



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO
COMISARÍA DE AGUAS

ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA ACTUALIZACIÓN LIMNOLÓGICA DE EMBALSES

EMBALSE DE MEQUINENZA

2002

URS

El embalse de Mequinenza (figura 6.-1) regula las aguas del tramo medio del río Ebro. Tiene una elevada capacidad (1.530 hm³ en la cota 121) y está destinado a la producción hidroeléctrica.

En el muestreo (29-08-02) el embalse se encontró en la cota 112,07 lo que supone un volumen de 966,7 hm³. Este valor es acorde con la época del año, y con la serie histórica disponible (figura 6.-2). Los resultados de los análisis realizados se presentan en las tablas 6.-1 (datos fisico-químicos del agua y sedimento) y tabla 6.-2 (fitoplancton) y en la figura 6.-3 (perfiles). Dada la extensión del embalse se realizaron perfiles en 4 puntos del embalse (figura 6.-1); en el más cercano a la cola (en M-4) se tomaron las muestras correspondientes al tributario.

6.1. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO DE 2002

6.1.1. Agua

6.1.1.1 Temperatura

El embalse presenta estratificación térmica en la zona más profunda (cerca de la presa) (figura 6.-3), donde la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo es de 10 °C. En el resto del embalse la estratificación del agua es más débil (2 °C de diferencia entre la superficie y el fondo). En la presa la termoclina se encuentra entre 18 y 25 m de profundidad y está asociada con una marcada oxiclina y con clinas de conductividad y pH.

6.1.1.2 Transparencia

La transparencia del agua es baja en todo el embalse, excepto en la zona próxima a la presa. La profundidad de visión del disco de Secchi y la turbidez presentan los siguientes valores:

	ME-1 Presa	ME-2 Medio 1	ME-3 Medio 2	ME-4 Cola
Prof. Disco Secchi (m)	3,76	1,75	0,53	0,24
Turbidez (NTU) sup.	0,4	1,3	8,1	107
Turbidez (NTU) fondo	124	0,7	33-35	143

La profundidad del Disco de Secchi es muy baja en la zona de Chiprana (0,24 m en ME-4) y de Caspe (0,53 m en ME-3) y aumenta hacia la presa donde alcanza 3,76 m. Los perfiles de la turbidez (figura 6.-3) muestran máximos muy elevados en la cola (143 NTU en Chiprana) debidos a fitoplancton (aguas muy verdes) y en el agua adyacente al fondo (124 NTU) por la movilización de los lodos. La concentración de sólidos en suspensión es moderada-baja en la presa (2,6 - 3,2 mg/L) y elevada en la cola (92 mg/L).

6.1.1.3 Mineralización

La mineralización de las aguas es elevada. El rango de conductividad del agua varía entre 1.153 a 2.517 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los valores aumentan desde la cola a la presa y desde el fondo a la superficie. Se aprecian clinas de conductividad acusadas en el tramo medio del embalse y más débiles en la presa (figura 6.-3).

La concentración de calcio es elevada, entre 112 y 154 mg/L en la presa (superficie y fondo) y de 253 mg/L en la cola. La alcalinidad es, asimismo, elevada (2,7 y 4,5 meq/L en la presa y 4,8 meq/L en la cola). El pH es básico y varía entre 8,4 y 7,2 (disminuye en el perfil según el estado de oxigenación de las aguas).

6.1.1.4 Nutrientes

Las concentraciones de nutrientes son elevadas y se encuentran en el rango conocido para el embalse (Base de datos de la CHE, 1996):

	Embalse	Rango B.D. 1996	Tributario	Rango B.D. 1996
Nitrato (mg/L)	0,3-7,25	0,25-13	12,8	1,13-6,4
Nitrito (mg/L)	<0,001-0,07	-	0,16	-
Amonio (mg/L)	0,12-4	0,01-4,7	-	0,03-2,2
Fósforo total (mg/L)	0,013-0,65	-	0,25	-
P-PO ₄ (mg/L)	0,009-0,63	<0,01-0,48	0,11	<0,01-0,31

La concentración de nitrato en el tributario es superior al rango histórico, si bien esto puede estar influido por la localización del punto de muestreo.

