

HIDTMA  
ECOMAR



DIPUTACIÓN  
DE ALICANTE

ACTUACIONES AMBIENTALES EN EL ENTORNO  
DEL EMBALSE DE BENIARRÉS:  
AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL



Noviembre 2006



## Indice

---

	<u>PÁG.</u>
<b>1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>2.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS</b>	<b>4</b>
<b>3.- RESULTADOS</b>	<b>5</b>
3.1. Datos sobre el embalse de Beniarrés	5
3.2. Sobre las metodologías de estudio	8
3.3. Propuesta de actuaciones	8
3.3.1. Hidromorfología	9
3.3.2. Caracterización de la masa de agua del embalse	16
3.3.3. Estudio geofísico	24
3.3.4. Caracterización fisicoquímica de los sedimentos	28
3.3.5. Inventario de poblaciones piscícolas naturales	35
3.3.6. Auditoría medioambiental	41
<b>4.- CRONOGRAMA</b>	<b>43</b>
<b>5.- PRESUPUESTO</b>	<b>44</b>
<b>ANEJO COSTES LABORATORIO</b>	<b>46</b>



## **1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

---

La Diputación de Alicante, a petición de la Regidoria de Turisme i Medi Ambient del Ayuntamiento de Beniarrés, ha contratado con Hidtma Ecomar S.L. la realización de una Memoria técnica en la que se describan y valoren los trabajos técnicos necesarios para la realización de una Auditoría medioambiental en el embalse de Beniarrés de forma que, a partir de sus resultados, se analice la necesidad de elaborar un proyecto de actuaciones medioambientales dirigido a la recuperación o mejora de sus condiciones ambientales.

En los últimos años la preservación de la calidad del agua y/o la consecución de las medidas necesarias para la mejora de las mismas se está convirtiendo en una de las variables más importantes en las líneas de actuación medioambiental europeas, por la necesidad de gestionar adecuadamente los recursos hídricos existentes.

En este sentido la Unión Europea, desde 1988, puso de manifiesto la necesidad de establecer un nuevo marco legislativo sobre la calidad ecológica de las aguas. Este planteamiento condujo a la elaboración de una nueva Directiva que establecía los principios básicos de una política de aguas sostenible en la Unión Europea.

Como culminación de esta estrategia, en el año 2000 se aprueba la conocida como Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE), donde se establece por

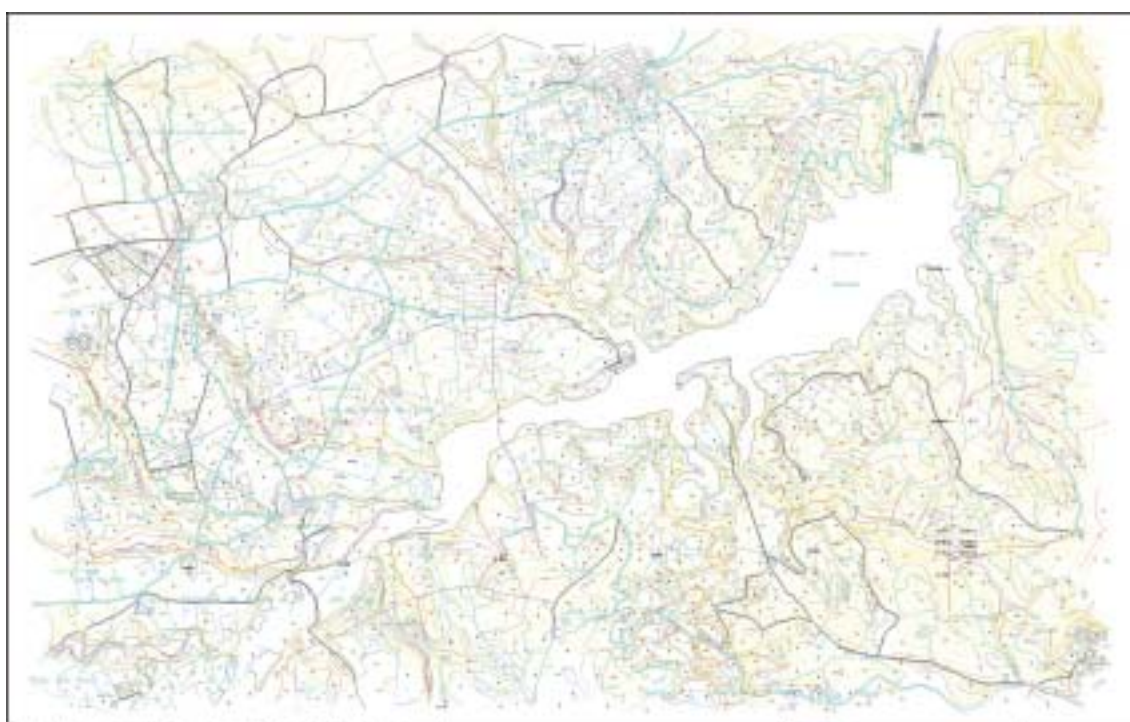


## *Memoria Técnica*

---

primera vez la necesidad de conocer el estado ecológico de las diferentes masas de agua, tanto subterráneas como superficiales, de forma que pueda concluirse con la conformación de un marco estratégico para la gestión de los ecosistemas acuáticos y la definición de una política común para alcanzar unos determinados objetivos medioambientales. De esta forma, la Directiva establece que para el año 2015 se deberá haber alcanzado un buen estado ecológico para todas las aguas europeas, así como el uso sostenible de los recursos hídricos.

Es en este contexto en el que la Diputación de Alicante y la Regidoria de Turisme i Medi Ambient del Ayuntamiento de Beniarrés se plantean la oportunidad de disponer de información suficiente sobre las características del embalse, con la finalidad de conocer la situación ambiental del mismo, haciendo un particular hincapié en las características ambientales de los sedimentos que se han ido depositando en el fondo del embalse como consecuencia de los vertidos industriales que se han producido históricamente aguas arriba del mismo.



**FIGURA 1 – Ámbito de la actuación**





## 2.-DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos realizados para la cumplimentación de los objetivos propuestos para la elaboración de la Memoria Técnica objeto del presente contrato han sido los siguientes:

- ∄ Recopilación de información sobre el embalse de Beniarrés y sus características medioambientales. Actividad destinada a disponer de información de interés sobre el entorno de trabajo y en función de los objetivos del estudio.
- ∄ Recopilación de información bibliográfica sobre estudios similares al que se pretende desarrollar en el embalse de Beniarrés. El estudio de esa documentación será de gran utilidad a la hora de definir de manera técnica y científicamente apropiada el tipo de estudios a proponer y los contenidos y extensión de los mismos.
- ∄ Elaboración de un documento en el que se describa la tipología y contenidos de los trabajos que deberían realizarse en un estudio de detalle posterior o Auditoría medioambiental. Esta descripción deberá ser suficiente para que sirva como documento técnico y metodológico para, en su día, la contratación de dichos trabajos.



## 3.- RESULTADOS

---

### 3.1. DATOS SOBRE EL EMBALSE DE BENIARRÉS

El embalse de Beniarrés se sitúa dentro del sistema del Serpis. Este embalse, según datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar, posee una presa de gravedad con una altura de 53 metros y una lámina de agua de 268 hectáreas, siendo la capacidad de embalse de unos 30 Hm<sup>3</sup>. Este embalse es de propiedad estatal, y sus aguas van destinadas al riego de las amplias superficies agrícolas situadas aguas abajo.

La existencia aguas arriba de poblaciones de relevancia, tanto poblacional como industrial (textil, tintes, papelera, etc.), ha originado que hoy en día el agua embalsada se considere como *de baja calidad*, de hecho según algunas publicaciones las aguas del embalse de Beniarrés se calificarían como aguas *hipereutróficas*.

Teniendo presente las definiciones incluidas en la Directiva Marco del Agua, los embalses pueden encuadrarse dentro de las categorías de agua superficial artificial o masa de agua muy modificada. En toda la bibliografía consultada existe unanimidad en considerar a los embalses como “*masas de agua muy modificada*”, atendiendo principalmente a que un embalse es una masa de agua superficial sometida a alteraciones físicas impuestas por la presencia de la presa y que dan lugar a alteraciones en la estructuración del sistema preexistente (río), y a que durante su funcionamiento



## Memoria Técnica

está sometido a grandes fluctuaciones en su hidromorfología, lo que lo convierte en un ecosistema particular en lo referente a la caracterización biológica de sus comunidades.

La Confederación Hidrográfica del Júcar (2005) ha llevado a cabo una clasificación de los embalses en su territorio de competencia, siguiendo los descriptores del Anexo II de la Directiva Marco del Agua (*altitud y volumen medio almacenado en el embalse*), quedando el de Beniarrés dentro de los considerados de *TIPO IV*.

