitud</b> | <b>Pendiente</b> | <b>Pozas</b> |
|---------|-----------------|------------------|--------------|
| Tramo 1 | 2 km            | 1-2%             | 40%          |
| Tramo 2 | 4 km            | 0,36%            | 70%          |
| Tramo 3 | 28 km           | 0,23%            | 90%          |

Se observa que el porcentaje de pozas sobre el recorrido total del tramo aumenta a medida que disminuye la pendiente, tal como cabe esperar. En general, sólo hay rápidos en el primer tramo. En el resto (tramos 2 y 3) las pozas están conectadas entre sí a través de tablas, en la mayoría de los casos poco profundas, y de poca longitud.

El tipo de sustrato dominante son cantos rodados de 5 a 30 cm de diámetro, piedras de mayor tamaño y afloraciones roca madre.

### ***Tramo 1: Presa de Rialb - inmediaciones de Pons***

- El caudal vertido por la presa de Rialb discurre por un cauce semi-canalizado de aproximadamente un 1 km de longitud, hasta la cola del azud de derivación de las centrales hidroeléctricas de Pons (ver láminas 6 y 7). En la zona más cercana a la presa existen diques de piedras que limitan pozas y zonas más someras que deben su origen a los trabajos de canalización del tramo. Estas pozas y especialmente las zonas someras constituyen trampas para los peces, en caso de disminución brusca del caudal. En este año se ha producido algún incidente que ha afectado a la población de fraile (*Salaria fluviatilis*) que es abundante en la zona.
- El azud de la C.H. de Pons se localiza en la margen izquierda del río y del mismo sale un canal (lámina 8) que conecta con las dos centrales existentes (la primera tiene una capacidad de turbinación máxima de 7 m<sup>3</sup>/s y la segunda de 16 m<sup>3</sup>/s). En este tramo el sustrato mayoritario es roca madre, fácilmente apreciable desde el puente de la carretera BV-1412 en Gualter (ver lámina 14). El río se divide en dos brazos separados por una isla, el bosque de ribera es lineal y la cobertura es elevada (lámina 9). En este tramo el río puede ver disminuido el caudal por la detracción del azud.

### ***Tramo 2: Pons - azud del canal de Urgel***

- Aguas arriba de Pons, empieza un tramo de 1,5 km de longitud, en el que el canal fluvial es ancho (más de 80 metros) y rectilíneo, aunque la lámina de agua discurre en zig-zag, con pozas y algunas tablas. La margen izquierda del cauce está reforzada con una mota de bloques. El sustrato predominante es pedregoso. En la margen izquierda hay el vertido de la piscifactoría de Pons. En este sector se encuentra la **sección de estudio nº1** (lámina 15).
- El siguiente tramo, de unos 2 km de longitud, se caracteriza por la abundancia de tablas y rápidos de creación artificial (zona recreativa con estadio para aguas bravas) (lámina 10). El cauce continua siendo ancho y mantiene la mota de bloques en la margen izquierda. El sustrato predominante es pedregoso con algunos bloques. Existe actividad agrícola bordeando el río y alguna chopera. Se mantiene bosque de ribera en la margen derecha. Al final de este tramo, se localiza la **sección de estudio nº 2** (lámina 16).
- El siguiente tramo, de 1 km de longitud aproximada, se caracteriza por su linealidad y por el carácter agrícola de la cuenca (cultivos y choperas, sin bosque de ribera). El canal fluvial se encuentra en una llanura abierta (cauce de más de 100 m de ancho) y la lámina de agua

discurre en zig-zag, alternando pozas con tablas lentas, y en algún caso rápidas. El hábitat dominante lo forman pozas de más de 100 m de longitud y el sustrato es pedregoso. El tramo termina en la cola del azud del canal de Urgel. En este tramo se localiza la **sección de estudio nº 3** (lámina 17).

### ***Tramo 3: Azud del canal de Urgel - Alós de Balaguer***

- El azud del canal de Urgel genera una zona de embalse de aproximadamente 1 km de longitud, con aguas lentas y de profundidad creciente (lámina 11). La cuenca continua siendo agrícola y con alguna chopera. El canal de Urgel (unos 30 m<sup>3</sup>/s de capacidad) sale por su margen izquierda, retrocede aguas arriba para luego atravesar la montaña y discurrir paralelamente al lecho del río aguas abajo.
- Aguas abajo del azud del canal de Urgel empieza un tramo de unos 6 km de longitud caracterizado por discurrir encajonado entre montañas. El sustrato pasa a ser de roca madre, y el río se caracteriza por presentar abundantes pozas relativamente profundas (1 m) y tablas lentas muy escasas.
- A continuación el cauce se ensancha y discurre durante unos 12 km por una zona plana y abierta hasta Artesa de Segre (lámina 19). El río presenta numerosas pozas conectadas por tablas rápidas, de pequeña longitud. El sustrato dominante son limos en las pozas y piedras en los rápidos. En la primera mitad del tramo, bajo el puente de Alentorn se localiza la **sección de estudio nº 4** (lámina 18). La cuenca es agrícola y el río recibe el vertido de Artesa de Segre por la margen izquierda. Bajo el puente de la carretera de Artesa a Alós de Balaguer, se observó una gran densidad de peces en reposo en las pozas existentes (lámina 12). Esta concentración de peces pudo verse afectada por unos trabajos de explanación bajo el puente que se realizaron el 4 de diciembre, y que generaron el enturbiamiento del agua y la creación de una pluma de sólidos en suspensión (el caudal del río era de 2 m<sup>3</sup>/s) (lámina 13).
- Finalmente, el tramo de Artesa de Segre a Alós de Balaguer (unos 8 km) se caracteriza por ser más encajonado y sinuoso. El sustrato alterna entre piedras y roca madre; la morfometría del río varía entre tablas y pozas con predominio absoluto de éstas últimas. La cola del embalse de Sant Llorenç Montgay alcanza hasta unos 2,5 km aguas abajo de Alós de Balaguer.

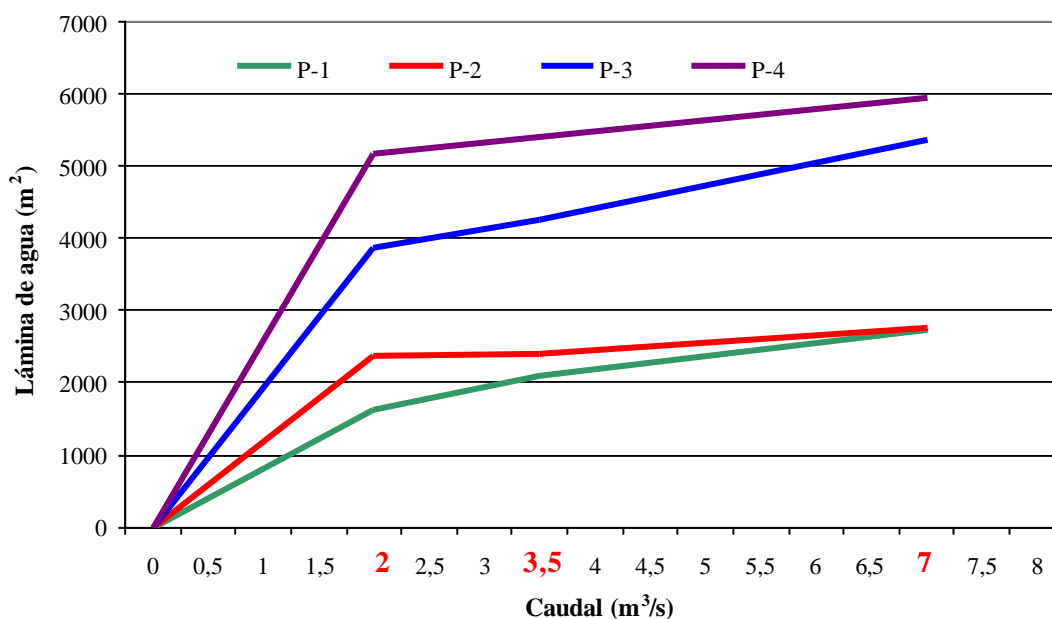
### 3.2.4 Variación de la lámina de agua según el caudal

Se realizaron tres campañas de medición de la lámina de agua según el siguiente plan:

|                             |          | Caudal | 2 m <sup>3</sup> /s | 3,5 m <sup>3</sup> /s | 7 m <sup>3</sup> /s |
|-----------------------------|----------|--------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                             |          | Fecha  | 4/12/01             | 13-14/11/01           | 27/11/01            |
| <b>Secciones de estudio</b> | <b>1</b> |        | ✓                   | ✓                     | ✓                   |
|                             | <b>2</b> |        | ✓                   | ✓                     | ✓                   |
|                             | <b>3</b> |        | ✓                   | ✓                     | ✓                   |
|                             | <b>4</b> |        | ✓                   | -                     | ✓                   |

La superficie de la lámina de agua para los diferentes caudales se utiliza como un indicador de la superficie útil (o colonizable) del río para los peces. En las figura 3.2.-2 se representa la variación del ancho de la lámina de agua a lo largo de las secciones de estudio, para los caudales estudiados. También se efectuaron transectos batimétricos en el inicio y final de cada sección, los cuales se muestran en la figura 3.2.-3.

La variación de la superficie de la lámina de agua, en las secciones de estudio, presenta la siguiente tendencia:

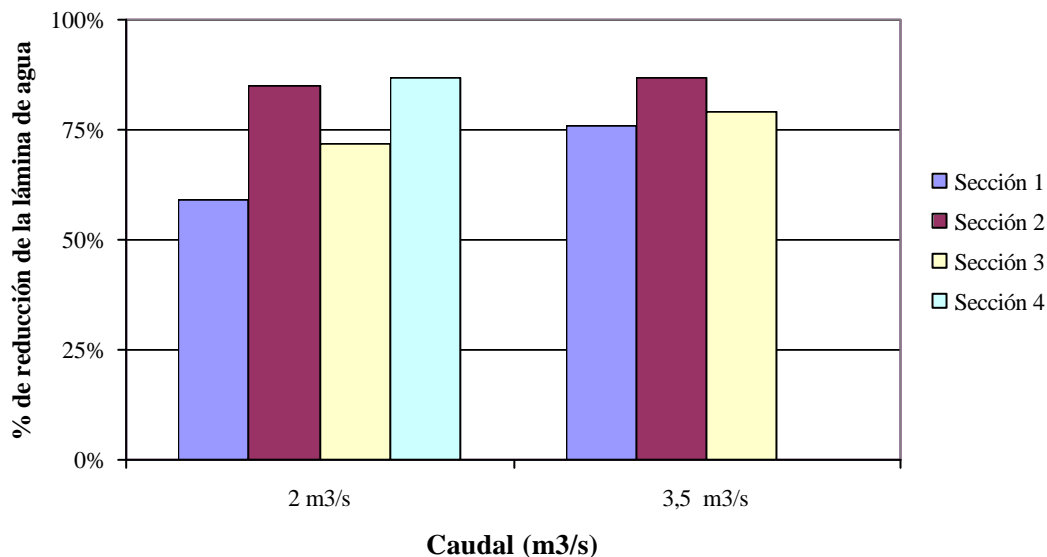


Se observa lo siguiente:

- La sección de estudio 1 es la que muestra el mayor incremento de la lámina de agua entre los caudales de 2 y 3,5 m<sup>3</sup>/s, y entre 3,5 y 7 m<sup>3</sup>/s.
- Las secciones 2 y 3 presentan incrementos en general moderados (bajos entre 2 y 3,5 m<sup>3</sup>/s para la n°2 y más alto entre 3,5 y 7 m<sup>3</sup>/s para la n° 3).
- La sección 4 es la que presenta el menor incremento.

El caudal más frecuente (según los datos de 1990 a 2001) es de 7 m<sup>3</sup>/s, por lo que se puede considerar (a efectos metodológicos) como el caudal base para determinar la evolución porcentual de la superficie mojada con caudales inferiores. Se observa que:

- Para 3,5 m<sup>3</sup>/s (50% de 7 m<sup>3</sup>/s ) la reducción de la lámina de agua es inferior al 20% en todas las secciones excepto en la n°1 (24%).
- Para 2 m<sup>3</sup>/s (28% de 7 m<sup>3</sup>/s) la reducción de la lámina de agua es inferior al 20% en las secciones n° 2 y 4, inferior al 30% en la sección n°3 y de hasta 41% en la sección n°1.



La reducción más elevada de la lámina de agua se produce en la sección 1, lo que se explica por las características morfométricas (canal encajonado) y mayor pendiente del tramo.

Las láminas 14 a 19 visualizan los cambios de la lámina mojada en las secciones de estudio y en zonas representativas del tramo fluvial. Obsérvese que las diferencias visuales son escasas en algunos tramos para los caudales de 2 y 3,5 m<sup>3</sup>/s.

### **3.2.5 Análisis cualitativo del hábitat**

Adicionalmente a las medidas de la lámina de agua se realizó una valoración cualitativa del hábitat en cada sección de estudio y para cada caudal. Ésta presenta los siguientes resultados:

#### ***Caudal de 2 m<sup>3</sup>/s***

- Las secciones 2 y 3 se califican como “deficientes” para el caudal de 2 m<sup>3</sup>/s, ya que se produce una disminución considerable de los sitios de refugio en las orillas verticales, bloques en el cauce y raíces descubiertas de árboles de ribera, y aparecen tablas muy someras con piedras (menos de 5 cm de columna de agua) que pueden dificultar el tránsito de ejemplares de peces adultos aguas arriba de la corriente.
- En la sección 1 los refugios y la diversidad de hábitats continua siendo alta, pero quedan algunas balsas aisladas de la corriente principal, lo que se considera deficiente.

#### ***Caudal de 3,5 m<sup>3</sup>/s***

Son “aceptables” las tres secciones estudiadas (1, 2 y 3) para el caudal de 3,5 m<sup>3</sup>/s, dada la presencia de refugios para ejemplares adultos, la inundación de las riberas someras con vegetación helófitas (refugio de alevines) y la inmersión de las raíces de la vegetación de ribera. No se detectó la presencia de tablas rápidas muy someras.

#### ***Caudal de 7 m<sup>3</sup>/s***

Son “aceptables” las cuatro secciones estudiadas (1, 2, 3, y 4) para el caudal de 7 m<sup>3</sup>/s por la presencia de refugios para adultos, vegetación helófitas sumergida como refugio para alevines. No se detectó la presencia de tablas rápidas muy someras. Las diferencias de calidad y cantidad de hábitats con 7 y 3,5 m<sup>3</sup>/s fueron muy difíciles de apreciar.



### 3.3 DETERMINACIÓN DE FACTORES LIMITANTES PARA LA POBLACIÓN DE PECES DEL TRAMO FLUVIAL

En general, los factores medioambientales más importantes que regulan las poblaciones de peces son:

- Temperatura
- Velocidad del agua
- Superficie colonizable (hábitat)
- Calidad del hábitat
- Anoxia (falta de oxígeno)
- Áreas de reproducción
- Áreas de alevinaje
- Alimento
- Movilidad
- Depredadores

Desde el punto de vista de la población de peces, el tramo de estudio se ha dividido en dos tramos, entre la presa de Rialb y el Azud de Pons y el resto del río. A continuación se analiza la importancia de estos factores medioambientales limitantes para los peces, y su relación con los caudales estudiados.