6.1.1.5 Oxígeno disuelto y metales

El embalse presenta anoxia (<1 mg/L de oxígeno disuelto) en el hipolimnion a partir de 18 m de profundidad (figura 6.-3). Las aguas turbinadas son anóxicas, no obstante éstas se oxigenan en la cola de Ribarroja y especialmente después de recibir las aportaciones del río Segre.

Las concentraciones de hierro y manganeso son moderadas. La concentración de manganeso en el agua de fondo (0,22 mg/L) supera el límite de las aguas prepotables tipo A-2 (0,1 mg/L). En este agua se detecta SH₂ (2,2 mg/L).

6.1.2. Sedimento

El sedimento es limoso y se encuentra muy reducido (foto 4). Es negro en su capa superficial y presenta olor a SH₂ y algo de gas. En su composición predomina el carbono orgánico (91 mg/g de Peso Seco). Los contenidos de nutrientes son moderados (3,2 mg/g PS de nitrógeno y 0,66 mg/g PS de fósforo) (tabla 6.-1).

Clasificación de	C inorgánico	C. orgánico	N total	P total
Kelly et al.¹	mg/g sedimento Peso Seco			
Contenido bajo	-	< 26,5	<1,65	<0,22
Contenido medio	-	26,5 – 65,5	1,65 – 57,7	0,22 – 1,17
Contenido elevado	-	65,5 – 85,1	57,7 – 78,5	1,17 – 1,65
Cont. muy elevado	-	>85,1	>78,5	>1,65
Mequinenza	59	91	3,2	0,66

6.1.3. Organismos

6.1.3.1 Fitoplancton y clorofila

La concentración de clorofila (6,8 mg/m³) es propia de eutrofia moderada, al igual que la densidad del fitoplancton (5.373 cel./ml). El macrofitoplancton está dominado por clorofíceas (*Closterium* sp.) y también hay cianofíceas (*Microcystis aeruginosa*). En el microfitoplancton los grupos de algas más representados son clorofíceas (en especial *Planctonema lauterbornii*) y diatomeas (*Cyclotella*) (tabla 6.-2).

En los tramos medio y de cola del embalse había aguas muy verdes, en las que probablemente dominaban clorofíceas y cianofíceas.

6.1.3.2 Zoobentos

No hay organismos del zoobentos en la draga extraída cerca de la presa. Las condiciones reductoras del agua y del sedimento impiden el desarrollo de la comunidad zoobentónica.

¹ Kelly M., Hite R., Rogers K. 1984. Analysis of superficial sediment from 63 Illinois lakes. *Lake and Reservoir Management*: 248 – 252.

6.1.4. Estado trófico

El estado trófico del embalse se define en función de los indicadores de OCDE y del índice del estado trófico de Carlson (TSI).

OCDE:

De acuerdo con los indicadores de la OCDE, el embalse es eutrófico según la concentración de fósforo total y es mesotrófico según la concentración de clorofila y el Disco de Secchi.

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
Hipereutrófico	>100	>25	>75	<1,5	<0,7
Mequinenza (2002)	329¹	6,8²	-	3,8²	-

¹ Valor medio superficie y fondo

² Valores puntuales de agosto-2.002

La extensión del embalse favorece un cierto proceso de autodepuración de las aguas, desde la cola a la presa. En la cola y tramo medio el nivel trófico sería de eutrofia de acuerdo con la escasa profundidad del Disco de Secchi.

ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO:

El índice de estado trófico de Carlson (TSI) estimado a partir de la profundidad del Disco de Secchi, y de las concentraciones de clorofila y de fósforo total (media de la superficie y el fondo), para el dato puntual del muestreo (en la presa), corresponde al límite de eutrofia moderada a eutrofia (tabla 1 en el Apéndice).