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Volumen medio almacenado (hm<sup>3</sup>)</b>
I	Elevada capacidad y alto	× 800	> 15
II	Capacidad media y alto	× 800	< 15
III	Elevada capacidad y altura media	× 200 y < 800	> 15
IV	Capacidad media y altura media	× 200 y < 800	< 15
V	Elevada capacidad y tierras bajas	< 200	> 15
VI	Capacidad media y tierras bajas	< 200	< 15

*Tabla extraída del Informe para la Comisión Europea sobre los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua (Demarcación Hidrográfica del Júcar, 2005)*

De los datos extraídos de trabajos realizados por la CHJ se establece una serie de aspectos medioambientales que, considerando la zona objeto del presente estudio, podrían remarcarse las siguientes (las clases en que se diferencian son 5; *muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto*):





## Memoria Técnica

---

- ∄ Aguas arriba del embalse de Beniarrés la *presión industrial* sobre la masa de agua se considera en algunos tramos como “alta”.
- ∄ Aguas arriba del embalse de Beniarrés el nivel de *presión global por vertidos puntuales* se considera en algunos tramos como “muy baja”, en otros como “media” y en otros tramos como “alta”.
- ∄ Aguas arriba del embalse de Beniarrés el nivel de *presión por excedentes agrícolas de nitrógeno y fitosanitarios* es considerado en ambos casos como “muy bajo”.
- ∄ Aguas arriba del embalse de Beniarrés el nivel de *presión por suelos potencialmente contaminados* se considera en algunos tramos como “muy baja”, en otros como “media” y en otros tramos como “alta”.
- ∄ Aguas arriba del embalse de Beniarrés el nivel de *presión por contaminación de fuentes difusas* se considera entre “muy bajo” y “bajo”.

Con estos datos se puede observar cual es la problemática medioambiental que afectaría a la calidad de las aguas de los tramos del sistema de el Serpis anteriores al embalse, problemática que, de alguna forma, podrá incidir sobre la caracterización de las aguas embalsadas y del sedimento depositado.

Respecto del embalse en concreto, la CHJ, en base a los valores de concentración de *Clorofila a*, ha desarrollado una clasificación de *las masas de agua superficiales muy modificadas (embalses)*, considerando que se produce impacto probable cuando el estado es inferior al buen potencial, es decir a una concentración



## Memoria Técnica

---

mayor de  $15 \text{ mg/m}^3$ . A este respecto señalan para el embalse de Beniarriés valores de *Clorofila a* de  $173,2 \text{ mg/m}^3$ , el segundo más elevado de los 25 embalses estudiados.

Por último, señalar que el análisis de datos, las valoraciones y clasificación de los resultados obtenidos llevan a la CHJ a señalar que para el caso del embalse de Beniarriés existe un *Riesgo medio* de no alcanzar los objetivos medioambientales fijados en la Directiva Marco del Agua.

### 3.2. SOBRE LAS METODOLOGÍAS DE ESTUDIO

A partir de los intereses de información planteada por la Diputación de Alicante y la Regidoria de Turisme i Medi Ambient del Ayuntamiento de Beniarriés se han analizado los contenidos técnicos y metodológicos de diversos estudios similares al que se pretende llevar a cabo en el embalse de Beniarriés, y de bibliografía más específica de alguno de los temas planteados, de forma que, con la información recogida de ellos, se han diseñado de los trabajos que se propone realizar.

### 3.3. PROPUESTA DE ACTUACIONES

En este apartado se van a señalar cuáles serían las actuaciones o trabajos técnicos que se proponen para la consecución de los fines propuestos.

Para cada una de las actividades referidas se presenta una primera parte en la que se plantea las bases técnicas de diseño de los trabajos a desarrollar (número de muestras,



## Memoria Técnica

---

parámetros, etc.) y que deberán ser requisitos mínimos a cumplimentar, y de otro lado, se aportará información en su caso sobre metodologías a utilizar, las cuales podrán ser alteradas siempre y cuando los resultados a obtener sean homologables a los de los sistemas aquí descritos.

Las actuaciones propuestas se plantean con la finalidad de responder a tres compartimentos básicos de lo que del embalse de Beniarrés se desea conocer, a saber:

- ∄ Hidromorfología del embalse.
- ∄ Estado trófico de las aguas del embalse.
- ∄ Valoración del nivel de contaminación de las aguas
- ∄ Inventario de poblaciones piscícolas naturales del embalse.
- ∄ Espesor de la capa de sedimentos almacenados (potencia de fangos).
- ∄ Caracterización físico-química del sedimento.
- ∄ Valoración del nivel de contaminación de los sedimentos.
- ∄ Incidencia de factores externos sobre la calidad ambiental del embalse.

### **3.3.1. HIDROMORFOLOGÍA.**

#### **3.3.1.1. Hidrología.**

Mediante la consulta bases de datos o información bibliográfica se obtendrá información sobre:



## Memoria Técnica

---

- € Pluviometría (valores mensuales, media anual)
- € Evaporación
- € Estimación de volumen y origen de los caudales aportados al embalse
- € Volumen de agua embalsada (valores mensuales, media anual)
- € Balance hídrico del embalse (entradas y salidas, tasa de renovación)

La recopilación de información deberá considerar un periodo histórico suficiente como para asegurar la validez y calidad de los datos resultantes. Dada la diversidad de datos, y que no de todos se dispone de las mismas series históricas, el equipo autor de los trabajos deberá justificar adecuadamente los periodos utilizados, siendo potestad del Director de los trabajos la posibilidad de requerir un periodo mayor.

### **3.3.1.2. Batimetría del embalse.**

#### **3.3.1.2.1. Consideraciones previas.**

En este caso, la tecnología actual permite realizar batimetrías mediante sistemas que recogen los datos de profundidad a partir de una sonda monohaz (impulsos acústicos en un haz lineal con el que se obtiene datos del fondo situado bajo el transductor de la sonda), y a partir de sonda multihaz (múltiples haces en todas direcciones a partir del cual se obtiene una imagen total de la batimetría del fondo, pudiendo cubrir áreas enteras).



## *Memoria Técnica*

---

Este trabajo supone un acercamiento a las características morfológicas del embalse, y teniendo en cuenta la diferencia en el coste entre ambas técnicas, se considera que la precisión y calidad de los resultados obtenidos con sonda monohaz son válidos y suficientes para los fines propuestos. En consecuencia, en el presente apartado se va a hacer referencia únicamente a la realización de trabajos batimétricos mediante sonda monohaz.

### ***3.3.1.2.2. Planteamiento del trabajo. Diseño.***

Se realizará un levantamiento batimétrico del embalse de Beniarrés, ejerciendo una mayor presión de trabajo sobre la zona más cercana a la presa, de forma que en los primeros 600 metros se llevará a cabo un perfil batimétrico cada 20 metros, mientras que en el resto del embalse, y siempre que la profundidad de la columna de agua lo permita, se realizará un perfil cada 100 metros. Estos perfiles se desarrollarán en recorridos transversales al eje del embalse.