#### ***Presa de Rialb - aguas arriba de Pons***

La población de peces más interesante es la formada por el fraile, el lobo de río y probablemente el bagre. La presencia de barbos y carpas se debe restringir al pequeño embalse formado por el azud de Pons y ocasionalmente al resto del tramo. A continuación se comenta la importancia de los factores limitantes para estas especies.

#### **Temperatura**

La temperatura del agua en este subtramo será, durante el verano, más fría de lo normal por provenir del fondo del embalse de Rialb. Esta menor temperatura estival sólo afectará a barbos y carpas, cuya densidad se supone muy baja, las demás especies no se verán afectadas.

## Velocidad del agua

El tramo presenta aguas corrientes y las especies que lo habitan también lo son.

## Superficie colonizable (hábitat)

Ésta actúa como factor limitante cuando las especies de peces presentes son territoriales (como los salmónidos); para las especies de instintos gregarios o indiferentes, la superficie colonizable no suele ser el factor limitante, ya que antes actúan otros factores limitantes como la cantidad de alimento disponible.

## Calidad del hábitat

Las especies presentes no son exigentes en relación a la calidad del hábitat (refugios, obstáculos, etc.). Sólo precisan fondos arenosos o pedregosos como los que forman la mayor parte de este subtramo.

## Anoxia (falta de oxígeno)

No hay pozas lo suficientemente grandes y profundas en las que se pueda producir anoxia. Los vertidos de fondo de la presa pueden ser anóxicos en verano, si no se usa válvula de chorro hueco.

## Áreas de reproducción

El fraile deposita los huevos sobre piedras y el lobo de río sobre vegetación acuática o sobre fondos de arenas y gravas. La escasez de zonas idóneas para la reproducción compromete el éxito reproductivo a medio plazo y puede ser la causa de su desaparición en el tramo.

## Áreas de alevinaje

Son las zonas más someras de las orillas. Estas zonas son escasas en la primera mitad del tramo y más abundantes en el resto, por lo que no se cree que actúen como factores limitantes de la población, aunque disminuya la superficie mojada.

## Alimento

Las especies presentes son de alimentación generalista basada en los invertebrados bentónicos, vegetación, insectos terrestres, etc. La biomasa del zoobentos suele aumentar con la estabilidad del caudal, por lo que la variación brusca de éste puede influir negativamente sobre este recurso.

## Movilidad

Con caudales muy bajos la movilidad de los peces puede verse afectada. Esto puede tener importancia cuando las áreas de reproducción se encuentran muy alejadas de las áreas utilizadas normalmente. En este caso concreto, las áreas reproductivas se encuentran en el mismo tramo, por lo cual no es necesario realizar desplazamientos específicos.

## Depredadores

No hay depredadores importantes (lucios o perca americana) que puedan afectar a la población de peces.

## *Azud de Pons -Alós de Balaguer*

La población de peces debe estar formada principalmente por barbos y carpas; la densidad de bagres debe ser menor debido a que esta especie prefiere las aguas corrientes a los remansos y pozas; la presencia del fraile y del lobo de río, en caso de encontrarse, debe ser muy escasa y restringida a algunas de las pocas zonas pedregosas con corriente (rápidos y tablas).

El barbo y la carpa son dos especies de amplia distribución muy adaptables a todo tipo de biótopos.

## Temperatura

Las especies presentes son de aguas templadas. En verano, el agua vertida por la presa será más fría de lo normal por provenir del fondo del embalse, pero se irá templando a lo largo del recorrido fluvial. Con caudales bajos se alcanzará antes la temperatura propia de esta latitud, que es la idónea para estas especies.

## Velocidad del agua

Las especies presentes son de aguas lentas, por lo que los caudales altos durante el verano pueden limitar su densidad y distribución.

## Superficie colonizable (hábitat)

Para los ciprínidos que cuentan con especies no territoriales (como los salmónidos), la superficie colonizable no suele ser el factor limitante, ya que antes actúan otros factores limitantes como la cantidad de alimento disponible.

## Calidad del hábitat

Sólo el barbo tiene alguna exigencia relativa a la calidad del hábitat (refugios, obstáculos, etc.), aunque este factor no tiene suficiente importancia como para limitar su presencia en el tramo.

## Anoxia (falta de oxígeno)

En las grandes pozas existe la posibilidad de que se produzca un agotamiento del oxígeno en el agua del fondo por degradación de la materia orgánica, si el tiempo de permanencia del agua es suficientemente grande (varios días) y no hay viento.

El volumen aproximado de las pozas en el tramo varía entre 200 y 5.000 m<sup>3</sup>. Con este volumen y para los caudales estudiados, la tasa de renovación del agua es de 2 a 40 minutos, lo que impedirá el agotamiento de oxígeno.

## Áreas de reproducción

El barbo deposita los huevos sobre arenas y gravas, para lo cual suele remontar los afluentes o la corriente principal, en este caso las mejores zonas de reproducción se encuentran en el tramo inicial (bajo la presa) y en los afluentes. La escasez de zonas idóneas para la puesta en el tramo fluvial o su inaccesibilidad pueden ser factores limitantes para la población de barbos.

La carpa deposita sus huevos en las pozas, sobre la vegetación acuática o sobre las piedras. Debido a que las pozas son muy numerosas en todo el tramo, no se considera un factor limitante.

## Áreas de alevinaje

Son las zonas más someras de las orillas. Estas zonas son muy abundantes en todo el tramo.

## Alimento

La carpa se alimenta de los invertebrados bentónicos que viven en el sedimento del fondo de las pozas y de la vegetación acuática, el barbo de todo tipo de invertebrados bentónicos. Este tipo de alimento se ve favorecido con un caudal estable, cualquiera que este sea; no está relacionado directamente con el caudal.

## Movilidad

Con caudales muy bajos la movilidad de los peces puede verse afectada. Esto puede tener importancia cuando las áreas de reproducción se encuentran muy alejadas de las áreas utilizadas

normalmente. En este caso concreto, los barbos tenderán a remontar el río principal hacia la presa de Rialb, donde se encuentran las mejores áreas de freza, o bien remontar las afluentes con caudal estable (esta posibilidad no se ha evaluado pero con excepción del río Llobregós no hay afluentes de importancia en el tramo). Puede ser un factor limitante de cierta importancia.

## Depredadores

No hay depredadores importantes (lucios o perca americana) que puedan afectar a la población de peces. No es el factor limitante de la población.

### **3.4 DEFINICIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO**

En este apartado se identifican los factores medioambientales, comentados en el párrafo anterior, que actúan o pueden actuar como factores limitantes, y a continuación se define el caudal ecológico más apropiado para evitar su acción limitante.

#### **3.4.1 Presa de Rialb - Azud de Pons**

##### *Factores limitantes*

En este tramo el factor limitante para los peces no es la superficie útil (o área mojada) ya que la disponibilidad de alimento se presume alta (perifiton e invertebrados acuáticos abundantes), y hay una buena diversidad de hábitats.

El factor limitante está relacionado con la oscilación del caudal, de forma que pueden quedarse zonas desconectadas de la corriente principal cuando el caudal baja, y producirse arrastre de ejemplares cuando sube. Asimismo, se producirán pérdidas de las puestas lo que disminuirá la potencialidad de la población.

Finalmente, la repoblación de este tramo con truchas, lo que es teóricamente posible por la disminución de la temperatura del agua durante el verano, podría tener un efecto negativo sobre estas especies, al actuar como depredadores.

##### *Caudal mínimo*

- Se recomienda que el caudal esté comprendido como mínimo entre 2 y 3 m<sup>3</sup>/s (puede ser más bajo en invierno y mayor en verano). Con esta gama de caudales se asegura una superficie útil (hábitats) suficientemente grande como para asegurar la continuidad de las

especies de peces presentes en el tramo, también se asegura la producción de suficiente cantidad de alimento para mantener su densidad.

- Se desaconseja la fluctuación brusca del caudal. La disminución del caudal se producirá paulatinamente para evitar que queden peces atrapados en zonas desconectadas de la corriente principal.
- En la época de reproducción (primavera) sería deseable limitar la fluctuación del caudal en lo posible, dentro de las posibilidades de la gestión del embalse. Sería recomendable realizar un estudio específico sobre los periodos y condiciones de la freza de las especies presentes en el tramo para intentar minimizar los posibles impactos.
- La zona situada inmediatamente aguas abajo de la presa está formada, principalmente, por materiales sueltos muy móviles (arenas y gravas) y sería recomendable remodelarla para limitar los problemas que se producen con las subidas y bajadas del caudal, y que pueden ser muy perjudiciales para la población de peces.

### **3.4.2 Azud de Pons -Alós de Balaquer**

#### ***Factores limitantes***

La carpa es una especie generalista de amplia distribución, en este tramo el factor limitante es el espacio útil y la cantidad de alimento. De acuerdo con los resultados del análisis efectuado, la disminución del área útil es porcentualmente muy pequeña con los caudales estudiados (ver apartado 3.2.4). La disminución del alimento es casi imperceptible, debido a que la mayor parte se encuentra en las pozas, muy numerosas y muy poco relacionadas con el caudal. Cualquier caudal que asegure la continuidad de la corriente de agua sería suficiente para el mantenimiento de esta especie.

El barbo también es una especie muy adaptable, poco exigente en relación al hábitat y con un amplio rango de espectro alimenticio. El principal factor limitante en este tramo puede ser la escasez de zonas aptas para la reproducción y la dificultad de acceso. La presencia del azud de derivación del canal de Urgel y la propia presa de Rialb suponen obstáculos insalvables que fraccionan el río en tramos aislados. Las mejores zonas de reproducción se encuentran inmediatamente bajo la presa de Rialb, donde posiblemente se acumularán los barbos cuando realicen la migración reproductora en primavera.

## *Caudal mínimo*

- Para las carpas cualquier caudal superior a 2 m<sup>3</sup>/s se considera suficiente para asegurar una superficie útil que permita la presencia de esta especie y el éxito reproductivo.
- Para el barbo el caudal mínimo debería ser igual o superior a 3 m<sup>3</sup>/s durante la época reproductora para asegurar la movilidad y accesibilidad a las zonas reproductoras (en el tramo superior o en afluentes).

Apéndice 1  
**Tablas**



Tabla 2. 3. -1

**EMBALSE DE RIALB**  
**RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO (MARZO, 2001)**

|                          | Unid. | Embalse |       |       |       | Riv.Salada | Segre | Rialb | Emisario |
|--------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|----------|
|                          |       | R-1 S   | R-1F  | R-2S  | R-2F  | R-3        | R-4   | R-5   | R-6      |
| Profundidad              | m     | S       | 48    | S     | 30    | S          | S     | S     | S        |
| Temperatura              | °C    | 11,4    | 8,1   | 12,4  | 9,2   | 13,4       | 10,4  | 13,2  | 9,5      |
| Conductividad            | μS/cm | 285     | 299   | 273   | 277   | 396        | 230   | 411   | 288      |
| Turbidez                 | ntu   | 1,4     | 1,5   | 0,2   | 8,4   | 0          | 13,5  | 0     | 6,9      |
| Sólidos en suspensión    | mg/L  | 4,4     | 26,6  | 1,9   | 11,7  | 1,7        | 7,3   | 1,4   | 5,5      |
| Prof. disco de Secchi    | m     | 1,5     |       | 2,9   |       |            |       |       |          |
| pH                       | und.  | 8,8     | 8,1   | 8,4   | 8,2   | 8,7        | 8,5   | 8,6   | 8,8      |
| Alcalinidad              | meq/L | 2,1     | 2,2   | 2,0   | 2,1   | 3,0        | 1,7   | 3,9   | 2,1      |
| Calcio                   | mg/L  | 47,3    | 51,3  | 46,5  | 49,7  | 56,1       | 28,1  | 73,7  | 48,9     |
| Nitrito                  | mg/L  | 0,036   | 0,018 | 0,021 | 0,029 | 0,004      | 0,019 | 0,027 | 0,034    |
| Nitrato                  | mg/L  | 2,6     | 3,3   | 3,1   | 3,3   | 4,5        | 2,5   | 2,4   | 2,8      |
| Amonio                   | mg/L  | 0,05    | 0,05  | 0,15  | 0,15  | 0,05       | 0,08  | 0,05  | 0,05     |
| Fósforo total            | mg/L  | 0,084   | 0,055 | 0,048 | 0,086 | 0,017      | 0,064 | 0,018 | 0,039    |
| Fosfato disuelto (P-PO4) | mg/L  | 0,013   | 0,008 | 0,015 | 0,017 | 0,007      | 0,014 | 0,002 | 0,005    |
| Oxígeno disuelto         | mg/L  | 11,8    | 8,3   | 9,3   | 8,5   | 9,6        | 11,1  | 9,7   | 13,0     |
| Hierro                   | mg/L  | 0,07    | 0,08  | 0,04  | 0,19  | <0,02      | 0,02  | <0,02 | 0,04     |
| Manganeso                | mg/L  | <0,02   | <0,02 | <0,02 | 0,02  | <0,02      | <0,02 | <0,02 | <0,02    |
| Cobre total              | mg/L  |         | <0,05 |       |       |            | <0,05 |       | <0,05    |
| Cobre disuelto           | mg/L  |         | <0,05 |       |       |            | <0,05 |       | <0,05    |
| Cinc total               | mg/L  |         | <0,05 |       |       |            | <0,05 |       | <0,05    |

Tabla 2. 3. -2

**EMBALSE DE RIALB**  
**RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO (JUNIO, 2001)**

|                       | Unid. | Embalse |         |        |      | Riv.Salada | Segre  | Rialb   | Emisario |
|-----------------------|-------|---------|---------|--------|------|------------|--------|---------|----------|
|                       |       | R-1 S   | R-1F    | R-2S   | R-2F | R-3        | R-4    | R-5     | R-6      |
| Profundidad           | m     | S       | 48      | S      | 25   | S          | S      | S       | S        |
| Temperatura           | °C    | 22,2    | 13,1    | 23,2   | 14,5 | 22,2       | 15,7   | 21,2    | 15,0     |
| Conductividad         | μS/cm | 260     | 231     | 255    | 215  | 406        | 176    | 380     | 235      |
| Turbidez              | ntu   | 1,3     | 4,9     | 5,8    | 9,2  | 2          | 3,8    | 0,6     | 5,1      |
| Sólidos en suspensión | mg/L  | <3      |         | 4      |      | <3         | 3      | <3      | <3       |
| Prof. disco de Secchi | m     | 3,86    |         | 2,82   |      |            |        |         |          |
| pH                    | und.  | 8,9     | 7,6     | 8,9    | 7,6  | 8,4        | 8,1    | 8,2     | 8,8      |
| Alcalinidad           | meq/L | 2,0     |         | 1,9    |      | 2,8        | 1,3    | 3,5     | 1,7      |
| Calcio                | mg/L  | 41,1    |         | 40     |      | 51,1       | 27,5   | 65      | 37       |
| Nitrito               | mg/L  | N.A.    |         | N.A.   |      | N.A.       | N.A.   | N.A.    | N.A.     |
| Nitrato               | mg/L  | 1,8     |         | 1,5    |      | 2,5        | 2,3    | 1,9     | 3        |
| Amonio                | mg/L  | <0,13   |         | <0,13  |      | <0,13      | <0,13  | 0,204   | <0,13    |
| Fósforo total         | mg/L  | <0,09   |         | <0,09  |      | <0,09      | <0,09  | <0,09   | 0,24     |
| Fosfato disuelto      | mg/L  | <0,05   |         | <0,05  |      | <0,05      | 0,11   | <0,05   | 0,08     |
| Oxígeno disuelto      | mg/L  | 10,5    | 3,9     | 10,1   | 5,3  | 8,5        | 10,8   | 8,9     | 13,5     |
| Hierro                | mg/L  | 0,03    | 0,86    | 0,03   |      | <0,03      | 0,03   | 0,03    | 0,04     |
| Manganeso             | mg/L  | 0,0114  | 0,511   | 0,009  |      | 0,0016     | 0,009  | 0,002   | 0,002    |
| Cobre total           | mg/L  | 0,0006  | <0,0005 | 0,0005 |      | <0,0005    | 0,0005 | <0,0005 | 0,0      |
| Cinc total            | mg/L  | N.A.    | N.A.    | N.A.   |      | N.A.       | N.A.   | N.A.    | N.A.     |