Parámetros	Funciones del estado trófico por parámetros	Valor de los parámetros	Valor TSI
DS (m)	$TSI (DS) = 60 - 14,41 \cdot \ln DS$	3,8	41
Clorofila ($\mu\text{g/L}$)	$TSI (Clor.) = 9,81 \cdot \ln Clor. + 30,6$	6,8	49
P tot ($\mu\text{g/L}$)	$TSI (P \text{ tot}) = 14,42 \cdot \ln P \text{ tot.} + 4,15$	329	88
-	$Media TSI = (TSI (DS) + TSI (Clor.) + TSI (P \text{ tot}))/3$	-	59

6.1.5. Diagnóstico del emisario

No existe tramo fluvial bajo la presa de Mequinenza sino que la cola del embalse de Ribarroja alcanza el muro de la presa (foto 3); las aguas turbinadas (37 m³/s en día 29-08-02) pueden ser anóxicas y presentar SH₂ (como en el presente muestreo). No obstante los efectos son locales y el agua se oxigena con rapidez; esto está favorecido por las aportaciones del río Segre, que desemboca aguas abajo de la presa, y por la presencia de macrófitos sumergidos.

6.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE TENDENCIAS

6.2.1. Estado trófico

La comparación de los parámetros indicadores del estado trófico para el embalse de Mequinenza en los periodos estivales de 1996 y 2002 se muestra en el siguiente cuadro:

		1996	2002
Cota media verano (julio a septiembre)	m	117,63	114,63
Clorofila	mg/m ³	2,2	6,8
Prof. Disco de Secchi	m	5,06	3,8
Índice de Carlson		-	59
Nº Células de Fitoplancton	cél./ml	-	5.373
Riesgo de blooms algales		Si	Si
Fosfato ¹	mg/L	<0,01-0,48	0,009-0,63
Fósforo total ¹	mg/L	-	0,013-0,65
Amonio fondo	mg/L	1,6	4
Anoxia hipolimnética		Si	Si
Zoobentos	Indiv./m ²	-	0
ESTADO TRÓFICO		Mesotrófico-Eutrófico	Mesotrófico-Eutrófico

¹ En 1996 datos recopilados en la base de datos de diferentes años; en 2002 datos de superficie y fondo.

El embalse se encuentra entre la Mesotrofia y la Eutrofia (diagnóstico para la presa) al igual que en 1996. No obstante en el 2002, la eutrofia es algo más elevada que en 1996.

6.2.2. Riesgos ambientales

- **Riesgo más importante:** Este es el vertido de aguas anóxicas y con tóxicos (NH_4 y SH_2) en la cola del embalse de Ribarroja, lo que podría favorecer una mortandad de peces. No obstante el riesgo se considera moderado y de efectos locales, dado que las aportaciones del Segre a pocos metros aguas abajo contribuyen a la oxigenación del agua. En los tramos medios y de la cola pueden producirse proliferaciones de cianofíceas.
- **Recomendación:** Controlar los efectos del turbinado de aguas anóxicas en condiciones de sequía (medir el alcance de la pluma anóxica en Ribarroja). Si se realizan abastecimientos del embalse, y en condiciones de proliferación de algas, analizar la posible toxicidad del agua (microcistinas).