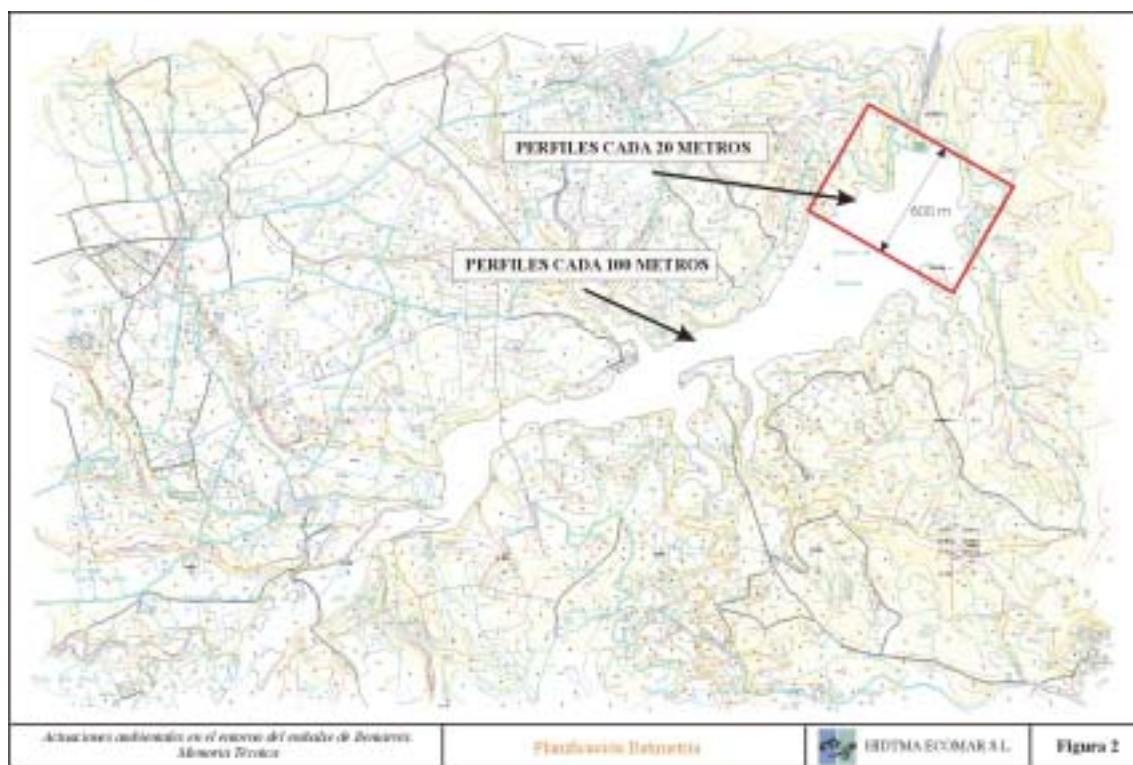


FIGURA 2



### 3.3.1.2.3. Metodología propuesta.

El **posicionamiento** de la embarcación se realizará mediante sistema DGPS con corrección diferencial por satélite. Desde la unidad GPS instalada a bordo se enviarán las coordenadas y datos complementarios a un paquete integrado de navegación y adquisición de datos en tiempo real, (software SEA-EXPLORER, HYPACK, etc.). De esta forma, se controlan las derrotas de la embarcación en tiempo real sobre los itinerarios previamente planificados, asegurando, de esta forma, la cumplimentación del trabajo diseñado en gabinete.

Este tipo de software permite además identificar continuamente la desviación standard de los datos y, por tanto, la calidad del posicionamiento.



Receptor GPS



Ecosonda (transductor y registrador gráfico)

Para la ejecución de los trabajos hidrográficos deberá instalarse en la embarcación un **sondador electrónico**. El modelo de sonda empleado para este tipo de estudios será el Ecosonda Navisound <sup>TM</sup> 215 de RESON o similar, de forma que se

asegure la obtención de un perfil gráfico continuo del fondo con una resolución de 1 centímetro.

En cuanto al transductor de la ecosonda, éste deberá quedar montado en el mismo eje de la antena del GPS, de forma que se capture la profundidad ( $h$ ) correspondiente a cada coordenada ( $X, Y$ ) UTM.

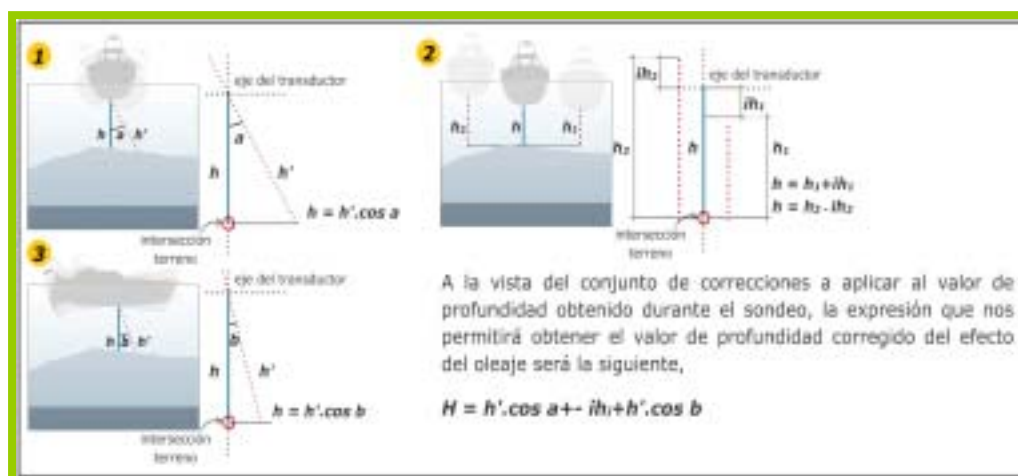


*Vista en alzado del eje del transductor y del GPS diferencial*

Los levantamientos batimétricos presentan una serie de particularidades que han de ser tenidas en consideración y que determinan en gran medida la calidad o precisión ofrecida por las mismas:

- Ä Dependiendo de las propiedades físicas que presente el agua, la velocidad de transmisión del pulso varía, debiéndose calibrar convenientemente con el objetivo de minimizar los posibles errores que del proceso de medición se pudieran cometer.

Ä Por otro lado, la masa de agua del embalse presenta un comportamiento dinámico, debido principalmente al viento y al oleaje que este pueda causar. Este comportamiento dinámico, determina la consideración de determinados errores (desplazamientos longitudinales, transversales y verticales del eje de medición del transductor) que se producen en el proceso de medición, y que deberán ser eliminados para obtener resultados precisos y acordes a los requerimientos deseados.



Errores a considerar en el levantamiento batimétrico.

#### 3.3.1.2.4. Presentación de resultados.

A partir de los registros obtenidos se procederá a la obtención de los perfiles resultantes a partir de los que se obtendrá en planta la caracterización batimétrica del vaso del embalse. Como resultado de los trabajos se entregará la siguiente documentación:



## *Memoria Técnica*

---

1. Planos a escala 1:5000 de las zonas de trabajo referidos a coordenadas U.T.M., y con curvas de nivel cada cincuenta (50) cm.
2. Perfiles transversales a escala H=1:5000 y V=1:100.

Esta información se entregará también en soporte digital y formato DWG, con la misma escala horizontal y vertical.

### **3.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MASA DE AGUA DEL EMBALSE.**

#### **3.3.2.1. Planteamiento del trabajo. Diseño.**

El estudio se centrará en la medida in situ de determinados parámetros, y en la toma de muestras para su posterior análisis de laboratorio.

El número de estaciones de muestreo será de 10, de las cuales 5 se situarán en el tercio más próximo a la presa y las otras 5 se distribuirán regularmente en los dos tercios restantes del embalse. Las estaciones de muestreo serán georreferenciadas mediante el uso de sistemas de posicionamiento por satélite (GPS), y en su ubicación exacta será de gran interés disponer de los resultados de la batimetría.

#### **3.3.2.2. Metodología de muestreo.**

En esas estaciones de muestreo se llevarán a cabo las siguientes actividades:



J Medida de parámetros *in situ*: mediante sonda multiparamétrica y para toda la columna de agua se tomarán datos sobre, *temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, pH y Eh.*

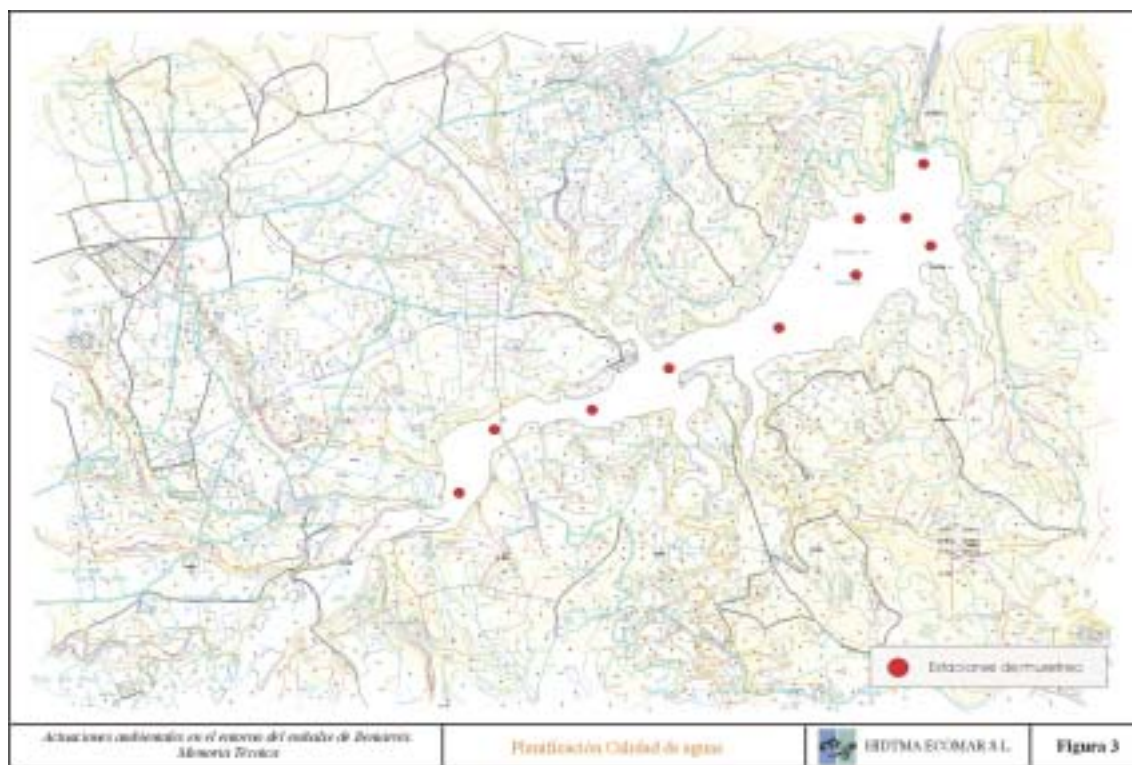


FIGURA 3



J Toma de muestras mediante botella hidrogáfica a 3 niveles de profundidad (siempre que el volumen de agua embalsada lo permita) para el análisis en laboratorio de:

- ∄ Fosfatos y fósforo total
- ∄ Nitrógeno Kjeldhal, amonio, nitratos y nitritos
- ∄ Sulfídrico
- ∄ Calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos y alcalinidad
- ∄ DBO<sub>5</sub> y DQO
- ∄ Sólidos en suspensión
- ∄ Clorofila a
- ∄ Fitoplancton
- ∄ Aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cianuros, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, sodio, vanadio y zinc.
- ∄ PCB's
- ∄ PAH total (sumatorio de 16 compuestos orgánicos diferentes:  
*Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (k) fluoranteno, Benzo (b) fluoreno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (g, h, i) perileno,*





## Memoria Técnica

---

*Criseno, Dibenzo (a, h) antraceno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1, 2, 3-cd) pireno, Naftaleno y Pireno)*

- ∉ Alacloro, Aldrín, Ametrina, Atrazina, Clorfenvinfos, Clorpirifos, DDTs (y metabolitos), Dicofol, Dieldrin, Diurón, Endosulfán, Endrín, Hexaclorobenceno, HCHs, Isodrín, Isoproturón, Metolacloro, Metoxicloro, Molinato, Paration-etil, Paratión-metil, Prometón, Prometrina, Propazina, Simazina, Terbutilazina, Tetradifón, Trifluralina, Terbutrina, Dimetoato Heptacloro, Heptacloro-epóxido.
- ∉ Coliformes totales, Escherichia coli, Enterococos fecales, Clostridium perfringes y Salmonela

J Medición de la transparencia mediante la profundidad (m) de visión de un disco Secchi de 20 cm de diámetro.

Las muestras obtenidas se etiquetarán y almacenarán adecuadamente para su traslado al laboratorio en menos de 24 horas. Las analíticas se realizarían en laboratorios acreditados y contrastada experiencia.

Se deberán realizar una campaña de muestreo cada 3 meses, de forma que el total de campañas a realizar será de 4 y el número total de muestras a extraer será 120 muestras (30 muestras/campaña) y de columnas de 40 (10 columnas/campaña).



### 3.3.2.3. Análisis de los datos. Valoración de la calidad de las aguas.

Con los resultados obtenidos se procederá a analizar el estado de las aguas embalsadas en función de:

- Evolución batimétrica de los valores en cada estación de muestreo.
- Evolución espacial de los valores para cada parámetro en cada campaña y en cada nivel de muestreo (*isolíneas*)
- Evolución temporal de los valores en cada estación de muestreo.
- Evolución espacio-temporal de los valores considerando el conjunto del embalse.

A partir de este tratamiento de los datos se caracterizará el embalse en función de los siguientes conceptos:

- Ä Estratificación de la columna de agua (identificación del *epilimnion*, *metalimnion* e *hipolimnion*) a partir de los datos de temperatura y conductividad.
- Ä Transparencia del agua a partir del análisis comparado de los valores de disco Secchi y de turbidez.
- Ä Procesos de sedimentación, a partir de la concentración de sólidos suspendidos.



## Memoria Técnica

- Ä Condiciones de oxigenación, a partir de los valores de oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y DQO
- Ä Concentración de nutrientes a partir de los valores de Nitrógeno Kjeldhal, amonio, nitratos, nitritos, fosfatos y fósforo total
- Ä Grado y tipo de mineralización del agua a partir de los valores de conductividad, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos y alcalinidad.
- Ä Distribución del fitoplancton y concentración de Clorofila a, con especial atención a la presencia de especies tóxicas.
- Ä Indicadores de contaminación microbiológica, a partir de los valores de Coliformes totales, Escherichia coli, Enterococos fecales y Salmonera.
- Ä Contaminación por metales pesados, a partir de los valores Manganeseo, hierro, zinc y cobre.
- Ä Determinación del estado trófico del embalse, a partir de los índices propuestos por la OCDE (1982) y del índice TSI del Carlson (1977):

<b>Categoría trófica</b>	<b>PT (µg/l) media anual</b>	<b>Clorofila a (µg/l) media anual</b>	<b>Clorofila a (µg/l) máximo anual</b>	<b>Disco Secchi (m) media anual</b>	<b>Disco Secchi (m) mínimo anual</b>
<i>Ultratrófico</i>	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
<i>Oligotrófico</i>	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
<i>Mesotrófico</i>	10 – 35	2,5 – 8	8 – 25	6 – 3	3 – 1,5
<i>Eutrófico</i>	35 – 100	8 – 25	25 – 75	3 – 1,5	1,5 – 0,7
<i>Hipereutrófico</i>	> 100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7

OCDE (1982)

## Memoria Técnica

Categoría trófica	Rango
<i>Ultratrófico</i>	< 20
<i>Oligotrófico</i>	20 – 40
<i>Mesotrófico</i>	40 -60
<i>Eutrófico</i>	60 -80
<i>Hipereutrófico</i>	> 80
Disco Secchi (m)	$TSI (DS) = 60 - 14,41 \ln DS$
Clorofila ( $\mu g/l$ )	$TSI (Clor.) = 9,81 \ln Clor + 30,6$
Fósforo total ( $\mu g/l$ )	$TSI (PT) = 14,42 \ln PT + 4,15$

Carlson (1977)

Ä Definición del Potencial Ecológico. Para lo cual se utilizará como valores de referencia aquellos definidos por la CHJ con la finalidad de que los resultados así obtenidos sean comparables con otro estudios que pudiera llevar a cabo dicho organismo. Si bien, podrá realizarse esta valoración teniendo en cuenta otros valores de referencia existentes en la bibliografía cuando esto se considere necesario para los fines propuestos y con la pertinente justificación.

Indicador	Elemento	Parámetro	Optimo potencial	Buen potencial	Potencial aceptable	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a ( $mg/m^3$ )	0 - 5	5 - 15	15 - 25	25 - 50	> 50
Físico-químico	Transparencia	Disco Secchi (m)	> 6	6 - 3	3 - 2	1 - 2	< 1
	Nutrientes	Fósforo total ( $mg/m^3$ )	0 - 16	16 - 32	32 - 64	64 - 128	> 128

CHJ (2005)



## Memoria Técnica

---

Otro criterio complementario para ser estudiado como indicador del potencial ecológico del embalse se centrará en las variaciones (%) del volumen de agua embalsado (*indicador hidromorfológico*), para el cual se seguirá la siguiente escala:

*Óptimo potencial:* cuando las variaciones no alcanzan el 5% de los máximos niveles.

*Buen potencial:* cuando las variaciones no alcanzan el 20% de los máximos niveles.

*Aceptable potencial:* cuando las variaciones no alcanzan el 40% de los máximos niveles.

*Deficiente/malo potencial:* cuando las variaciones superan el 40% de los máximos niveles.

- Ä Valoración del nivel de contaminación de las aguas del embalse mediante la comparación de los resultados obtenidos de los parámetros estudiados con los estándares de calidad o niveles de referencia considerados en la normativa vigente sobre calidad de aguas y en bibliografía específica.

### 3.3.3. ESTUDIO GEOFÍSICO.

#### 3.3.3.1. Planteamiento del trabajo. Diseño.

Con la finalidad de conocer cual es la potencia de fangos que por efecto del propio embalse se han ido depositando en su vaso, en la zona cercana a la presa y con una separación de líneas cada 40 metros, se llevará a cabo un estudio mediante perfilador sísmico tipo boomer o similar. Se establece como zona de actuación para el trabajo geofísico aquella situada entre las compuestas y hasta una distancia aproximada de 500 m.



*Instalación de los equipos para el control de la adquisición geofísica en el interior del barco*

#### 3.3.3.2. Metodología de muestreo.

El *Boomer* es un sistema de Perfilador sísmico que constituye una herramienta muy útil para la obtención de registros sísmicos de alta resolución, entre 0.5 y 1 m, y buena penetración, entre 25 y 50 m dependiendo de la naturaleza del sedimento, tanto en zonas someras como en zonas más profundas. El Boomer opera emitiendo energía acústica en un rango de frecuencias entre 300 hz.-3 Khz.