N.A. es no analizado

Tabla 2. 3. -3

**EMBALSE DE RIALB**

**RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO (AGOSTO, 2001)**

|                       | Unid. | Embalse |        |        |        | Riv.Salada | Segre  | Rialb  | Emisario |
|-----------------------|-------|---------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|----------|
|                       |       | R-1 S   | R-1F   | R-2S   | R-2F   | R-3        | R-4    | R-5    | R-6      |
| Profundidad           | m     | S       | 32     | S      | 16     | S          | S      | S      | S        |
| Temperatura           | °C    | 26,0    | 16,3   | 26,0   | 22,1   | 24,2       | 21,4   | 23,7   | 23,4     |
| Conductividad         | µS/cm | 224     | 323    | 232    | 322    | 498        | 310    | 331    | 277      |
| Turbidez              | ntu   | 8,7     | 424    | 10,1   | 119,7  | 10,2       | 13     | 11,4   | 21,5     |
| Sólidos en suspensión | mg/L  | <3      | 105    | <3     | 57     | <3         | <3     | <3     | 6        |
| Prof. disco de Secchi | m     | 3,3     |        | 1,15   |        |            |        |        |          |
| pH                    | und.  | 8,7     | 7,5    | 8,7    | 8,0    | 8,2        | 7,7    | 8,0    | 8,3      |
| Alcalinidad           | meq/L | 1,6     | 2,7    | 1,6    | 2,2    | 3,2        | 2,2    | 3,2    | 2,0      |
| Calcio                | mg/L  | 33,2    | 46,4   | 34,5   | 49,8   | 57,8       | 47,2   | 55     | 41,7     |
| Nitrito               | mg/L  | 0,028   | 0,251  | 0,035  | 0,117  | <0,020     | 0,136  | 0,101  | 0,06     |
| Nitrato               | mg/L  | <1      | <1     | 1,1    | 8,0    | 3,2        | 3,5    | 2,8    | 3,5      |
| Amonio                | mg/L  | <0,13   | 2,36   | <0,13  | 0,18   | 0,13       | 0,21   | 0,38   | <0,13    |
| Fósforo total         | mg/L  | <0,09   | 0,66   | <0,09  | 0,12   | <0,09      | <0,09  | <0,09  | <0,09    |
| Fosfato disuelto      | mg/L  | <0,05   | 0,07   | <0,05  | 0,08   | <0,05      | 0,1    | 0,1    | 0,05     |
| Oxígeno disuelto      | mg/L  | 8,2     | 0      | 8,4    | 6,2    | 7,9        | 7,3    | 7,5    | 9,8      |
| Hierro                | mg/L  | 0,03    | 5,3    | 0,03   | 0,33   | 0,05       | 0,04   | <0,03  | 0,05     |
| Manganeso             | mg/L  | 0,0355  | 1,66   | 0,0047 | 0,0718 | 0,0135     | 0,0178 | 0,0016 | 0,028    |
| Cobre total           | mg/L  | <0,0005 | 0,0022 |        |        |            | 0,0005 |        | 0,0011   |
| Cinc total            | mg/L  | 0,033   | 0,061  |        |        |            | 0,035  |        | 0,044    |

Tabla 2. 3. -4

**EMBALSE DE RIALB**

**RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO (NOVIEMBRE, 2001)**

|                       | Unid. | Embalse |       |       |       | Riv.Salada | Segre | Rialb | Emisario |
|-----------------------|-------|---------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|----------|
|                       |       | R-1 S   | R-1F  | R-2S  | R-2F  | R-3        | R-4   | R-5   | R-6      |
| Profundidad           | m     | S       | 16    | S     | 7     | S          | S     | S     | S        |
| Temperatura           | °C    | 9,60    | 8,72  | 10,05 | 9,96  | 9,60       | 9,72  | 8,03  | 9,56     |
| Conductividad         | μS/cm | 379     | 380   | 378   | 376   | 537        | 394   | 377   | 395      |
| Turbidez              | ntu   | 1,8     | 52    | 7     | 12    | 0,2        | 3,5   | 0,7   | 4,6      |
| Sólidos en suspensión | mg/L  | 5,6     | 10,4  | 7,9   | 5,6   | 0,1        | 3,6   | 1,9   | 7        |
| Prof. disco de Secchi | m     | 1,53    |       | 1,07  |       |            |       |       |          |
| pH                    | und.  | 8,8     | 8,1   | 8,2   | 8,3   | 8,2        | 7,9   | 7,8   | 8,3      |
| Alcalinidad           | meq/L | 2,52    | 2,58  | 2,58  | 2,58  | 2,88       | 2,52  | 3,50  | 2,54     |
| Calcio                | mg/L  | 62,5    | 64,1  | 64,9  | 62,5  | 66,5       | 65,7  | 69,7  | 64,9     |
| Nitrito               | mg/L  | 0,107   | 0,098 | 0,057 | 0,068 | 0,005      | 0,130 | 0,045 | 0,085    |
| Nitrato               | mg/L  | 6,05    | 6,74  | 5,89  | 5,01  | 1,53       | 4,26  | 2,61  | 6,43     |
| Amonio                | mg/L  | 0,1     | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,05       | 0,4   | 0,4   | 0,1      |
| Fósforo total         | mg/L  | 0,032   | 0,038 | 0,034 | 0,032 | 0,001      | 0,063 | 0,090 | 0,031    |
| Fosfato disuelto      | mg/L  | 0,002   | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,009      | 0,004 | 0,019 | 0,003    |
| Oxígeno disuelto      | mg/L  | 10,8    | 9,5   | 10,0  | 9,9   | 10,2       | 10,1  | 9,6   | 10,5     |
| Hierro                | mg/L  | 0,03    | 0,15  | 0,12  | 0,13  | <0,02      | 0,05  | <0,02 | 0,08     |
| Manganeso             | mg/L  | <0,02   | 0,12  | <0,02 | <0,02 | <0,02      | <0,02 | 0,09  | 0,110    |
| Cobre total           | mg/L  |         | <0,04 |       |       |            | <0,04 |       | <0,04    |
| Cobre Disuelto        | mg/L  |         | <0,04 |       |       |            | <0,04 |       | <0,04    |
| Cinc total            | mg/L  |         | <0,05 |       |       |            | <0,05 |       | <0,05    |

Tabla 2. 3. -5

EMBALSE DE RIALB

RESULTADOS DEL ESTUDIO BIOLÓGICO - AÑO 2001-

| <i>Marzo</i>         | Unid.             | Embalse |       |      |      | Riv.Salada | Segre  | Rialb | Emisario |
|----------------------|-------------------|---------|-------|------|------|------------|--------|-------|----------|
|                      |                   | R-1 S   | R-1F  | R-2S | R-2F | R-3        | R-4    | R-5   | R-6      |
| Profundidad          | m                 | S       | 48    | S    | 30   | S          | S      | S     | S        |
| Clorofila            | mg/m <sup>3</sup> | 20,3    |       | 5,1  |      |            |        |       |          |
| Fitoplancton         | cél./ml           | 14.175  |       |      |      |            |        |       |          |
| Bacterias viables    | cél./100 ml       | 160     | 9.200 |      |      | 1.680      | 17.400 |       | 400      |
| Bacterias coliformes | cél./100 ml       | 0       | 9     |      |      | 113        | 0      |       | 50       |
| Bacterias fecales    | cél./100 ml       | 0       | 3     |      |      | 41         | 0      |       | 50       |

| <i>Junio</i>         | Unid.             | Embalse |      |      |      | Riv.Salada | Segre | Rialb | Emisario |
|----------------------|-------------------|---------|------|------|------|------------|-------|-------|----------|
|                      |                   | R-1 S   | R-1F | R-2S | R-2F | R-3        | R-4   | R-5   | R-6      |
| Profundidad          | m                 | S       | 48   | S    | 25   | S          | S     | S     | S        |
| Clorofila            | mg/m <sup>3</sup> | 6,0     |      | 8,76 |      |            |       |       |          |
| Fitoplancton         | cél./ml           | 9.372   |      |      |      |            |       |       |          |
| Bacterias coliformes | cél./100 ml       | 0       |      | 17   |      | 417        | 96    |       | 4        |
| Bacterias fecales    | cél./100 ml       | 0       |      | 3    |      | 367        | 94    |       | 4        |

| <i>Agosto</i>        | Unid.                 | Embalse |        |      |      | Riv.Salada | Segre | Rialb | Emisario |
|----------------------|-----------------------|---------|--------|------|------|------------|-------|-------|----------|
|                      |                       | R-1 S   | R-1F   | R-2S | R-2F | R-3        | R-4   | R-5   | R-6      |
| Profundidad          | m                     | S       | 32     | S    | 16   | S          | S     | S     | S        |
| Clorofila            | mg/m <sup>3</sup>     | 5,3     |        | 6,7  |      |            |       |       |          |
| Fitoplancton         | cél./ml               | 13.650  |        |      |      |            |       |       |          |
| Bacterias coliformes | cél./100 ml           | 0       | 0      |      |      | 450        | 1.500 |       | 22       |
| Bacterias fecales    | cél./100 ml           | 0       | 0      |      |      | 200        | 383   |       | 0        |
| Zoobentos            | indiv./m <sup>2</sup> |         | 16.662 |      |      |            |       |       |          |

| <i>Noviembre</i>     | Unid.             | Embalse |      |      |      | Riv.Salada | Segre | Rialb | Emisario |
|----------------------|-------------------|---------|------|------|------|------------|-------|-------|----------|
|                      |                   | R-1 S   | R-1F | R-2S | R-2F | R-3        | R-4   | R-5   | R-6      |
| Profundidad          | m                 | S       | 16   | S    | 7    | S          | S     | S     | S        |
| Clorofila            | mg/m <sup>3</sup> | 12,6    |      | 5,4  |      |            |       |       |          |
| Fitoplancton         | cél./ml           | 5.154   |      |      |      |            |       |       |          |
| Bacterias coliformes | cél./100 ml       | 0       | 22   |      |      | 146        | 1.100 |       | 0        |
| Bacterias fecales    | cél./100 ml       | 0       | 5    |      |      | 138        | 600   |       | 0        |

Tabla 2. 3. -6

FITOPLANCTON DEL EMBALSE DE RIALB

Año 2001

| <b>INVENTARIO MACROFITOPLANCTON<sup>1</sup></b> | <b>Marzo</b> | <b>Junio</b> | <b>Agosto</b> | <b>Noviembre</b> |
|---|--------------|--------------|---------------|------------------|
| <b>CIANOFICEAS</b>                              |              |              |               |                  |
| <i>Aphanizomenon fosaquae</i>                   | -            | 2            | 4             | 2                |
| <i>Microcystis aeruginosa</i>                   | -            | -            | 4             | -                |
| <i>Oscillatoria sp.</i>                         | -            | -            | -             | +                |
| <b>CRIFTOFICEAS</b>                             |              |              |               |                  |
| <i>Cryptomonas ovata</i>                        | 1            | -            | -             | -                |
| <b>DIATOMEAS</b>                                |              |              |               |                  |
| <i>Asterionella formosa</i>                     | 3            | -            | -             | -                |
| <i>Cyclotella sp.</i>                           | 2            | +            | -             | -                |
| <i>Fragilaria capucina</i>                      | 4            | +            | -             | -                |
| <i>F. crotonensis</i>                           | -            | -            | 2             | 4                |
| <i>Melosira granulata</i>                       | 1            | +            | 2             | 4                |
| <i>M. varians</i>                               | +            | -            | -             | +                |
| <i>Synedra acus</i>                             | 1            | -            | -             | -                |
| <i>S. ulna</i>                                  | 1            | -            | -             | -                |
| <b>CLOROFÍCEAS</b>                              |              |              |               |                  |
| <i>Closterium sp.</i>                           | -            | -            | -             | +                |
| <i>Coelastrum microporum</i>                    | -            | 4            | -             | +                |
| <i>Coelastrum reticulatum</i>                   | -            | 4            | -             | -                |
| <i>Eudorina elegans</i>                         | 3            | -            | -             | -                |
| <i>Oocystis cf. sp.</i>                         | -            | 4            | -             | -                |
| <i>P. boryanum</i>                              | -            | -            | -             | 2                |
| <i>P. clathratum</i>                            | -            | -            | -             | +                |
| <i>P. simplex</i>                               | -            | -            | -             | +                |
| <i>Pandorina morum</i>                          | -            | -            | -             | 1                |
| <i>Pediastrum duplex</i>                        | -            | -            | 2             | 2                |
| <i>Scenedesmus magnus</i>                       | -            | -            | -             | +                |
| <i>Spaherocystis schroeteri</i>                 | -            | -            | 1             | +                |
| <i>Staurastrum sp.</i>                          | -            | 1            | 1             | +                |
| <i>Tetraedon minimum</i>                        | -            | -            | -             | -                |
| <b>PERIDINEALES</b>                             |              |              |               |                  |
| <i>Ceratium hirundinella</i>                    | -            | 1            | 1             | -                |