Tabla 6.-1

EMBALSE DE MEQUINENZA

Agosto, 2002

RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROQUÍMICO

	Unidades	Embalse - presa		Tributario	Emisario ¹
		Superficie	Fondo	Ebro	Ebro
Profundidad	m	S	52	S	S
Temperatura	°C	23,9	13,8	23,6	19,5
Conductividad	µS/cm	1.153	1.519	2.517	1.421
Turbidez	ntu	0,4	1,3	106,7	0,5
Sólidos en suspensión	mg/L	2,6	3,2	92,5	-
pH	und.	8,39	7,5	8,13	7,55
Alcalinidad	meq/L	2,72	4,57	4,80	-
Calcio	mg/L	112,2	153,9	253,3	-
Nitrito	mg/L	0,069	<0,001	0,165	-
Nitrato	mg/L	7,25	0,30	12,81	-
Amonio	mg/L	0,12	4,0	**	0,4
Fósforo total	mg/L	0,013	0,645	0,255	-
Fosfato disuelto (P-PO4)	mg/L	0,009	0,631	0,113	-
Oxígeno disuelto	mg/L	8,2	0,0	8,2	0,9
Sulfhídrico (SH ₂)	mg/L	-	2,2	-	<0,02
Hierro	mg/L	0,02	0,12	0,01	-
Manganeso	mg/L	0,08	0,22	0,05	-
Clorofila (superf.)	mg/m3	6,8	-	-	-
Profundidad disco de Secchi	m	3,8	-	-	-

¹ Agua turbinada por la C.H.de Mequinenza

** No hay lectura debido a interferencias

RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SEDIMENTO

		Presa
Carbono orgánico	mg/g C	91
Carbono inorgánico	mg/g Calizas	59
Nitrógeno Total	mg/g sed.P.S.	3,2
Fósforo Total	mg/g sed.P.S.	0,66

Tabla 6.-2

FITOPLANCTON DEL EMBALSE DE MEQUINENZA

Septiembre-02

INVENTARIO	Abundancia¹
CIA NOFÍCEAS	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	3
CLOROFICEAS	
<i>Oocystis marsonii</i>	2
<i>Pediastrum duplex</i>	1
<i>P. chlathratum</i>	1
<i>P. boryanum</i>	1
<i>Closterium aciculare</i>	5
<i>Staurastrum sp.</i>	1
PERIDINEALES	
<i>Ceratium hirundinella</i>	1

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

RECUE NTOS	Recuentos de células por mililitro²	Porcentaje
CIA NOFÍCEAS (%)		12,28
<i>Oscillatoria sp</i>	660	
CRIF TOFÍCEAS (%)		4,04
<i>Cryptomonas ovata</i>	52	
<i>Rhodomonas minuta</i>	165	
CRISO FÍCEAS (%)		16,64
Flagelados sp. pl.	894	
DIATOMEAS (%)		31,92
<i>Coscinodiscus sp.</i>	23	
<i>Cyclotella cf. compta</i>	1.624	
<i>Melosira granulata</i>	30	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	38	
CLORO FÍCEAS (%)		35,05
<i>Chlamydomonas sp.</i>	75	
<i>Oocystis sp. pl.</i>	150	
<i>Ankistrodesmus sp. pl.</i>	68	
<i>Scenedesmus sp. pl.</i>	90	
<i>Staurastrum sp.</i>	23	
<i>Closterium aciculare</i>	127	
<i>Planctonema lauterbornii</i>	1.350	
DINO FÍCEAS %		0,07
<i>Ceratium hirundinella</i>	4	
TOTAL	5.373	100