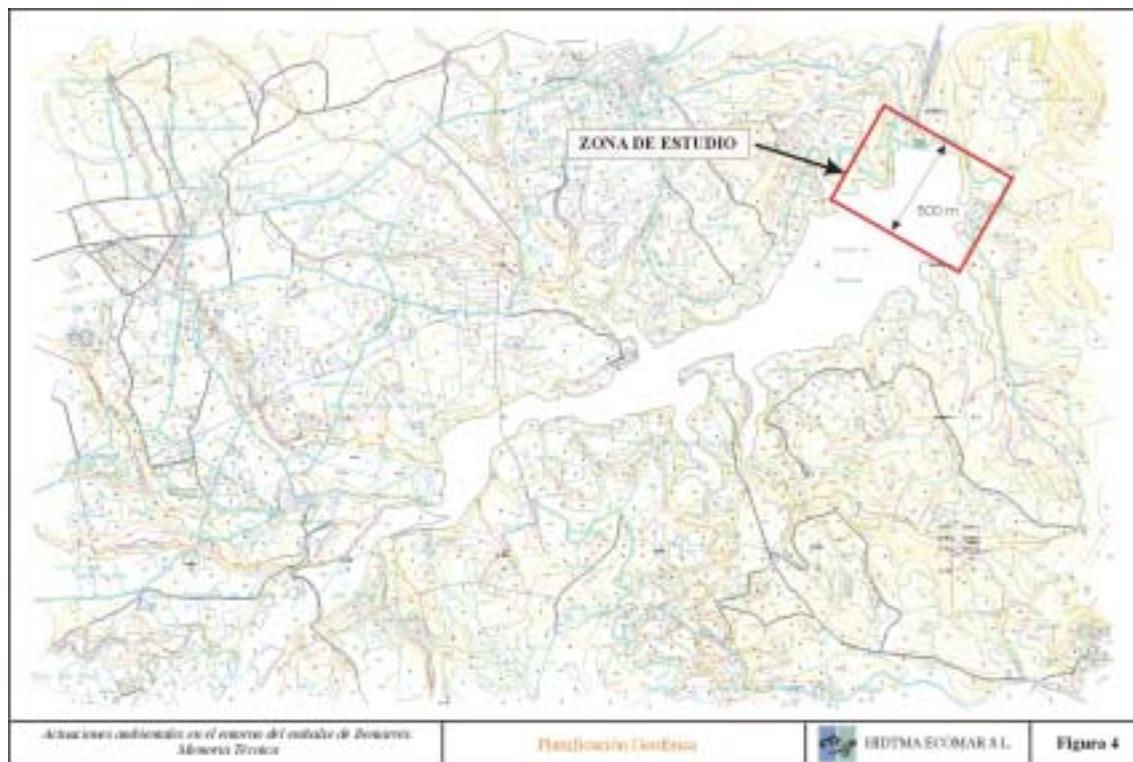


FIGURA 4

## Memoria Técnica

---

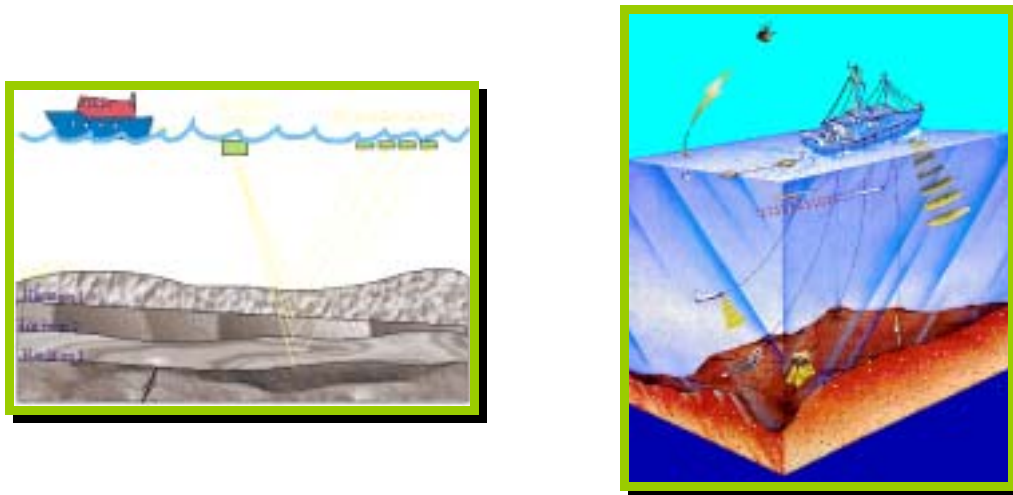
El Boomer está compuesto por una fuente portátil de 350 Julios de potencia, colocada en una plataforma con dos flotadores llamada catamarán que se arrastra en superficie a cierta distancia de popa. La fuente utilizada emite un pulso acústico a intervalos de tiempo regulares. La energía acústica transmitida es reflejada por los límites de medios con diferente impedancia acústica, resistencia que ofrece el medio a la propagación del sonido, (por ejemplo, agua-sedimento o diferentes unidades geológicas).

La señal acústica reflejada es recibida por una cadena de hidrófonos que convierte la señal reflejada en una señal bipolar analógica. La señal analógica del hidrófono puede ser filtrada y mostrada en registro gráfico, o puede ser digitalizada y, una vez en formato digital, puede ser procesada, impresa en papel o importada a un ordenador para su interpretación con el software adecuado.



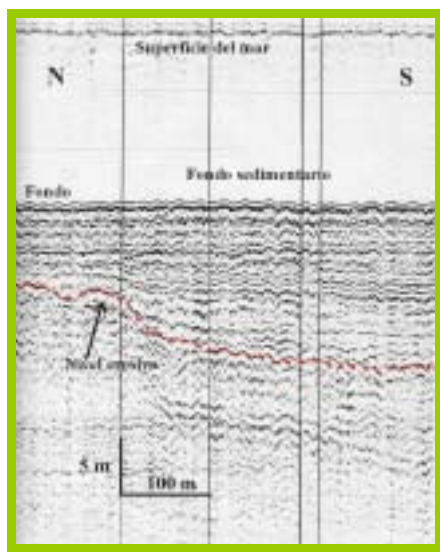
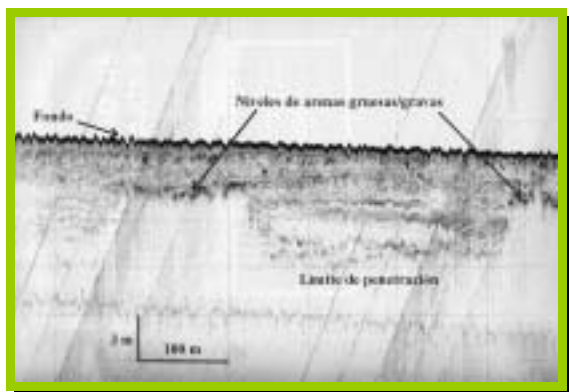
*Sistema Boomer portátil completo CSP 300  
con procesador OMS, catamarán e  
impresora Alden 9315 CTP.*

En las imágenes siguientes se muestra un esquema simplificado del sistema de perfilador Boomer donde se ilustra el principio de sismica de reflexión utilizado.



### 3.3.3.3. Análisis de los datos. Valoración del espesor de sedimentos.

El grado de penetración de la señal depende en gran medida de la composición y naturaleza de los sedimentos del fondo. Las pérdidas por reflexión determinan la cantidad de energía que absorben los diferentes estratos (reflectores), condicionando la profundidad de penetración. Los reflectores actúan a su vez como dispersores de la energía acústica dando lugar a fenómenos de dispersión en las capas no homogéneas. De esta forma se puede conocer el espesor de los sedimentos en un fondo determinado.



### 3.3.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS.

#### 3.3.4.1. Consideraciones previas.

Los sedimentos juegan un papel esencial en el mantenimiento de la calidad del agua debido a la capacidad asimilativa de los mismos para ligar, inmovilizando en ocasiones en forma casi permanente los metales pesados, herbicidas y plaguicidas. De forma que cuando se alteran ciertas condiciones físico-químicas, provocadas por efectos mecánicos (p.ej.: dragados) o se generan procesos biológicos en el fondo de los cuerpos hídricos, estos compuestos tóxicos y otros convencionales suelen liberarse, tanto desde los sólidos suspendidos como desde el sedimento en el fondo del embalse.

Alguno de ellos sólo ejercen demanda de oxígeno para su estabilización, otros más tóxicos afectan a la biota del embalse, alterando la ecología del medio circundante



## Memoria Técnica

---

al deteriorar la calidad de la columna de agua generando riesgos para la salud humana y aprovechamiento integral del recurso.