<sup>1</sup> 5 = >61 %; 4 = 31-60 %; 3 = 11-30 %; 2 = 1-10 %; + = presencia

Tabla 2. 3. -7

FITOPLANCTON DEL EMBALSE DE RIALB

Año 2001

| RECUEENTOS<br>MICROFITOPLANCTON <sup>1</sup> | Marzo         |            | Junio        |            | Agosto        |            | Noviembre    |            |
|--|---------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|--------------|------------|
|  | Cél/ml        | %          | Cél/ml       | %          | Cél/ml        | %          | Cél/ml       | %          |
| <b>CIANOFICEAS</b>                           |               | -          |              | -          |               | 84,18      |              | 11,06      |
| <i>Aphanizomenon fosaquae</i>                |               |            |              |            | 10.500        |            | 570          |            |
| <i>Microcystis aeruginosa</i>                |               |            |              |            | 1.000         |            |              |            |
| <b>CRIFTOFICEAS</b>                          |               | 81,07      |              | 0,94       |               | 4,59       |              | 34,28      |
| <i>Cryptomonas ovata</i>                     | 3.505         |            | 22           |            | 80            |            | 741          |            |
| <i>Rhodomonas minuta</i>                     | 7.987         |            | 66           |            | 547           |            | 1.026        |            |
| <b>CRISOFICEAS</b>                           |               | 16,25      |              | 71,60      |               | 5,40       |              | 23,22      |
| Flagelados sp. pl.                           | 2.304         |            | 6.710        |            | 738           |            | 1.197        |            |
| <b>DIATOMEAS</b>                             |               | 0,85       |              | 4,46       |               | 2,91       |              | 23,67      |
| <i>Asterionella formosa</i>                  |               |            |              |            |               |            |              |            |
| <i>Cyclotella</i> sp.                        | 120           |            | 418          |            |               |            |              |            |
| <i>C. meneghiniana</i>                       |               |            |              |            | 125           |            | 114          |            |
| <i>C. compta</i>                             |               |            |              |            | 182           |            | 1.094        |            |
| <i>F. crotonensis</i>                        |               |            |              |            |               |            | 6            |            |
| <i>Melosira granulata</i>                    |               |            |              |            | 91            |            | 6            |            |
| <b>CLOROFICEAS</b>                           |               | 1,83       |              | 23,00      |               | 2,88       |              | 7,10       |
| <i>Ankyra ancora</i>                         |               |            | 220          |            | 11            |            |              |            |
| <i>Ankistrodermus</i> sp.                    |               |            |              |            | 23            |            | 12           |            |
| <i>Carteria</i> sp.                          |               |            |              |            |               |            | 68           |            |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.                     | 217           |            |              |            | 46            |            | 103          |            |
| <i>Coelastrum microporum</i>                 |               |            | 528          |            |               |            |              |            |
| <i>C. reticulatum</i>                        |               |            | 176          |            |               |            |              |            |
| <i>Oocystis</i> cf. sp.                      |               |            | 1.232        |            | 34            |            | 91           |            |
| <i>Peridinium</i> sp.                        | 42            |            |              |            |               |            |              |            |
| <i>Pediastrum duplex</i>                     |               |            |              |            | 266           |            |              |            |
| <i>Scenedesmus magnus</i>                    |               |            |              |            |               |            | 46           |            |
| <i>Staurastrum</i> sp.                       |               |            |              |            | 1             |            |              |            |
| <i>Tetraedon minimum</i>                     |               |            |              |            | 12            |            |              |            |
| <i>Tetrastrum triangulare</i>                |               |            |              |            |               |            | 46           |            |
| <b>PERIDINEALES</b>                          |               | -          |              | -          |               | 0,04       |              | 0,66       |
| <i>Peridinium</i> sp.                        |               |            |              |            |               |            | 34           |            |
| <i>Ceratium hirundinella</i>                 |               |            | +            |            | 6             |            |              |            |
| <b>TOTAL</b>                                 | <b>14.175</b> | <b>100</b> | <b>9.372</b> | <b>100</b> | <b>13.662</b> | <b>100</b> | <b>5.154</b> | <b>100</b> |

<sup>1</sup> Concentrado de 50 ml

**Tabla 2. 3. -8**

**ZOOBENTOS DEL EMBALSE DE RIALB**

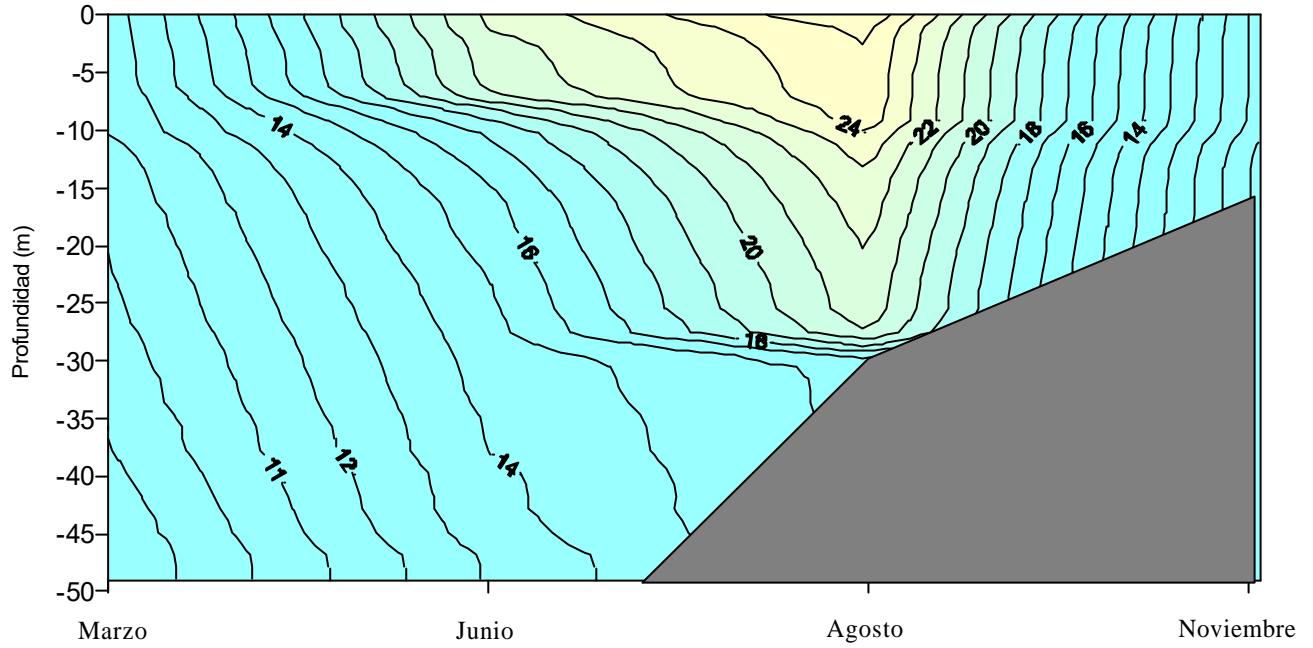
*Agosto, 2001*

| <b>GRUPOS TAXONÓMICOS</b> |                                    | <b>Ind./m<sup>2</sup></b> |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| <b>OLIGOQUETOS</b>        |                                    |                           |
|                           | Naididos                           | 100                       |
|                           | Tubificidos s.s.c. - inmaduros     | 100                       |
| <b>INSECTOS</b>           |                                    |                           |
| <b>COLEÓPTEROS</b>        |                                    |                           |
|                           | Élmidos                            | 25                        |
|                           | <b>Nº TAXONES</b>                  | 3                         |
|                           | <b>Nº INDIVIDUOS/M<sup>2</sup></b> | 225                       |



Apéndice 2  
**Figuras**

### TEMPERATURA (°C)



### TURBIDEZ (NTU)

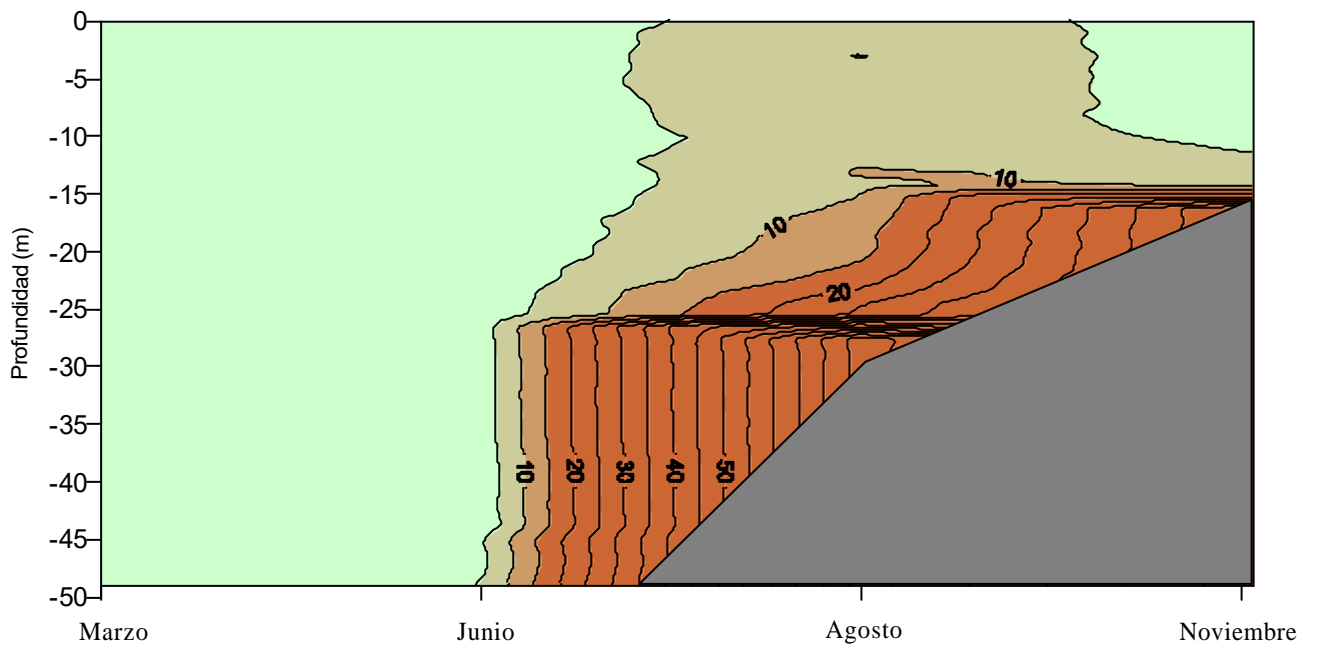


Figura 2. 3. -1. Evolución temporal de la temperatura y la turbidez en el embalse de Rialb (presa). Datos del 2001.

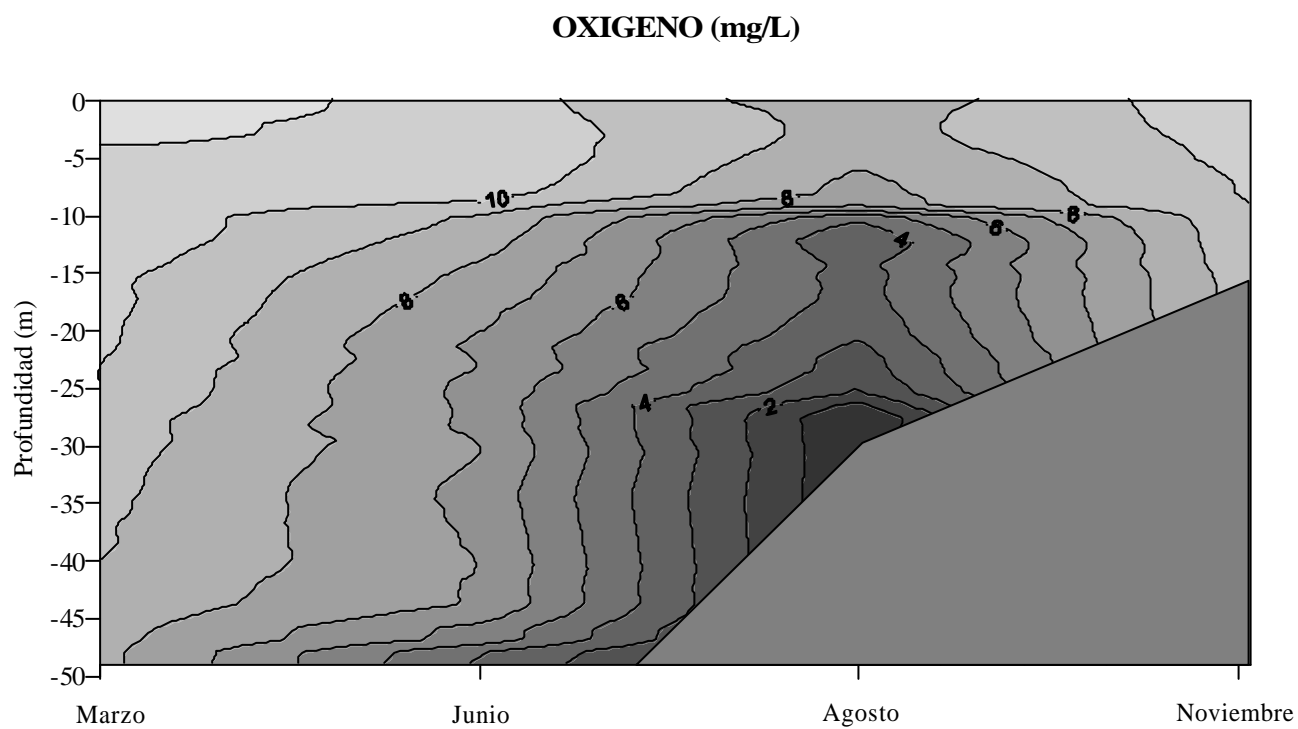
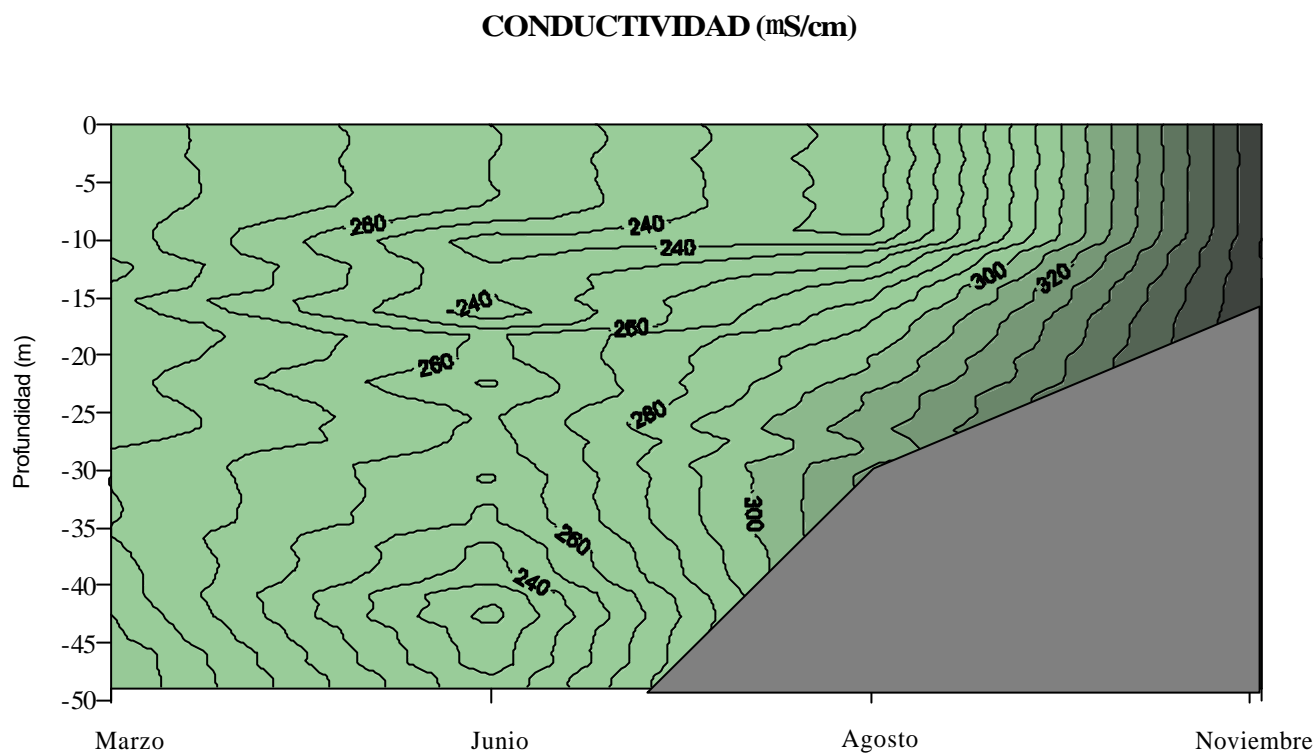


Figura 2. 3. -2. Evolución temporal de la conductividad y el oxígeno en el embalse de Rialb (presa). Datos del 2001.