²Concentrado de 50 ml

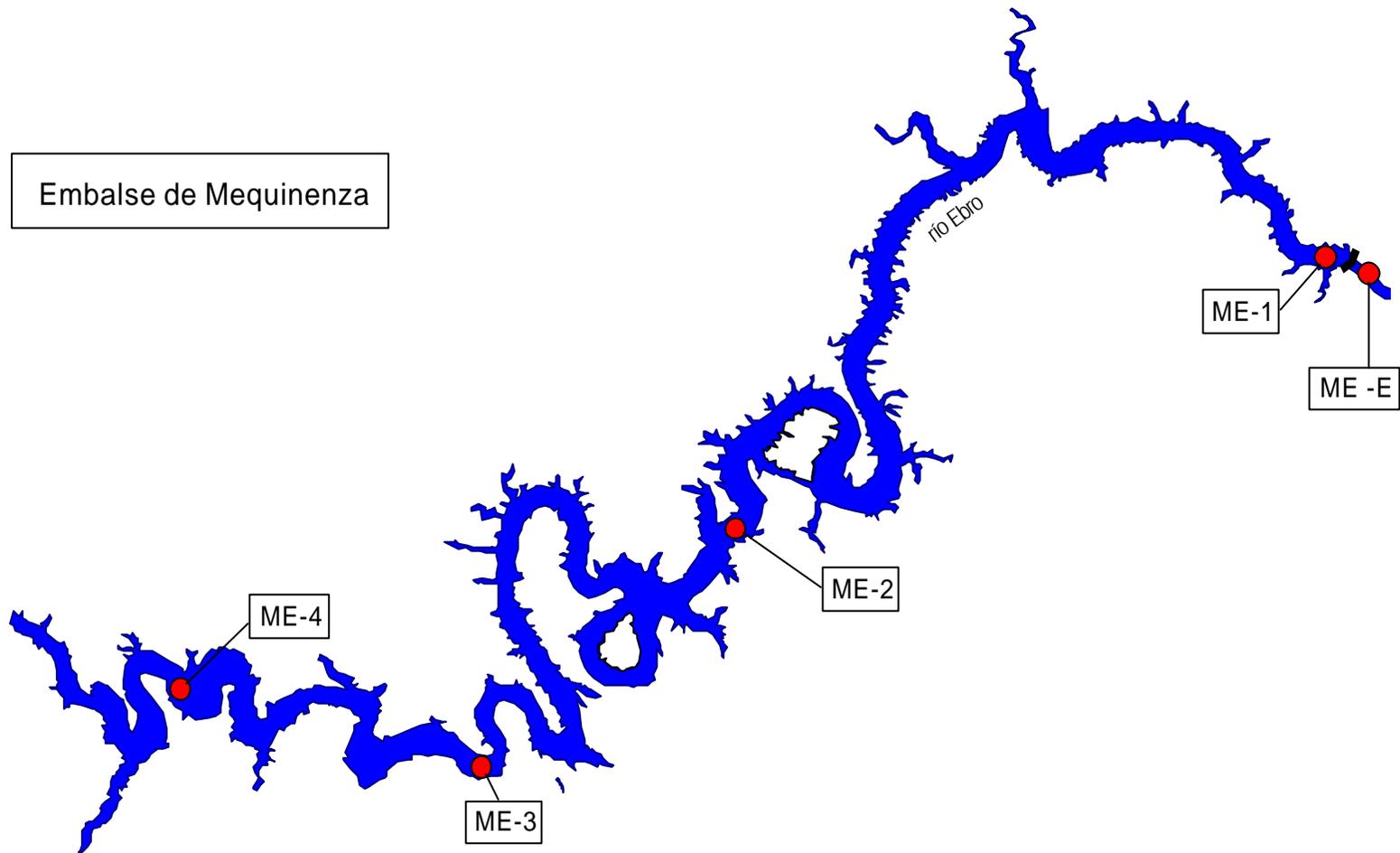
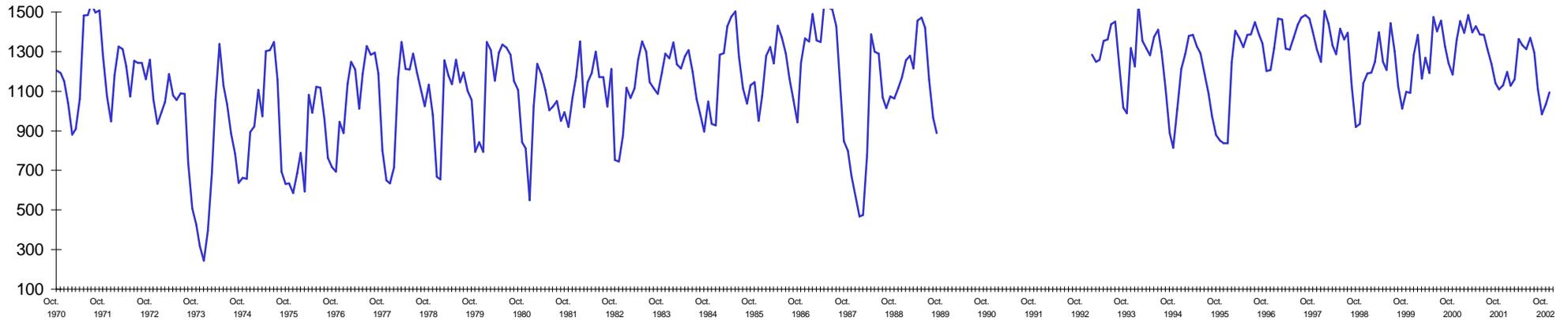