La existencia de sedimentos contaminados, constituye en algunos una amenaza potencial y en otros real de aporte de polución a la columna de agua, que puede afectar a los usos previstos del embalse incluso habiéndose tomado las medidas necesarias de restricción de los vertidos que pudieran existir en el embalse y en la cuenca de aporte al río.

Las diferentes capas de sedimento son el testimonio de las condiciones de equilibrio alcanzadas frente a una determinada situación de descarga contaminante en el tramo del río aguas arriba, de forma que las concentraciones de los diferentes elementos contaminantes vertidos al río quedan registrados históricamente en el sedimento del embalse.

A modo orientativo se puede señalar que la contaminación de origen antropogénico se diferenciaría en 4 tipos distintos en función de su procedencia y características:

### Ä Industrial.

Sector	Contaminantes principales
Construcción	Sólidos suspendidos, metales, pH.
Minería	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.



## Memoria Técnica

Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos
Textil y piel	Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácido acético, ácido fórmico, sólidos en suspensión.
Automoción	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos
Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
Química inorgánica	Mercurio, fósforo, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, hierro, manganeso, molibdeno, plomo, selenio, zinc, etc., y los compuestos de todos ellos
Química orgánica	Organohalogenados, organosilícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno
Fertilizantes	Nitratos y fosfatos
Pasta y papel	Sólidos suspendidos y otros que afectan al balance de oxígeno
Plaguicidas	Organohalogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
Fibras químicas	Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno
Pinturas, barnices y tintas	Compuestos organoestánicos, compuestos de zinc, cromo, selenio, molibdeno, cobalto, etc.

Ä Urbano. La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, si bien los sistemas de alcantarillado pueden arrastrar todo un conjunto muy diverso de contaminantes, como hidrocarburos, plomo, otros metales, ácidos, detergentes, etc.





## Memoria Técnica

---

Ä Agricultura y ganadería. Este tipo de actividad produce vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de forma difusa pero muy notable las aguas.

Para el caso del entorno del embalse de Beniarrés y por la bibliografía consultada, sería la contaminación derivada de las actividades industriales y urbanas las que presentaría una mayor importancia, además de por la relevancia industrial y urbana de alguna de sus poblaciones, por el hecho de conformarse como una situación con un significativo componente histórico.

El hecho de que esta situación de perturbación de la cuenca del río Serpis tenga un componente histórico, y que las medidas de reducción y tratamiento de vertidos sean por comparación relativamente recientes, permite deducir la posibilidad de que los sedimentos que se han ido depositando en el lecho del embalse presenten una cierta carga contaminante, y por tanto sería aconsejable que la caracterización de los sedimentos del embalse contemplase esa vertiente, es decir se analice el sedimento hasta una profundidad suficiente como para asegurar una correcta caracterización del potencial contaminante de los sedimentos.

### **3.3.4.2. Planteamiento del trabajo. Diseño.**

En función de los resultados obtenidos a partir del estudio geofísico se deberá determinar con precisión la ubicación y número de los puntos de muestreo de

## Memoria Técnica

---

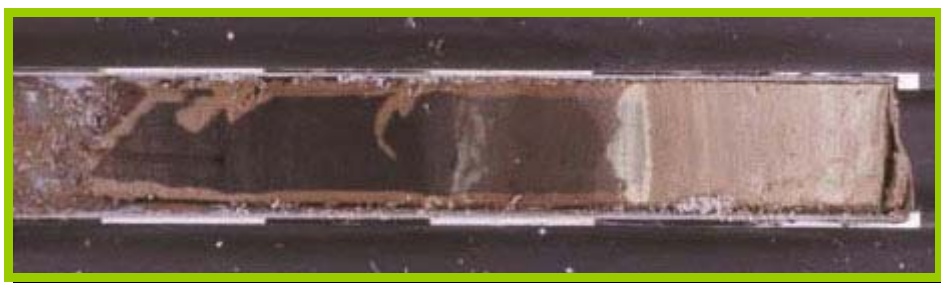
sedimentos, la cual deberá ser refrendada por el Director del trabajo. En cualquier caso, se establece un número mínimo de 10 estaciones de muestreo.

La toma de muestras se realizará mediante *vibrocorers* los cuales permiten obtener una muestra en columna (*testigo*) cuya profundidad dependerá, como se ha señalado, de la potencia de sedimento que se quiera analizar. De cada testigo extraído se extraerán 3 muestras:



- § *Zona superficial:* entre 0 y 1m de profundidad.
- § *Zona intermedia:* en la zona media de la columna o testigo
- § *Zona profunda:* entre el extremo más profundo y 1 metro sobre el fondo.

Por tanto, el número mínimo de muestras de sedimento a analizar será de 30 (3 muestras/testigo).





*Imagen de las columnas de sedimentos (testigos) extraídas del lecho de un embalse*

La extracción, envasado, conservación, almacenamiento y traslado de las muestras deberá ser conforme a las metodologías establecidas para cada uno de los parámetros a analizar, los cuales serán los siguientes:

Ä Determinaciones “in situ”.

- ∄ Características organolépticas (color, olor, textura)
- ∄ Presencia de capa reductora
- ∄ Potencial redox

Ä Analítica en laboratorio.

- ∄ Composición granulométrica
- ∄ Nutrientes: Contenido de materia orgánica total y materia orgánica oxidable; nitrógeno total, fósforo total, sulfatos
- ∄ Metales: Aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cianuros, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, sodio, vanadio y zinc.
- ∄ PCB's



## Memoria Técnica

---

- ≠ PAH total (sumatorio de 16 compuestos orgánicos diferentes: *Acenafteno*, *Acenaftileno*, *Antraceno*, *Benzo (k) fluoranteno*, *Benzo (b) fluoreno*, *Benzo (a) antraceno*, *Benzo (a) pireno*, *Benzo (g, h, i) perileno*, *Criseno*, *Dibenzo (a, h) antraceno*, *Fluoranteno*, *Fluoreno*, *Indeno (1, 2, 3-cd) pireno*, *Naftaleno* y *Pireno*)
- ≠ Plaguicidas: Alacloro, Aldrín, Ametrina, Atrazina, Clorfenvinfos, Clorpirifos, DDTs (y metabolitos), Dicofol, Dieldrin, Diurón, Endosulfán, Endrín, Hexaclorobenceno, HCHs, Isodrín, Isoproturón, Metolacloro, Metoxicloro, Molinato, Paration-etil, Paratión-metil, Prometón, Prometrina, Propazina, Simazina, Terbutilazina, Tetradifón, Trifluralina, Terbutrina, Dimetoato Heptacloro, Heptacloro-epóxido.
- ≠ Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Enterococos* fecales, *Clostridium perfringens* y *Salmonella* (sólo en la muestra superficial)

Para todas las determinaciones, tanto químicas como microbiológicas, la fracción analizada será la de tamaño inferior a 2 mm, separándose cualquier material de mayor tamaño mediante tamizado.

Para el caso de la caracterización del sedimento se considera la realización de una única campaña de muestreo a realizar principalmente entre los meses de junio, julio y agosto.



### **3.3.4.3. Análisis de los datos. Caracterización del sedimento.**

Con los resultados obtenidos se procederá a caracterizar el sedimento para todos los parámetros o tipo de parámetros empleados, (p.ej.: metales, plaguicidas, nutrientes, etc.) estudiando las posibles diferencias existentes entre los diferentes niveles de profundidad de sedimento muestreado.

Se deberá valorar el estado de contaminación de los sedimentos del embalse, teniendo en cuenta para ello los niveles, objetivos, etc., establecidos en la normativa existente y/o por comparación con datos similares extraídos de la bibliografía sobre la materia.

### **3.3.5. INVENTARIO DE POBLACIONES PISCÍCOLAS NATURALES**

#### **3.3.5.1. Planteamiento del trabajo. Diseño.**

Se plantea la ejecución de 3 campañas de muestreo, una en verano, una en otoño y otra en primavera. En cada campaña se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- J Capturas y medición de peces
- J Pesca con caña
- J Técnicas hidroacústicas



### 3.3.5.2. Metodología de muestreo.

El estudio de las poblaciones piscícolas en embalses consta de dos fases fundamentales:

- ≠ Trabajo de campo (capturas para conocer las especies presentes y estimar su abundancia y estado físico).
- ≠ Trabajo de gabinete, elaborando un informe sobre la situación de la comunidad piscícola y compararla con campañas de muestreo en otra época y/o con estudios realizados en otros embalses.