## EMBALSE DE RIALB

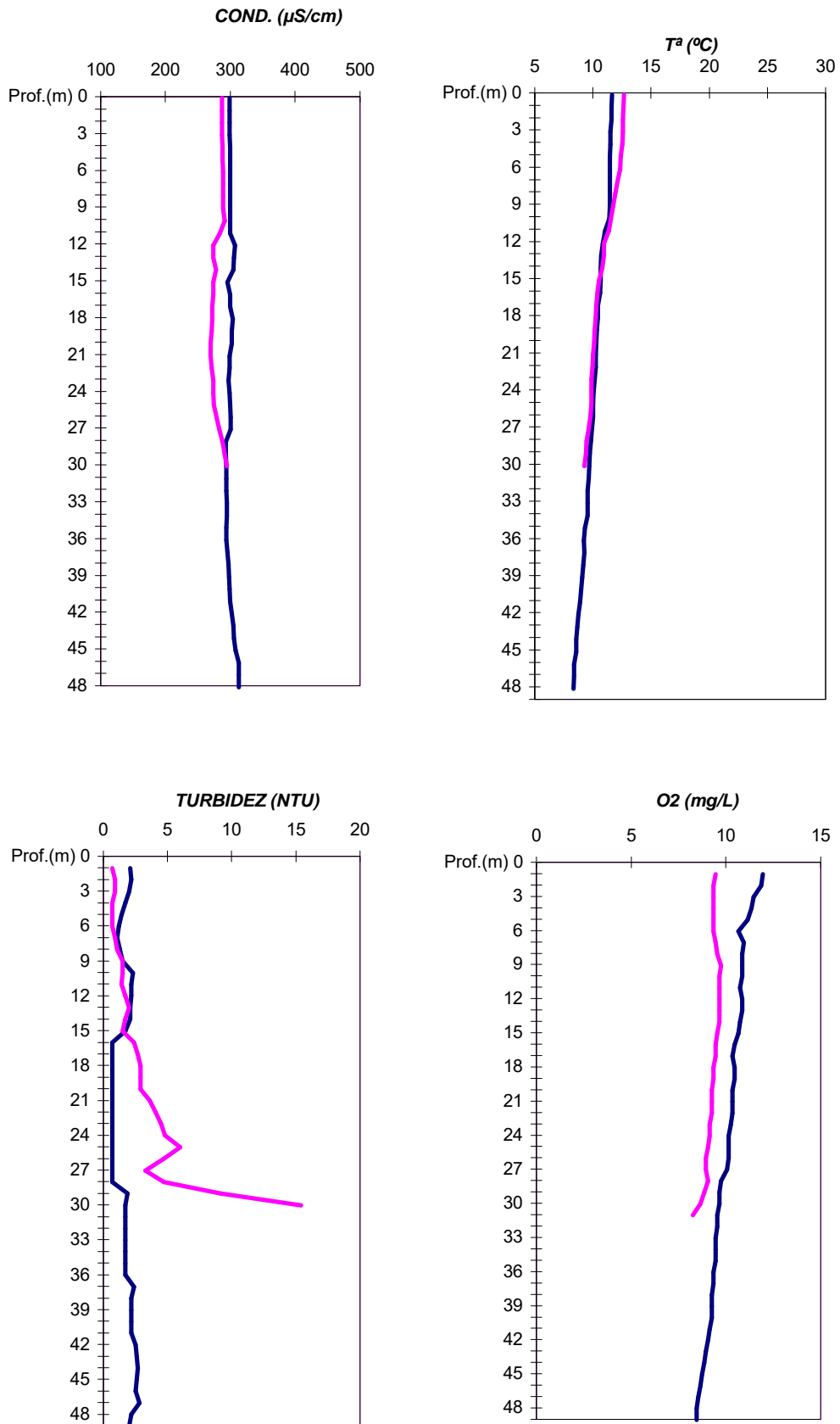


Figura 2.3.-3

Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto cerca de la presa (azul) y unos 4 km aguas arriba (rosa), el día 3 de marzo de 2001. Cota: 404,90 m s.n.m.

## EMBALSE DE RIALB

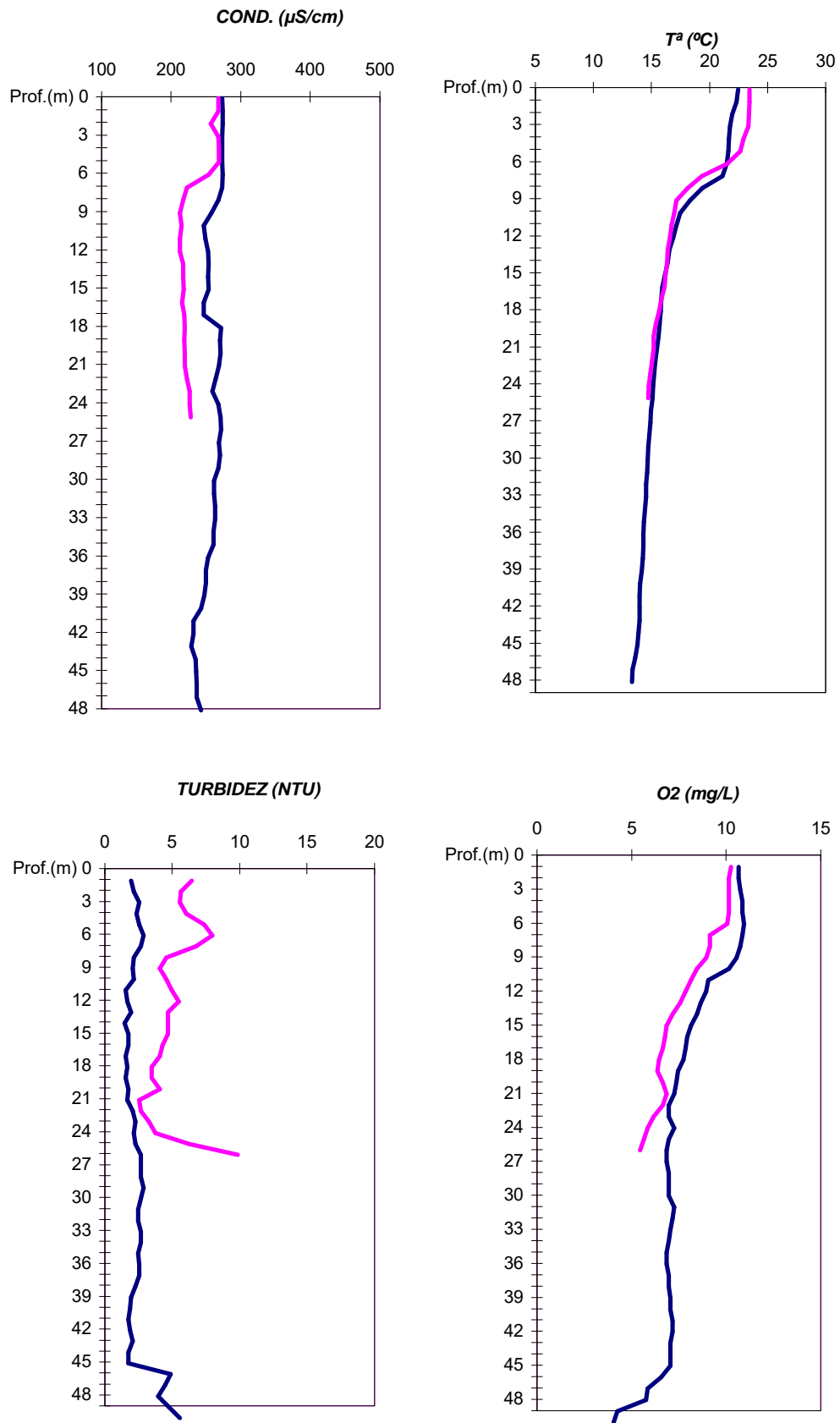


Figura 2.3.-4

Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto cerca de la presa (azul) y unos 4 km aguas arriba (rosa), el día 12 de junio de 2001. Cota: 407,08 m s.n.m.

## EMBALSE DE RIALB

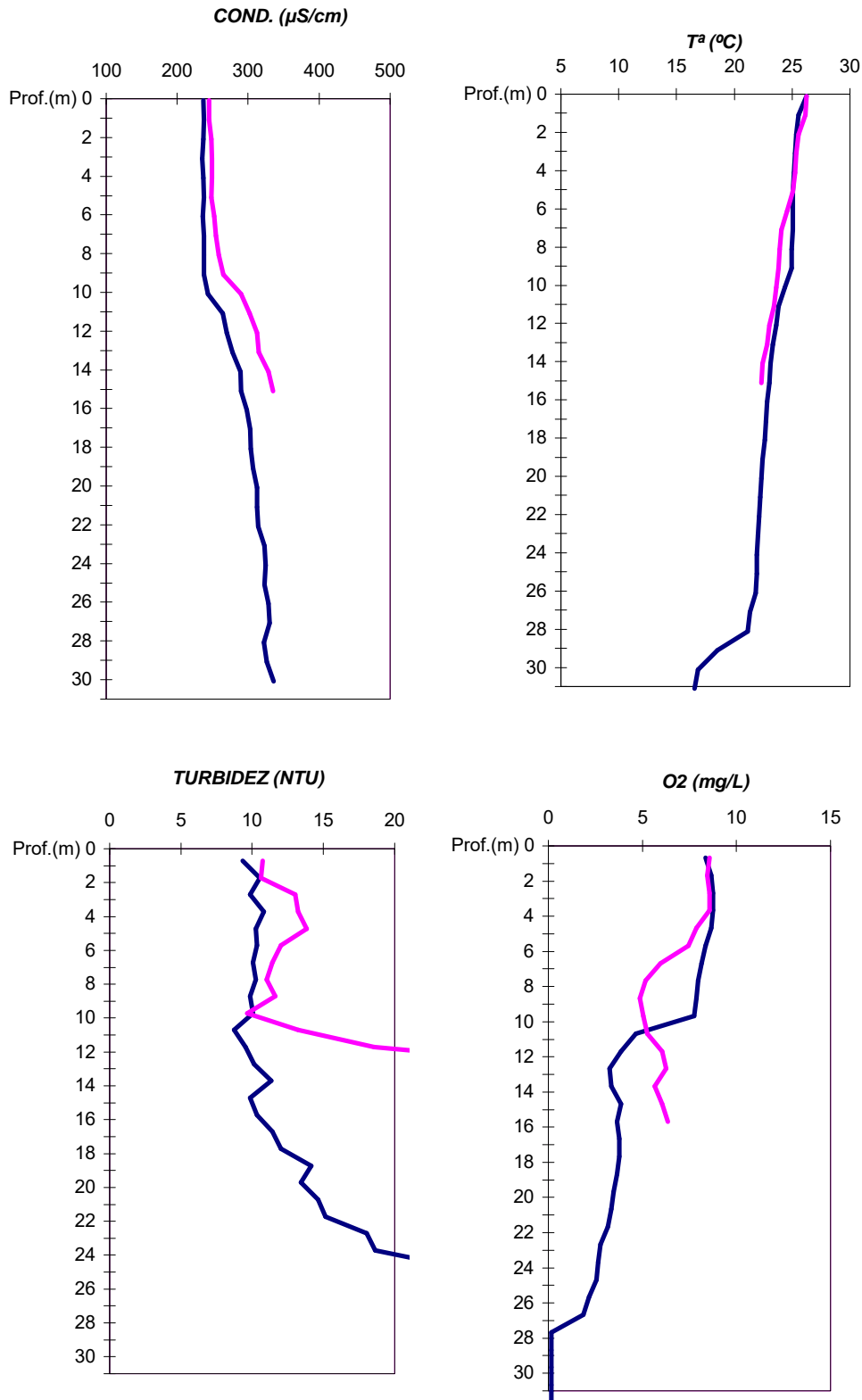


Figura 2.3.-5  
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto cerca de la presa (azul) y unos 4 km aguas arriba (rosa), el día 27 de agosto de 2001. Cota: 389,95 m s.n.m.

## EMBALSE DE RIALB

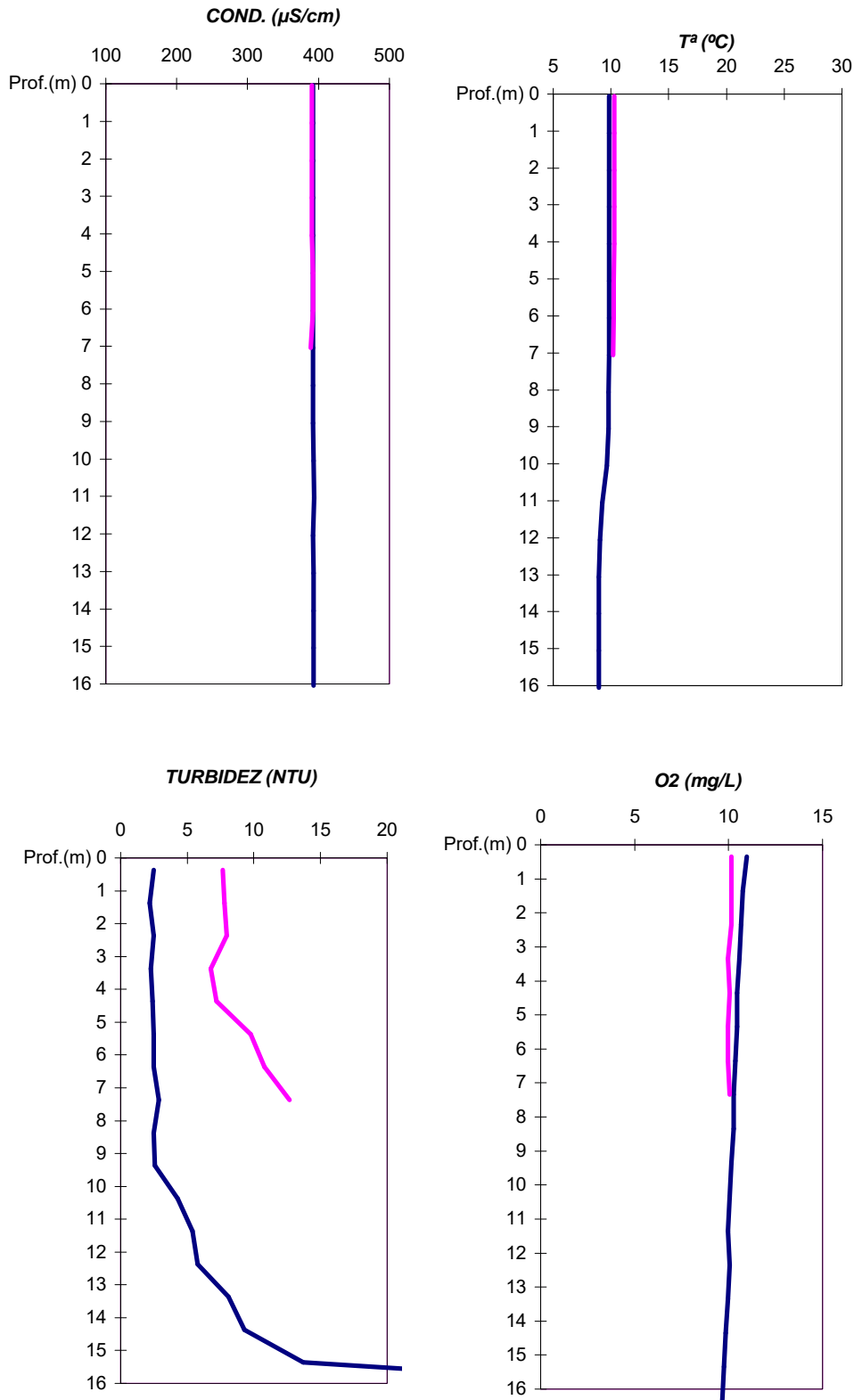


Figura 2.3.-6  
Perfiles de conductividad, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto cerca de la presa (azul) y unos 4 km aguas arriba (rosa), el día 14 de noviembre de 2001. Cota: 374,60 m s.n.m.