Figura 6.-1. Localización de los puntos de muestreo en el embalse de Mequinenza, en el verano de 2002.

EMBALSE DE MEQUINENZA

VOLUMEN EMBALSADO (hm³)



FLUCTUACIÓN DEL EMBALSE (m)

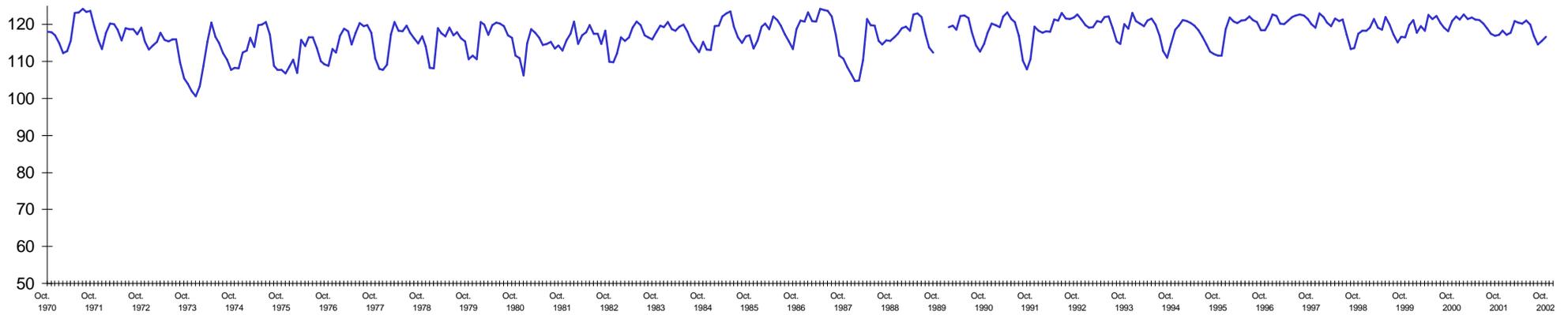


Figura 6.-2

Variación de los parámetros hidrológicos en los años indicados. No se dispone de datos entre 1990 y 1996 para el volumen embalsado.

EMBALSE DE MEQUINENZA

TIEMPO DE RESIDENCIA (meses)