Principalmente en este documento nos referiremos a los métodos de capturas y estudio que se van a aplicar. Las técnicas a aplicar serán las siguientes:

**PESCA ELÉCTRICA.** La pesca eléctrica en embalses se realiza a lo largo de las orillas, con embarcaciones especializadas de pesca eléctrica y normalmente de noche, tras el ocaso (Liao *et al.*, 2002; Pierce *et al.*, 2001b). Solo en caso de tratarse de aguas turbias la pesca se hace de día, ya que algunos estudios han encontrado una relación entre las capturas por unidad de esfuerzo durante el día y la turbidez de las aguas (McInerney y Cross, 2000; Pierce *et al.*, 2001a).

**PESCA CON CAÑA.** La pesca con caña está considerada como otro método activo con buenos resultados en diversos países. Por ejemplo es muy adecuada para el



## Memoria Técnica

---

largemouth bass (D.W. Willis, comunicación personal), y se ha aplicado con buenos resultados, con pescadores expertos, en los inventarios realizados en los embalses de Buseo y Cortes. El objetivo de estas capturas es principalmente obtener individuos para el estudio del crecimiento (lectura de escamas), además de contribuir a las estadísticas de longitud-peso de la población y a una estimación de las capturas/pescador×hora.

**TÉCNICAS DE CAPTURA PASIVA.** Estas técnicas se basan en dispositivos que, dispuestos sin moverse en determinados puntos, consiguen que los peces queden enganchados, o bien capturados dentro de ellos. Por lo tanto, el que se realicen capturas es función del movimiento que realice el animal en cuestión (Hubert, 1996). A partir de los resultados obtenidos, se calculan las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), es decir el número de capturas dividido por el esfuerzo realizado (ya sea número de trampas, superficie de redes, horas, etc.), y de igual modo la biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE):

$$CPUE = \frac{N}{It \Delta E} \qquad BPUE = \frac{B}{It \Delta E}$$

Donde  $N$  es el número de capturas;  $B$  su peso;  $E$  (esfuerzo) los metros cuadrados de trasmallos o unidad de trampa de borneills, e  $It$  el índice estandarizado de tiempo (tiempo de captura/ tiempo máximo de captura). Dichos cálculos se hacen por separado para cada zona de las zonas de estudio, en función del hábitat predominante.

Teóricamente, las CPUE son proporcionales a la densidad poblacional presente en la masa de agua. Además de ésta, otras ventajas que presentan estos métodos, respecto a otros de capturas, son el manejo de un equipo relativamente sencillo y con personal poco especializado, su capacidad para emplearse en distintos tipos de hábitat



## *Memoria Técnica*

---

acuático y el valor comparativo que tienen los datos en relación a otros trabajos realizados con el mismo equipo.

Estas ventajas, junto a su economía, hacen que se hayan aplicado en numerosos estudios de embalses en la Península Ibérica, y por lo tanto permiten la comparación de los valores obtenidos. Las capturas pueden estar sujetas a una alta variabilidad, según la especie, el hábitat donde se colocan, etc. Esta variabilidad se da sobre todo en función de la época del año, temperatura del agua, hora del día, fluctuación del nivel del agua, turbidez y corrientes (Hubert, 1996). Para reducir en lo posible sus efectos y aumentar las capturas por unidad de esfuerzo, estas artes deben estar colocadas al menos toda una noche, pues se sabe que distintas especies de peces aumentan su actividad y movilidad tras el ocaso.

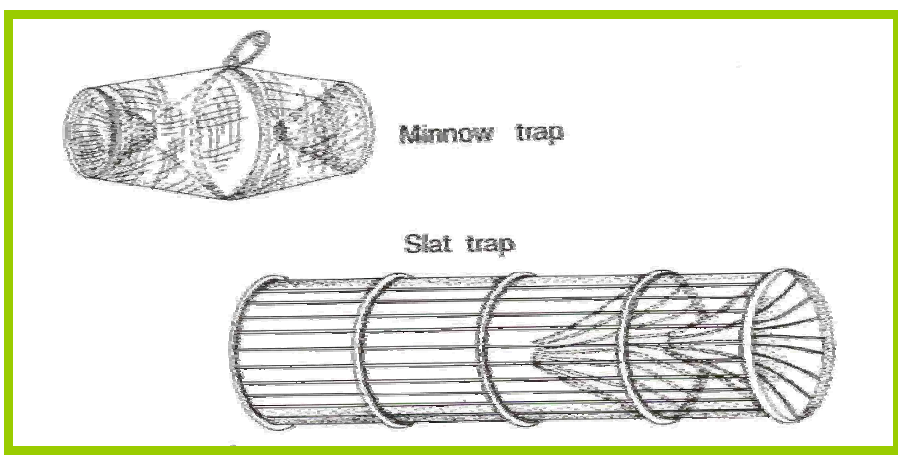
En el embalse de Beniarrés se propone utilizar estas técnicas con dos objetivos principales: obtener muestras de las distintas especies presentes en el embalse, capturando algunos de ellos para su análisis posterior, y realizar estimaciones de las capturas por unidad de esfuerzo, comparables con estudios previos de otros embalses cercanos. Se utilizarían dos tipos de artes de pesca: 8 unidades de trasmallos (de 10 x 0'95 m de superficie) y 11 unidades de borneills ("minnow traps"). En las Figuras 1 y 2 se han mostrado dibujos y una foto del tipo de artes utilizadas.

Las ventajas principales del trasmallo frente a la red de agallas son la menor selectividad de tallas (teniendo un rango mayor, a partir de una determinada longitud



## Memoria Técnica

mínima, según la especie) y que se han observado menores mortalidades de los peces capturados (Hubert, 1996). Alcanzan su mayor eficacia con peces grandes con mucha movilidad, en orillas de embalses y hábitats poco profundos (Hubert, 1996). Por ejemplo se han utilizado con mucho éxito en la captura de carpas, en embalses de Murcia, teniendo una mortalidad baja con esta técnica de captura (García de Jalón *et al.* 1999).



*Artes de captura pasiva del tipo minnow trap o borneills.*



*Imagen de un trasmallo.*



## Memoria Técnica

---

**TÉCNICAS DE CONTEO POR HIDRO-ACÚSTICA.** Se trata de una técnica empleada para la detección de peces, que no para su captura. La técnica se basa en emplear un sonar en disposición vertical, que se compone de cuatro elementos básicos: transmisor, transductor, receptor-amplificador y unidad de control. El transmisor genera una pulsación de energía eléctrica que el transductor convierte en señal acústica; esta señal se desplaza por el agua hasta incidir sobre un blanco (un pez o el fondo) en el que se refleja, remitiendo un nuevo eco hacia el transductor, que lo transforma de nuevo en señales eléctricas. El rectificador-amplificador aumenta y modifica estas señales de modo que pueda ser exhibida e interpretada adecuadamente. La unidad de control interpreta las señales según su intensidad, y permite ajustar los parámetros de la señal emitida, rango de profundidades, etc.

La hidroacústica permite localizar y contar peces individuales o bandos de ellos, pero sin determinar su especie. En función de su precisión, así como del análisis y procesado de la señal recibida, los más modernos permiten, por ejemplo, tener una estimación del tamaño del pez o del diámetro del sustrato del lecho, o detectar emergencias de larvas de insectos en las orillas (Brandt, 1996; Eckmann, 1998; Knudsen y Saegrov, 2002). En el embalse de Beniarrés se propone aplicar esta técnica en cada campaña de muestreo, para estimar el número total de peces en el embalse, así como su distribución en la masa de agua.



### 3.3.6. AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL.

Con la integración de todos los resultados obtenidos se deberá analizar la situación de forma que se disponga de una imagen suficiente y objetiva sobre el estado medioambiental del embalse de Beniarrés, en lo que respecta a la calidad de sus aguas y sedimentos.

A partir del estado ambiental resultante se deberá analizar los aspectos siguientes:

1. **Antropización del embalse**, debiendo estimar para ello la correlación existente (cualitativa) entre los resultados obtenidos en la caracterización de las aguas y sedimentos del embalse con las características y tipología de los vertidos existentes aguas arriba del embalse.

Esto precisará de la recopilación previa de información lo más exhaustiva posible sobre la tipología y caudales de los vertidos que afectan a las aguas que llegan al embalse de Beniarrés. Se deberá para ello solicitar de las administraciones públicas aquella información que pudiera ser de interés para definir aspectos como:

- Puntos de vertido
- Origen de los vertidos
- Tratamiento de los vertidos
- Caracterización de los vertidos



## Memoria Técnica

---

Se deberá señalar los resultados obtenidos de las consultas a los diferentes organismos o entidades, con indicación de la persona o personas entrevistadas y el tipo o contenido de la información facilitada.