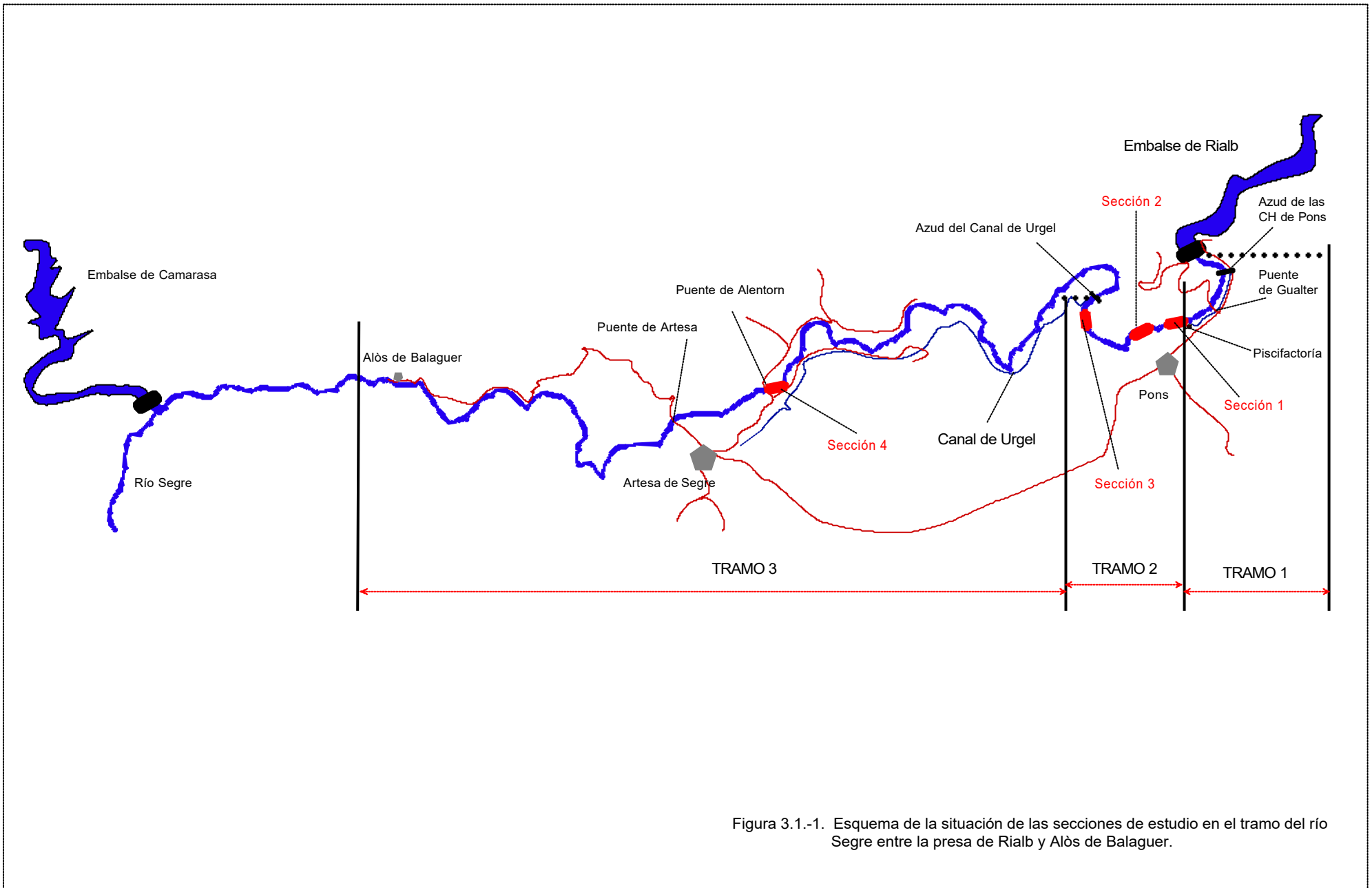
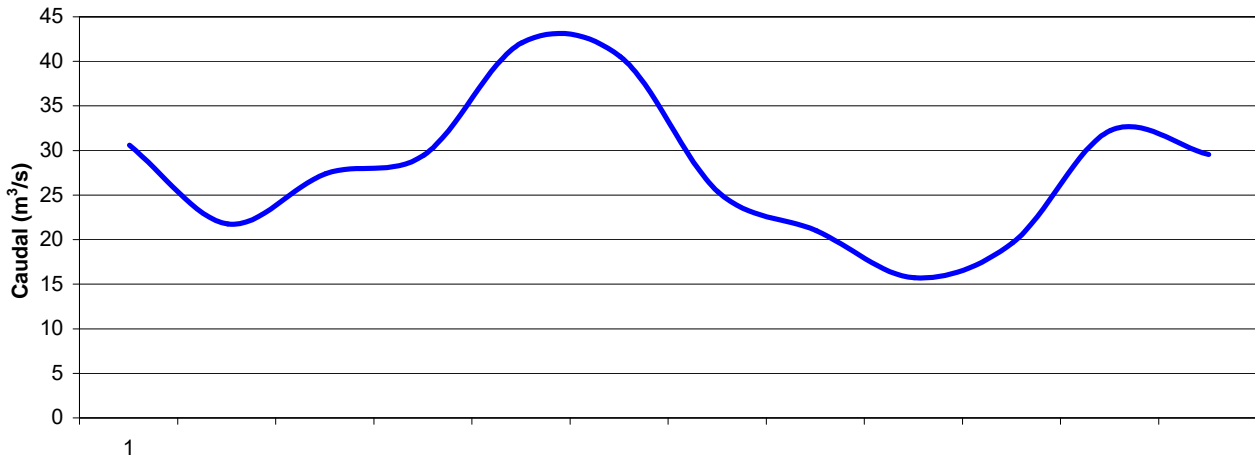


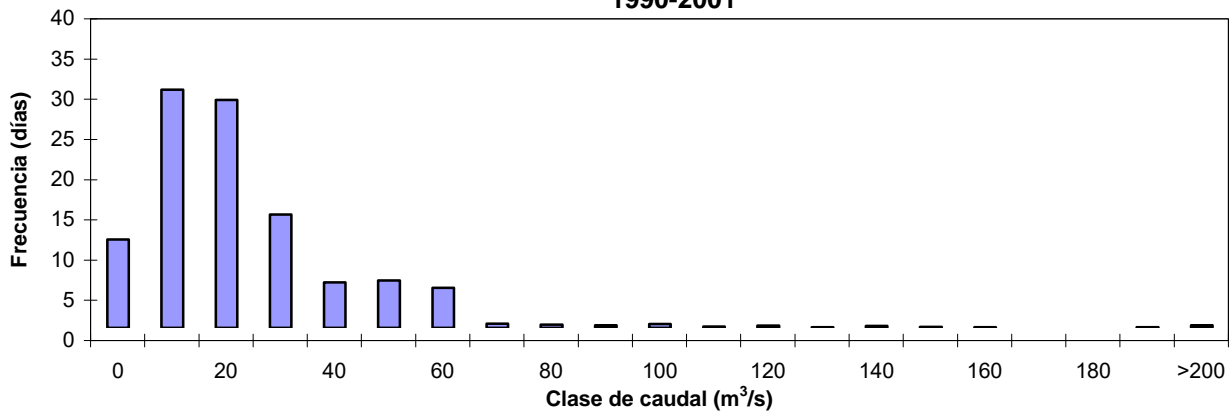
Figura 3.1.-1. Esquema de la situación de las secciones de estudio en el tramo del río Segre entre la presa de Rialb y Alòs de Balaguer.



**Caudal medio mensual salida Oliana  
(1990-2001)**



**Frecuencias del caudal de salida de Oliana  
1990-2001**



| Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Nº de días en<br>10 años | Frecuencia<br>(%) |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------|
| 0-2                           | 1                        | 0,02              |
| >2-4                          | 1                        | 0,02              |
| >4-6                          | 96                       | 2,24              |
| >6-8                          | 294                      | 6,85              |
| >8-10                         | 190                      | 4,42              |
| >10                           | 3.702                    | 86,19             |

Figura 3.2.-1

Variación del caudal de salida (media mensual) de la presa de Oliana (arriba) y distribución de frecuencias para los rangos de caudal indicados.

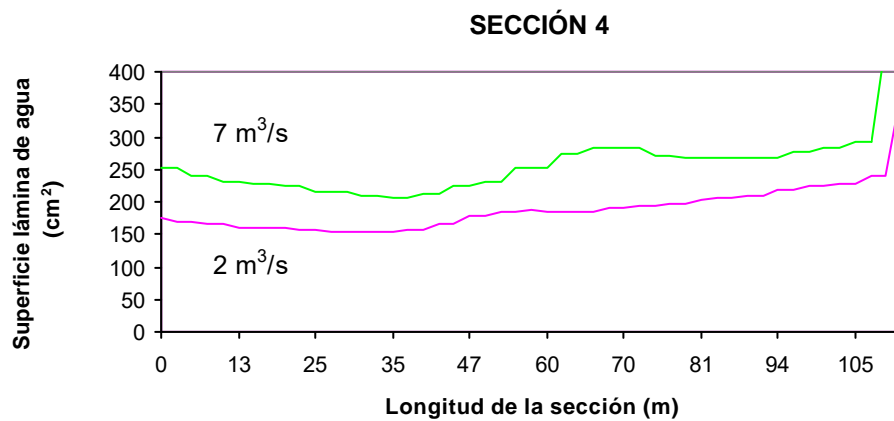
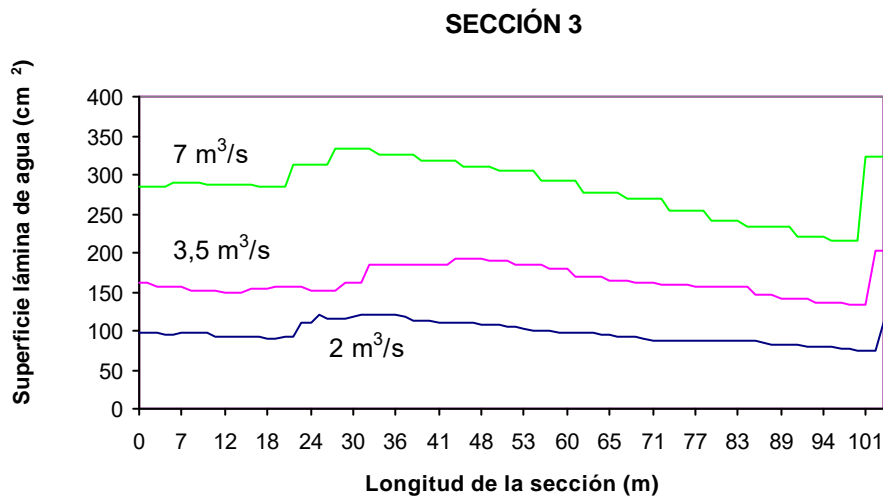
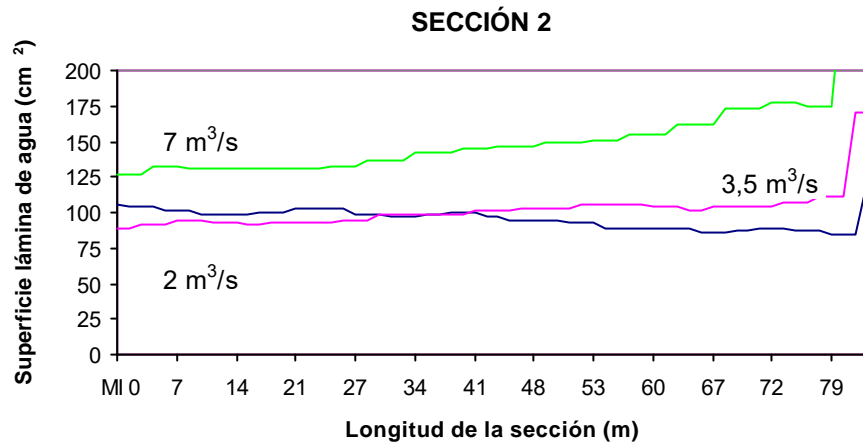
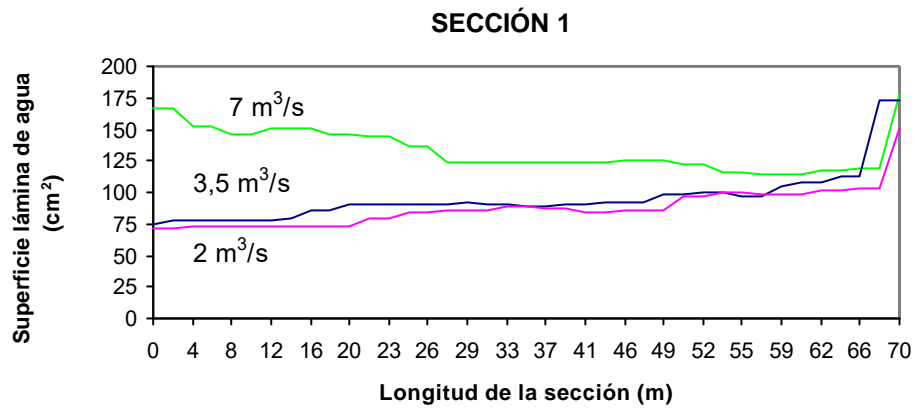


Figura 3. 2. -2. Evolución de la superficie de la lámina de agua a lo largo de la sección, para los caudales estudiados.