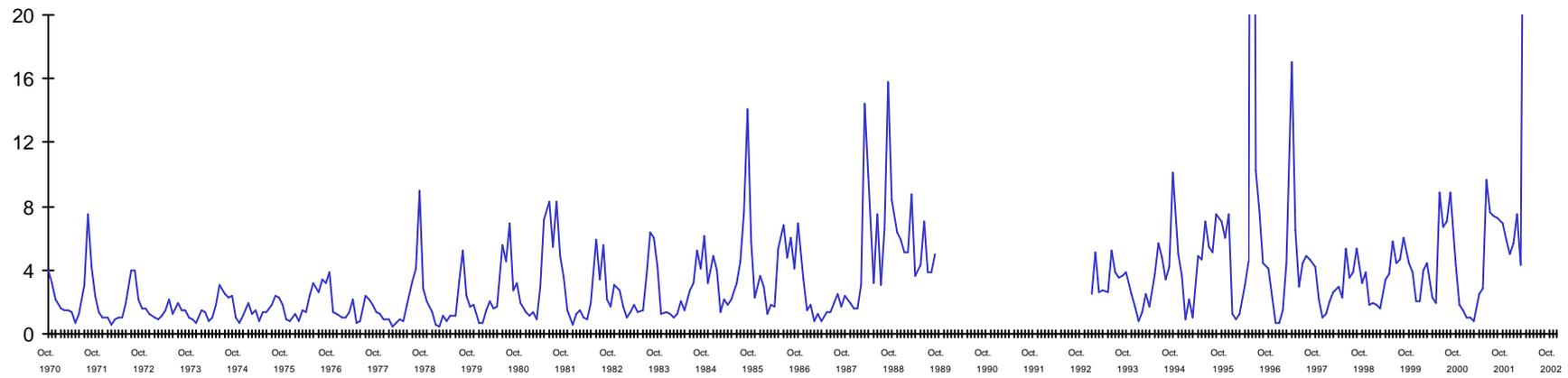


Figura 6.-2 Continuación.