2. **Propuestas de actuación.** En este sentido se deberán analizar cuales podrían ser las actuaciones a desarrollar en el entorno del embalse de Beniarrés con la intención de dar respuesta a:

- J La necesidad de ahondar en el conocimiento del entorno del embalse mediante la profundización en alguno de los aspectos ya tratados y/o mediante el estudio de parámetros, compartimentos ambientales, etc., no observados en este primer estudio (p.ej: vegetación, bentos, etc.).
- J La necesidad de conocer posibles medidas que aplicadas en el entorno del embalse y/o aguas arriba pudieran remediar o corregir alguno de los problemas identificados.
- J La necesidad de analizar y valorar ambientalmente los posibles usos o actividades de esparcimiento que pudieran fomentarse en el entorno del embalse.

Todas las propuestas de actuación que se citen deberán estar acompañadas de un análisis ambiental de sus posibles incidencias sobre el medio ambiente teniendo en cuenta el entorno afectable por las mismas, planteando si es el caso las posibles alternativas.

## 4.- CRONOGRAMA

A continuación se presenta una distribución temporal (*Cronograma*) de la ejecución de las distintas actuaciones propuestas, en cuya elaboración se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- J El hecho de que alguna de las actividades precise para su desarrollo de la información generada por alguna otra de las actividades desarrolladas.
- J El hecho de que algunas actividades deban coincidir en cuanto al momento de muestreo.
- J El hecho de que alguna actividad se desarrolle en una época del año concreta.

CRONOGRAMA DE ACTUACIONES		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14
HIDROMORFOLOGIA	recopilación información hidrología														
	muestreo (batimetría)														
	informe resultados														
CALIDAD AGUAS	muestreo														
	analítica														
	informe resultados														
GEOFISICA	muestreo														
	informe resultados														
CALIDAD SEDIMENTOS	muestreo				(1)										
	analítica														
	informe resultados														
POBLACIONES PECES	muestreo														
	análisis resultados														
	informe resultados														
AUDITORIA	recopilación información														
	análisis integrado de resultados														
	análisis y discusión de propuestas														
	informe final														

(1) La campaña de muestreo de sedimentos se deberá desarrollar en época estival y haciéndola coincidir en lo posible con la campaña de muestreo de calidad de aguas



## 5.- PRESUPUESTO

El coste de los trabajos propuestos tal y como han sido descritos en los capítulos precedentes asciende a la cantidad de 493.781,79€ (cuatrocientos noventa y tres mil setecientos ochenta y un euros con setenta y nueve céntimos) IVA no incluido.

El desglose del coste por conceptos sería el que se detalla en la tabla siguiente.

TOTAL ANALITICAS DE AGUA	269.368,31 €
TOTAL ANALITICAS SEDIMENTOS	55.140,87 €
BATIMETRÍA Y GEOFÍSICA	21.230,00 €
VIBROCORERS	26.400,00 €
INVENTARIO POBLACIONES PISCICOLAS	17.600,00 €
RECOPIACION INFORMACION	6.000,00 €
ANALISIS DE PROPUESTAS DE ACTUACIÓN	3.000,00 €
INFORME FINAL	6.000,00 €
<b>TOTAL TRABAJOS</b>	<b>404.739,18 €</b>
<b>G.G. Y B.I. (22%)</b>	<b>89.042,62 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>493.781,79 €</b>

Del estudio previo de la información disponible y del análisis de inicial de las muestras de agua se puede descartar la presencia de ciertos elementos contaminantes cuyo análisis, tanto para la determinación de la calidad de las aguas como para la de sedimentos, sería innecesario, abaratando sensiblemente el importe por estos conceptos.



## Memoria Técnica

---

En el anejo adjunto al presente texto se presenta un desglose de los costes unitarios del análisis de laboratorio respecto de las muestras de agua y de las de sedimento.

La presente Memoria ha sido elaborada por el equipo de Hidrotma Ecomar S.L., actuando como técnico responsable D. Ignacio Giner Ponce, y contando para su desarrollo con la colaboración de:

- J RED CONTROL S.L. – *Analítica de aguas y sedimentos*
- J GEHYM S.L. – *Batimetría, geofísica y sondeos vibrocorer*
- J Escuela Politécnica Superior de Gandia, Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente – *Poblaciones piscícolas*

En Valencia a 21 de noviembre de 2006

Fdo. Ignacio Giner Ponce  
Subdirector general





*Anejo*

---

## **Anejo**

---

# **Costes Laboratorio**



### Anejo

AGUAS	
parámetro	precio (sin IVA)
PAH total	110.82
PCBs	121.55
PLAGUICIDAS	299.64
Amonio (NH <sub>4</sub> )	11.12
Cianuro libre	21.51
Clorofila	23.02
Cloruros	11.52
Demanda Biológica de Oxígeno	31.85
Demanda Química de Oxígeno	23.02
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	14.05
Fósforo total (P)	14.05
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	23.38
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	12.92
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	12.92
Sólidos suspendidos	10.40
Sulfatos	17.77
Sulfuros	14.39
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	18.67
Aluminio total	20.88
Arsénico total	20.88
Boro total	20.88
Bario total	20.88
Berilio total	20.88
Calcio total	20.88
Cadmio total	20.88
Cobalto total	20.88
Cromo total	20.88
Cobre total	20.88
Hierro total	20.88
Mercurio total	20.88
Potasio total	20.88
Magnesio total	20.88
Manganeso total	20.88
Sodio total	20.88
Níquel total	20.88
Plomo total	20.88
Antimonio total	20.88
Selenio total	20.88
Vanadio total	20.88
Zinc total	20.88
Clostridium perfringens	12.25
Coliformes totales	12.25
Escherichia Coli	12.25
Enterococos intestinales	12.25
Salmonella	15.54
SUMA	1316.58

PAH
Acenafteno
Acenaftileno
Benzo (a) pireno
Benzo (b) fluoreno
Benzo (ghi) perileno
Benzo (k) fluoranteno
Benzo(a)antraceno
Criseno
Dibenzo(a,h)antraceno
Fluoreno
Fluoranteno
Nafataleno
Indeno (1,2,3-cd) pireno
Pireno

PLAGUICIDAS	
a-HCH	Paratión etil
Aldrín	Paratión metil
b-HCH	Terbutilazina
d-HCH	Tetradifón
Dieldrín	Trifluralina
Dicofol	Dimetoato
Diurón	Ametrina
Endosulfán I	Atrazina
Endosulfán II	Prometón
Endrín	Prometrina
g-HCH(Lindano)	Propazina
Heptacoloro epóxido (B)	Simazina
Hexacolorobenceno	Terbutrina
Isodrín	4,4-DDD
Isoproturón	4,4'-DDE
Metoxicloro	4,4'-DDT
Alacloro	a-HCH
Clorfenvinfos	b-HCH
Clorpirifos	d-HCH
Metolacloro	Heptaclor
Molinate	Trifluralina



Anejo

SEDIMENTO	
parámetro	precio (sin IVA)
Plaguicidas	299.64
PAH total	110.82
PCBs	121.55
Granulometría	27.71
Materia orgánica oxidable	10.40
Materia orgánica total	10.40
Nitrógeno total	23.38
Fósforo total (P2O5)	20.88
Sulfatos (SO4)	17.77
Aluminio total	20.88
Arsénico total	20.88
Boro total	20.88
Bario total	20.88
Berilio total	20.88
Cadmio total	20.88
Cobalto total	20.88
Cromo total	20.88
Cobre total	20.88
Cianuro	30.80
Hierro total	20.88
Mercurio total	20.88
Manganeso total	20.88
Sodio (Na)	20.88
Níquel total	20.88
Plomo total	20.88
Antimonio total	20.88
Selenio total	20.88
Vanadio total	20.88
Zinc total	20.88
Clostridium perfringens	12.25
Coliformes totales	12.25
Escherichia Coli	12.25
Enterococos intestinales	12.25
Salmonella spp.	15.54
SUMA	1134.70

PLAGUICIDAS
Aldrín
Alacloro
Ametrina
Atrazina
Clorfenvifos
Clorpirifos
Dicofol
Dieldrín
Diurón
Endosulfán
Endrín
Heptaclor epóxido
Hexaclorobenceno (HCB)
Hexaclorociclohexano-alfa
Hexaclorociclohexano-beta
Hexaclorociclohexano-gamma
Isodrín
Isoproturón
Metolacloro
Metoxicloro
Molinato
Parantion-etil
Prometón
Prometina
Propazina
Simazina
Terbutilazina
Tetradifón
Trifluralina
Terbutrina
Dimetoato Heptacloro
Heptacloro-epóxido
p,p'-DDD
p,p'-DDE
p,p'-DDT

PAH total
Acenafteno
Acenaftileno
Antraceno
Benzo(a)antraceno
Benzo(a)pireno
Benzo(b)fluoreno
Benzo(g,h,i)perileno
Benzo(k)fluoranteno
Criseno
Dibenzo(a,h)antraceno
Fluoranteno
Fluoreno
Indeno(1,2,3,c,d)perileno
Naftaleno
Pireno