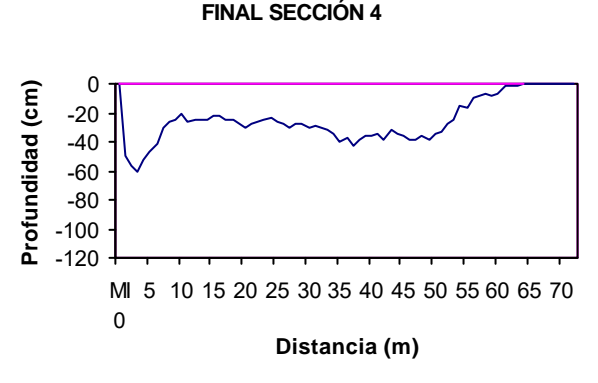
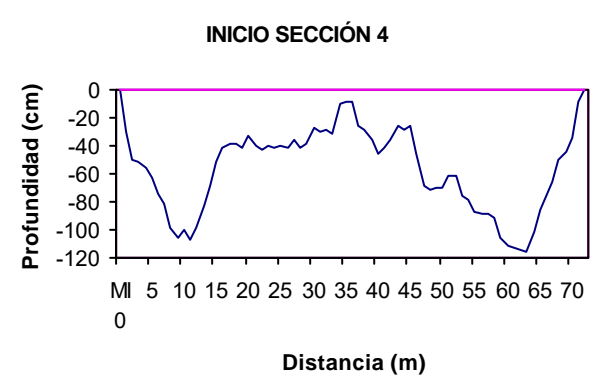
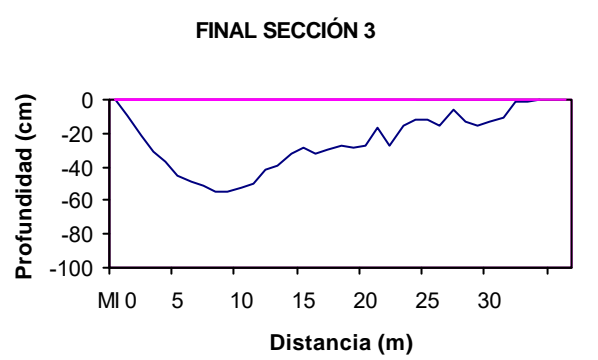
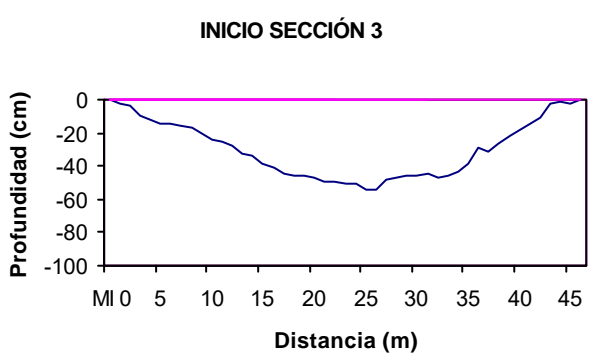
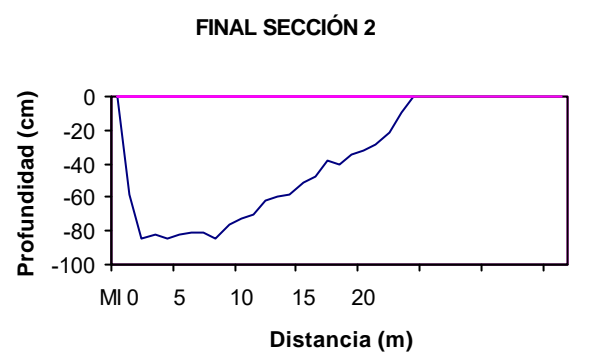
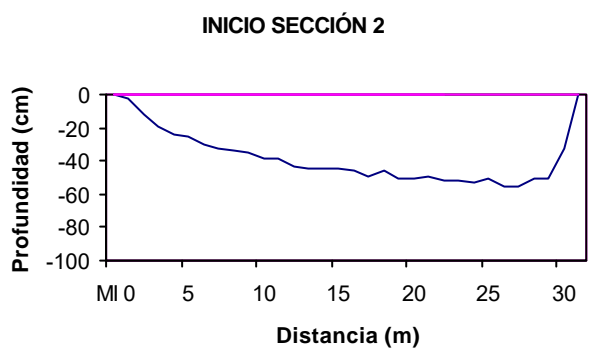
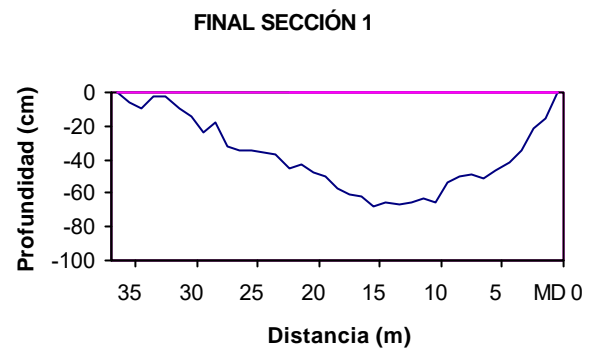
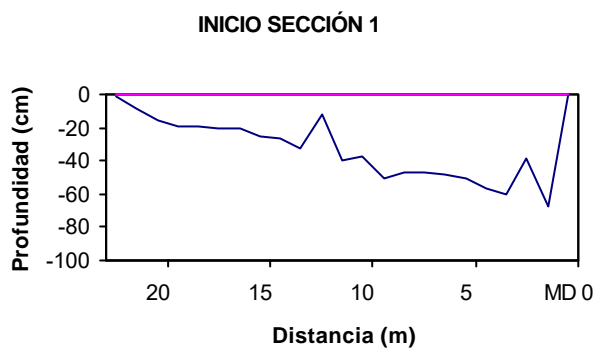


Figura 3.2.-3

Transectos batimétricos en el inicio y final de las secciones de estudio, en el río Segre entre la presa de Rialb y Alós de Balaguer.

Apéndice 3

## Fotos



Lámina 1

Vistas del embalse de Rialb desde la presa, en junio (foto superior) y en noviembre de 2001 (foto inferior). Las cotas de embalse son 407,08 y 374,6 m, respectivamente.

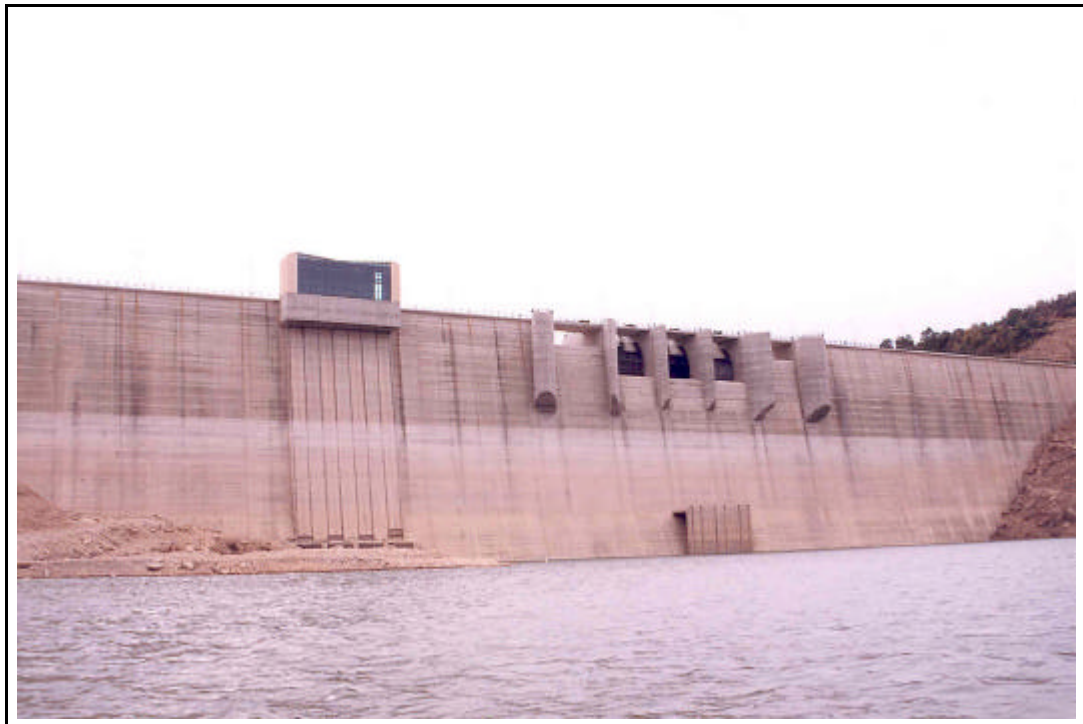


Lámina 2

Presas de Rialb (foto superior) y vertido por los desagües de fondo (foto inferior). En ésta se muestra las dos salidas de la toma de riegos (en la caseta situada en la margen izquierda del colchón).





Lámina 3

Vistas del río Segre aguas abajo del municipio de Oliana.

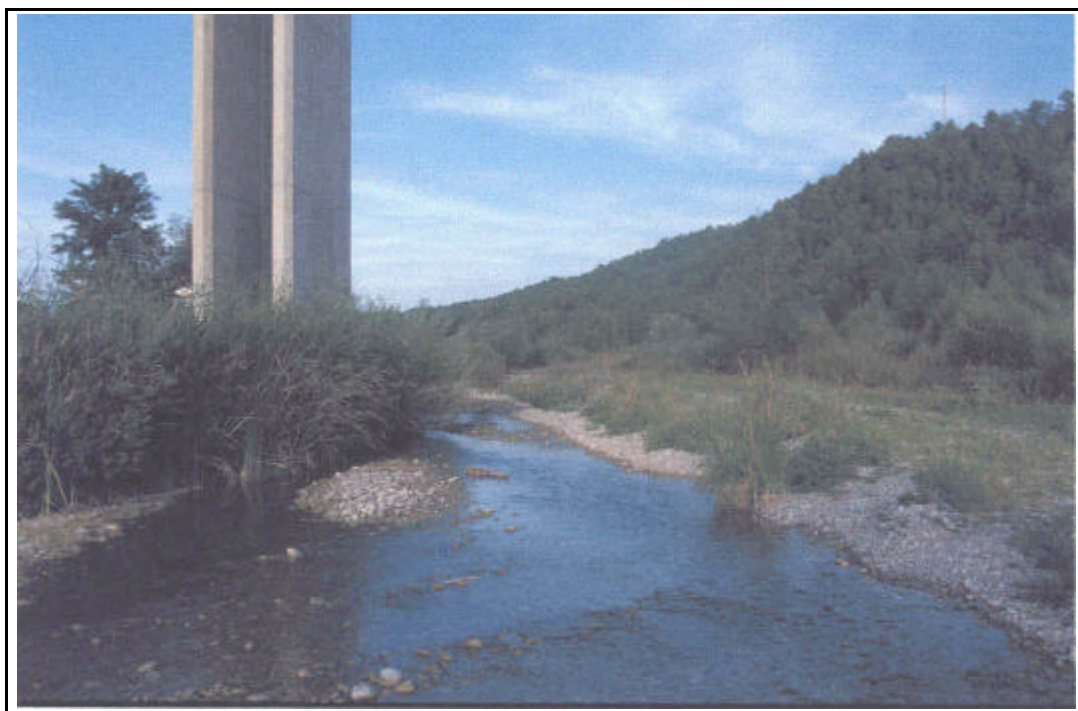


Lámina 4

La Rivera Salada inmediatamente aguas arriba de su desembocadura en el embalse de Rialb.





Lámina 5

Río Rialb en su tramo medio y aguas abajo de la piscifactoría existente.





Lámina 6

Tramo fluvial inmediatamente aguas abajo de la presa. El cauce presenta defensas en las orillas y diques transversales. Con caudal bajo ( $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) existen zonas someras y más profundas, debidas a los movimientos de tierras durante la construcción de la presa. En el tramo hay una población abundante de blenio (*Salaria fluviatilis*). Fotos de noviembre de 2001.





Lámina 7

Zona final del tramo canalizado con defensas y diques (foto superior) e inicio del tramo libre. Noviembre de 2001.



Lámina 8

Azud y canal de derivación para las centrales eléctricas existentes a unos 2 km aguas abajo de la presa. Noviembre de 2001.





Lámina 9

Aspecto del río Segre aguas abajo del azud de las centrales hidroeléctricas. El cauce se divide en dos brazos separados por una isla central. El caudal es de  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  y las centrales no funcionaban. Noviembre de 2001.



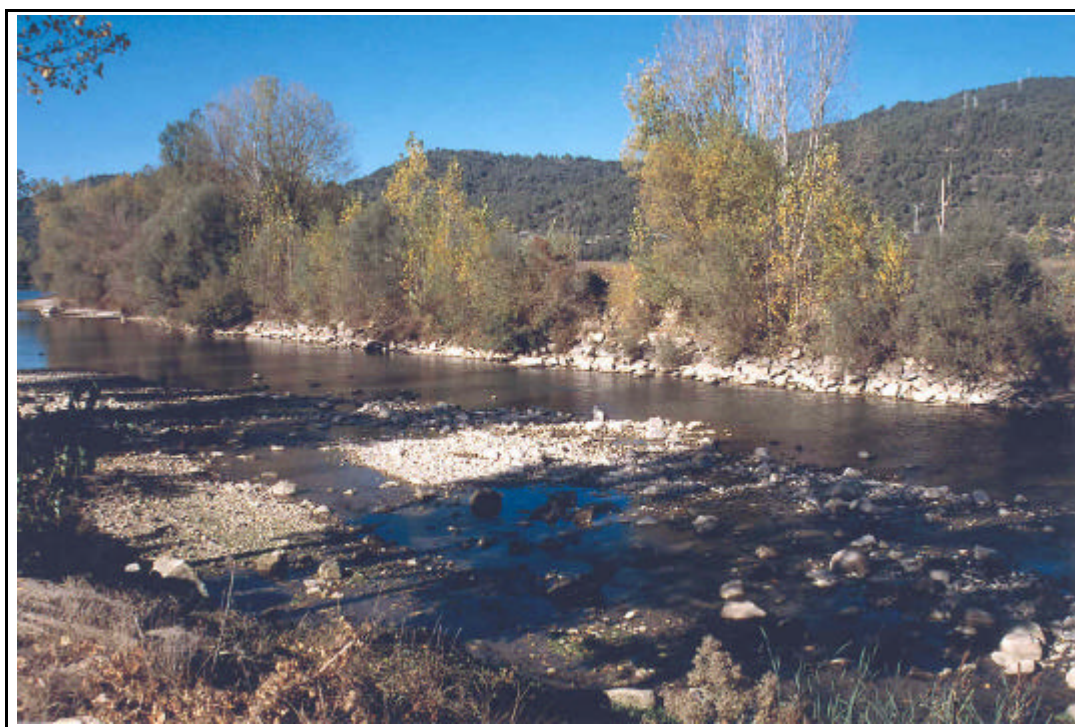


Lámina 10

Aspecto del río Segre en las inmediaciones de Pons. El río se ha habilitado como zona recreativa y existe un tramo dedicado a la navegación con aguas bravas (que no se muestra en las fotos). Noviembre de 2001.



Lámina 11

Azud y canal d'Urgell en noviembre de 2001. El caudal en el azud es de 3,5 m<sup>3</sup>/s, y el canal se encuentra vacío.





Lámina 12

Poza situada bajo el puente de Artesa con una nutrida representación de peces. El caudal era de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (23 de noviembre de 2001).





Lámina 13

Río Segre en el puente de Artesa el 4 de diciembre de 2001 y con un caudal de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Las fotos muestran el inicio de los trabajos de explanación de la margen izquierda del río, lo que provocó el enturbiamiento del agua y la creación de una pluma de sólidos en suspensión. Se desconoce si hubo afección a los peces, si bien se observó que algunos ejemplares nadaban fuera de la pluma.



Lámina 14

**Estudio de caudales:** Vista del río Segre aguas abajo del puente de Gualter, con  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto superior),  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto central) y  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto inferior).