EMBALSE DE MEQUINENZA

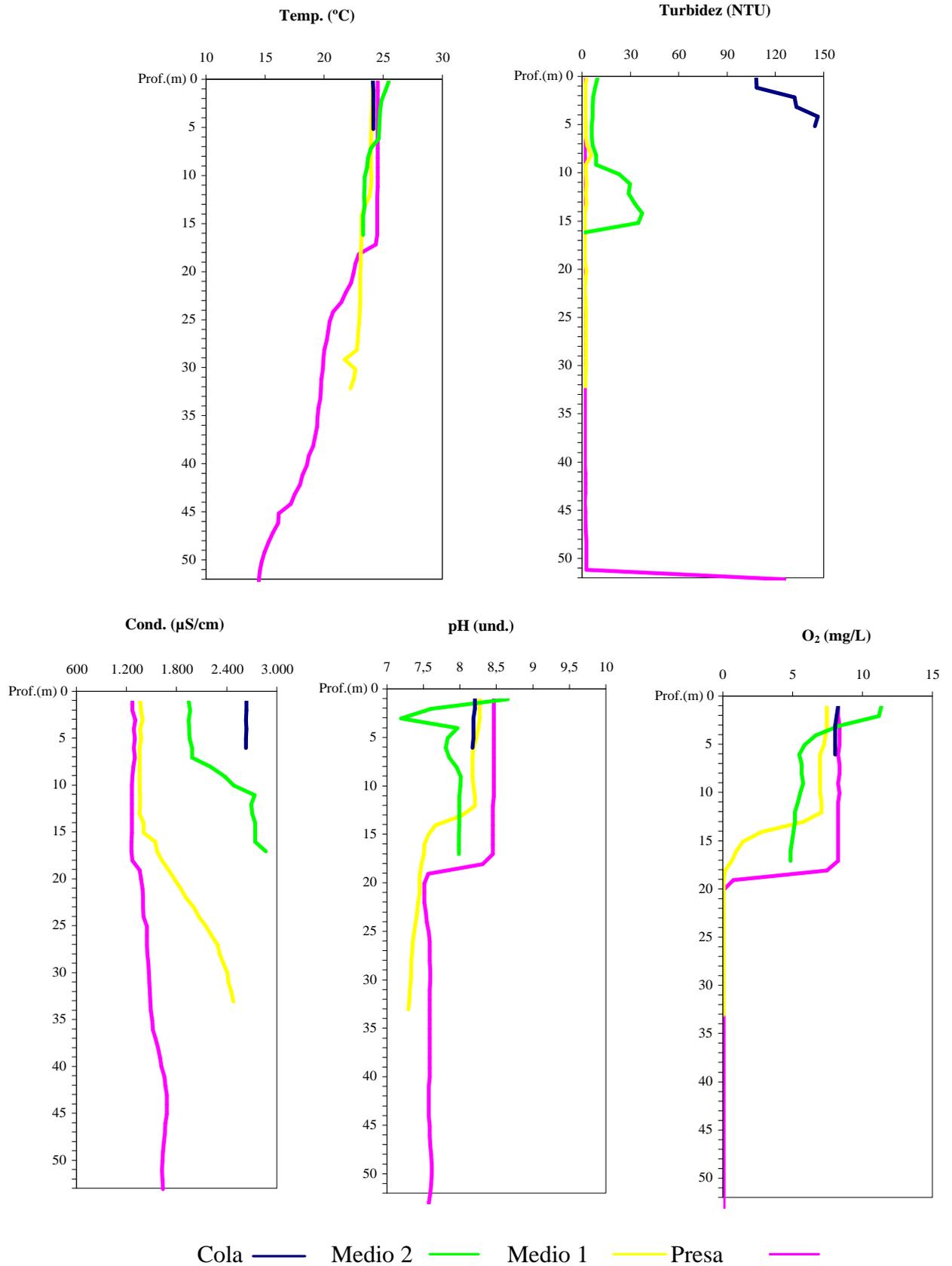


Figura 6.-3

Perfiles de temperatura, turbidez, conductividad, pH y oxígeno disuelto en el agua del embalse, el día 29 de agosto del 2002.



Foto 1. Vista de la presa de Mequinenza (29-08-2002).



Foto 2. Vista del embalse en las inmediaciones de la presa.

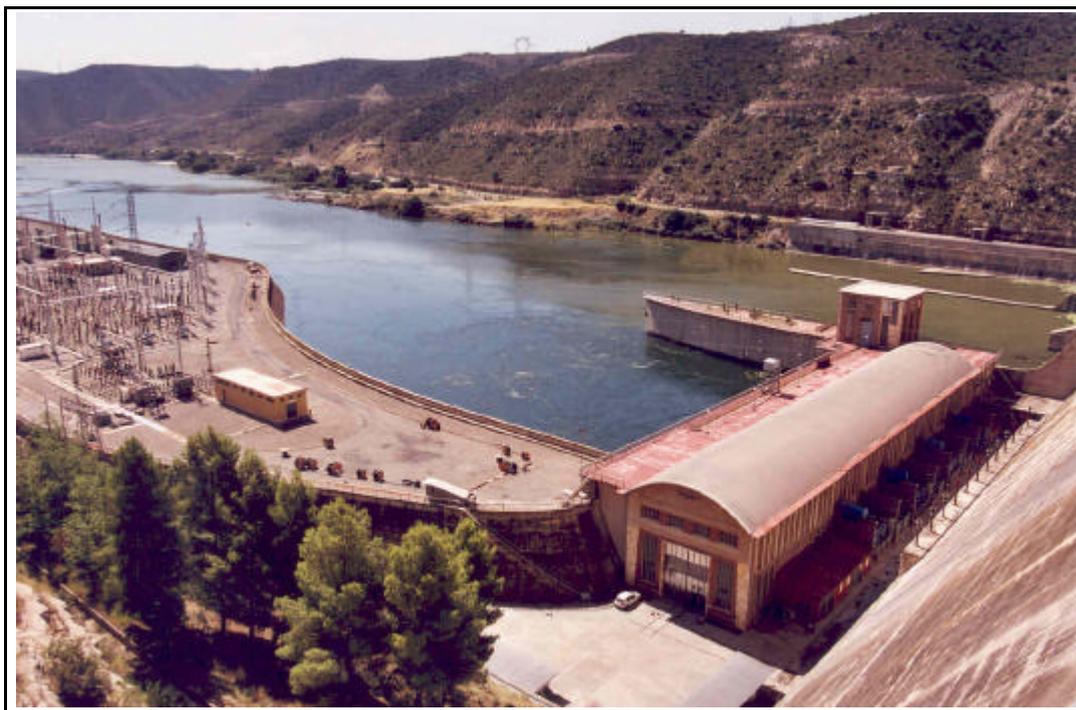


Foto 3. Central hidráulica de Mequinenza y vertido (turbinados) en la cola del embalse de Ribarroja.



Foto 4. Sedimento extraído del embalse frente a la presa. Está reducido (color negro, olor a SH_2) y presenta textura limosa.