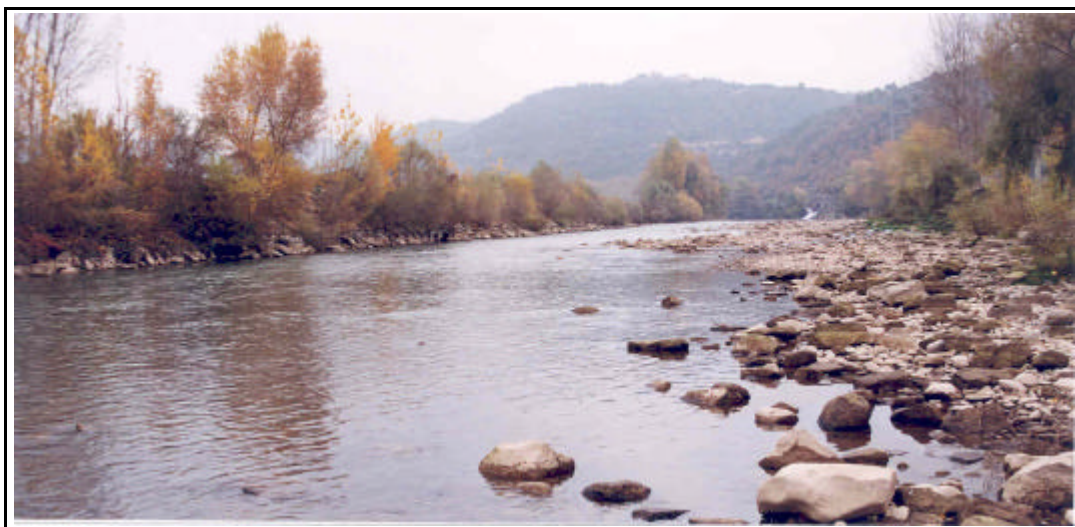


Lámina 15

**Estudio de caudales:** Río Segre inmediatamente aguas arriba de la sección de estudio nº1, con 2 m<sup>3</sup>/s (foto superior), 3,5 m<sup>3</sup>/s (foto central) y 7 m<sup>3</sup>/s (foto inferior).



Lámina 16

**Estudio de caudales:** Río Segre en la sección de estudio nº2, con 2 m<sup>3</sup>/s (foto superior) y 7 m<sup>3</sup>/s (foto inferior).





Lámina 17

**Estudio de caudales:** Río Segre en la sección de estudio nº3, con  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto superior),  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto central) y  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto inferior).



Lámina 18

**Estudio de caudales:** Río Segre en la sección de estudio nº4, con  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto superior),  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto central) y  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto inferior).





Lámina 19

**Estudio de caudales:** Vistas del río Segre aguas abajo del Puente de Artesa, con  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto superior),  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto central) y  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (foto inferior).

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE RIALB 2001

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Rialb recopilados durante el año 2001, 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 ( $\text{n}^\circ$  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 ( $\mu\text{g}$ )     | 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>  | <b>Criptófitos</b>             | <i>Cia</i>  | <b>Cianobacterias</b>             |
| <i>Cc</i>  | <b>Crisófitos coloniales</b>   | <i>D</i>    | <b>Dinoflageladas</b>             |
| <i>Dc</i>  | <b>Diatomeas coloniales</b>    | <i>Cnc</i>  | <b>Crisófitos no coloniales</b>   |
| <i>Chc</i> | <b>Clorococales coloniales</b> | <i>Chnc</i> | <b>Clorococales no coloniales</b> |
| <i>Vc</i>  | <b>Volvocales coloniales</b>   | <i>Dnc</i>  | <b>Diatomeas no coloniales</b>    |

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 <i>Tipos 1, 2 y 3</i>         | > 0,974          | 0,973 – 0,649 | 0,648 – 0,325 | < 0,325 |
| Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i> | > 0,982          | 0,981 – 0,655 | 0,654 – 0,327 | < 0,327 |
| Rango <i>Tipo 12</i>                | > 0,929          | 0,928 – 0,619 | 0,618 – 0,31  | < 0,31  |
| Rango <i>Tipo 13</i>                | > 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<sub>trans</sub>). 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<sub>t</sub>) y límites de cambio de clase de potencial ecológico (B<sup>+</sup>/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 <sub>t</sub> | B <sup>+</sup> /M<br>(RCE) | M/D<br>(RCE) | D/M<br>(RCE) |
|---------|--------------|-------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|
| Tipo 1  | Fitoplancton | Biomasa     | Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup> | 2,00            | 0,211                      | 0,14         | 0,07         |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> | 2,60            | 0,433                      | 0,287        | 0,143        |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> | 2,60            | 0,433                      | 0,287        | 0,143        |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> | 2,60            | 0,433                      | 0,287        | 0,143        |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> | 2,60            | 0,433                      | 0,287        | 0,143        |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> | 2,40            | 0,195                      | 0,13         | 0,065        |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> | 2,10            | 0,304                      | 0,203        | 0,101        |
|         |              |             | Biovolumen mm <sup>3</sup> /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         |

Adicional informe estado embalse de Rialb 2001

Demarcación Hidrográfica del Ebro

## 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 <sub>2</sub> ) | > 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 RIALB

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         |
| <b>VALOR PROMEDIO</b>                   | <b>&lt; 1,8</b>   | <b>1,8 – 2,6</b> | <b>2,6 – 3,4</b> | <b>3,4 – 4,2</b> | <b>&gt; 4,2</b> |

En la tabla A20a, 20b, 20c y 20d 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 cada uno de los muestreos realizado en invierno, primavera, verano y otoño.

**Tabla A20a.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Rialb en invierno.

| INDICADOR                   | VALOR       | ESTADO TRÓFICO   |
|-----------------------------|-------------|------------------|
| CONCENTRACIÓN P TOTAL       | 84,00       | Eutrófico        |
| DISCO SECCHI                | 1,50        | Eutrófico        |
| CLOROFILA <i>a</i>          | 20,30       | Eutrófico        |
| DENSIDAD ALGAL              | 14175       | Eutrófico        |
| <b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b> | <b>4,00</b> | <b>EUTRÓFICO</b> |

**Tabla A20b.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Rialb en primavera.

| INDICADOR                   | VALOR       | ESTADO TRÓFICO     |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| DISCO SECCHI                | 3,86        | Oligotrófico       |
| CLOROFILA <i>a</i>          | 6,00        | Mesotrófico        |
| DENSIDAD ALGAL              | 9372        | Mesotrófico        |
| <b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b> | <b>2,67</b> | <b>MESOTRÓFICO</b> |

**Tabla A20c.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Rialb en verano.

| INDICADOR                   | VALOR       | ESTADO TRÓFICO     |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| DISCO SECCHI                | 3,30        | Oligotrófico       |
| CLOROFILA <i>a</i>          | 5,30        | Mesotrófico        |
| DENSIDAD ALGAL              | 13650       | Eutrófico          |
| <b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b> | <b>3,00</b> | <b>MESOTRÓFICO</b> |

**Tabla A20d.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Rialb en otoño.

| INDICADOR                   | VALOR       | ESTADO TRÓFICO     |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| CONCENTRACIÓN P TOTAL       | 32,00       | Mesotrófico        |
| DISCO SECCHI                | 1,53        | Mesotrófico        |
| CLOROFILA <i>a</i>          | 12,60       | Eutrófico          |
| DENSIDAD ALGAL              | 5154        | Mesotrófico        |
| <b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b> | <b>3,25</b> | <b>MESOTRÓFICO</b> |

En la tabla A20c 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 este año a partir del promedio de los cuatro valores de muestreo de invierno, primavera, verano y de otoño (sólo dos valores para P total).

**Tabla A20c.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Rialb promedio anual.

| INDICADOR                   | VALOR       | ESTADO TRÓFICO   |
|-----------------------------|-------------|------------------|
| CONCENTRACIÓN P TOTAL       | 58,00       | Eutrófico        |
| DISCO SECCHI                | 2,55        | Mesotrófico      |
| CLOROFILA <i>a</i>          | 11,05       | Eutrófico        |
| DENSIDAD ALGAL              | 10588       | Eutrófico        |
| <b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b> | <b>3,75</b> | <b>EUTRÓFICO</b> |

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

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE RIALB

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 <sup>3</sup> /L)               | ≥ 0,362                 | 0,361 – 0,24     | 0,23 – 0,12       | < 0,12          |      |
|                                |               | <i>Índice de Catalán (IGA)</i>                      | ≥ 0,982                 | 0,981 – 0,655    | 0,654 – 0,327     | < 0,327         |      |
|                                |               | <i>Porcentaje de cianobacterias</i>                 | ≥ 0,715                 | 0,714 – 0,48     | 0,47 – 0,24       | < 0,24          |      |
|                                |               |   | <b>Bueno o superior</b> | <b>Moderado</b>  | <b>Deficiente</b> | <b>Malo</b>     |      |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>     |               |   | <b>&gt; 0,6</b>         | <b>0,4-0,6</b>   | <b>0,2-0,4</b>    | <b>&lt; 0,2</b> |      |
|                                |               |   | 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 <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | >8                      | 8-6              | 6-4               | 4-2             | <2   |
|                                | Nutrientes    | Concentración de PT (µg P/L)                        | 0-4                     | 4-10             | 10-35             | 35-100          | >100 |
|                                |               |   | <b>Muy bueno</b>        | <b>Bueno</b>     | <b>Moderado</b>   |                 |      |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b> |               |   | <b>&lt; 1,6</b>         | <b>1,6 – 2,4</b> | <b>&gt; 2,4</b>   |                 |      |



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, 23b, 23c y 23d 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.

**Tabla A23a.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Rialb en invierno.

| Indicador                      | Elementos     | Parámetro   | Indicador          | Valor                   | RCE  | RCET       | PE                |
|--------------------------------|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|------------|-------------------|
| Biológico                      | Fitoplancton  | Biomasa   | Clorofila a (µg/L) | 20,3                    | 0,13 | 0,18       | Deficiente        |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>4</b>                |      |            | <b>DEFICIENTE</b> |
|                                |               |   |                    |                         |      |            |                   |
| Indicador                      | Elementos     | Indicador   | Valor              |                         |      | PE         |                   |
| Fisicoquímico                  | Transparencia | Disco de Secchi (m)                                 | 1,50               |                         |      | Moderado   |                   |
|                                | Oxigenación   | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 11,80              |                         |      | Muy Bueno  |                   |
|                                | Nutrientes    | Concentración de PT (µg P/L)                        | 84,00              |                         |      | Deficiente |                   |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b> |               |   |                    | <b>3</b>                |      |            | <b>MODERADO</b>   |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>DEFICIENTE</b>       |      |            |                   |
| <b>ESTADO FINAL</b>            |               |   |                    | <b>INFERIOR A BUENO</b> |      |            |                   |

**Tabla A23b.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Rialb en primavera.

| Indicador                      | Elementos     | Parámetro   | Indicador          | Valor                   | RCE  | RCET | PE                      |
|--------------------------------|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|------|-------------------------|
| Biológico                      | Fitoplancton  | Biomasa   | Clorofila a (µg/L) | 6,00                    | 0,43 | 0,60 | Bueno o superior        |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>2</b>                |      |      | <b>BUENO O SUPERIOR</b> |
| Indicador                      | Elementos     | Indicador   | Valor              | PE                      |      |      |                         |
| Fisicoquímico                  | Transparencia | Disco de Secchi (m)                                 | 3,86               | Bueno                   |      |      |                         |
|                                | Oxigenación   | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 10,50              | Muy Bueno               |      |      |                         |
|                                |               |   |                    |                         |      |      |                         |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b> |               |   |                    | <b>2</b>                |      |      | <b>BUENO</b>            |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>BUENO O SUPERIOR</b> |      |      |                         |
| <b>ESTADO FINAL</b>            |               |   |                    | <b>BUENO</b>            |      |      |                         |

**Tabla A23c.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Rialb en verano.

| Indicador                      | Elementos     | Parámetro   | Indicador          | Valor                   | RCE  | RCET | PE                      |
|--------------------------------|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|------|-------------------------|
| Biológico                      | Fitoplancton  | Biomasa   | Clorofila a (µg/L) | 5,30                    | 0,49 | 0,64 | Bueno o superior        |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>2</b>                |      |      | <b>BUENO O SUPERIOR</b> |
| Indicador                      | Elementos     | Indicador   | Valor              | PE                      |      |      |                         |
| Fisicoquímico                  | Transparencia | Disco de Secchi (m)                                 | 3,30               | Bueno                   |      |      |                         |
|                                | Oxigenación   | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 8,20               | Muy Bueno               |      |      |                         |
|                                |               |   |                    |                         |      |      |                         |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b> |               |   |                    | <b>2</b>                |      |      | <b>BUENO</b>            |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>BUENO O SUPERIOR</b> |      |      |                         |
| <b>ESTADO FINAL</b>            |               |   |                    | <b>BUENO</b>            |      |      |                         |

**Tabla A23d.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Rialb en otoño.

| Indicador                      | Elementos     | Parámetro   | Indicador          | Valor                   | RCE  | RCET | PE              |
|--------------------------------|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|------|-----------------|
| Biológico                      | Fitoplancton  | Biomasa   | Clorofila a (µg/L) | 12,3                    | 0,21 | 0,29 | Moderado        |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>3</b>                |      |      | <b>MODERADO</b> |
| <hr/>                          |               |   |                    |                         |      |      |                 |
| Indicador                      | Elementos     | Indicador   | Valor              |                         |      |      | PE              |
| Fisicoquímico                  | Transparencia | Disco de Secchi (m)                                 | 1,53               |                         |      |      | Moderado        |
|                                | Oxigenación   | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 10,80              |                         |      |      | Muy Bueno       |
|                                | Nutrientes    | Concentración de PT (µg P/L)                        | 32,00              |                         |      |      | Moderado        |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b> |               |   |                    | <b>3</b>                |      |      | <b>MODERADO</b> |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>     |               |   |                    | <b>MODERADO</b>         |      |      |                 |
| <b>ESTADO FINAL</b>            |               |   |                    | <b>INFERIOR A BUENO</b> |      |      |                 |

En la tabla A23e se presenta los resultados del promedio anual de las cuatro medidas del indicador biológico y la mediana de los valores del indicador fisicoquímico.

**Tabla A23e.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Rialb promedio y mediana anual.

| Indicador                              | Elementos     | Parámetro   | Indicador          | Valor                   | RCE  | RCET | PE                |
|--|---------------|---|--------------------|-------------------------|------|------|-------------------|
| Biológico                              | Fitoplancton  | Biomasa   | Clorofila a (µg/L) | 11,05                   | 0,24 | 0,33 | Deficiente        |
| <b>INDICADOR BIOLÓGICO PROMEDIO</b>    |               |   |                    | <b>4</b>                |      |      | <b>DEFICIENTE</b> |
| <hr/>                                  |               |   |                    |                         |      |      |                   |
| Indicador                              | Elementos     | Indicador   | Valor mediana      |                         |      |      | PE                |
| Fisicoquímico                          | Transparencia | Disco de Secchi (m)                                 | 2,42               |                         |      |      | Moderado          |
|  | Oxigenación   | O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L) | 10,65              |                         |      |      | Muy Bueno         |
|  | Nutrientes    | Concentración de PT (µg P/L)                        | 58,00              |                         |      |      | Moderado          |
| <b>INDICADOR FISICOQUÍMICO MEDIANA</b> |               |   |                    | <b>3</b>                |      |      | <b>MODERADO</b>   |
| <b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>             |               |   |                    | <b>DEFICIENTE</b>       |      |      |                   |
| <b>ESTADO FINAL</b>                    |               |   |                    | <b>INFERIOR A BUENO</b> |      |      |                   |

Por lo tanto, para el conjunto del año 2001, el Estado Final en cálculo anual del embalse de Rialb es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.