

3.2. EMBALSES

La red de control biológico en embalses ha sufrido, como la de ríos, cambios a lo largo de los dos años de duración de los trabajos. Estos cambios responden a la modificación de competencias en la gestión de las cuencas de los ríos Tinto, Odiel y Piedras y en la parte onubense de la cuenca del Guadiana, aprobada en el transcurso de este periodo.

El diseño inicial de la red constaba de 60 estaciones de muestreo distribuidas en 33 embalses, 29 en la cuenca del Guadiana, 2 en la cuenca del Tinto y otros 2 en la cuenca del Piedras (Tabla 113). A raíz de las modificaciones comentadas, desde la dirección del proyecto se estimó oportuno sustituir las 11 estaciones pertenecientes a embalses situados en las zonas de cambio de administración competente. Estas estaciones se han sustituido por otras ubicadas en embalses de la cuenca del Guadiana, siguiendo criterios de tamaño de los embalses en su elección. La red definitiva está integrada por 60 estaciones distribuidas en 32 embalses, todos ellos en la cuenca del Guadiana (Tabla 114).

Tabla 113. Diseño inicial de la Red de Control Biológico en embalses. Estaciones muestreadas en invierno de 2005.

ESTACIÓN	EMBALSE	SITUACIÓN
E011	Gasset	presa
E012	Gasset	cola río Becea
E021	Torre de Abraham	presa
E022	Torre de Abraham	cola río Bullaque antes entrada Milagro
E031	Gargáligas	presa
E041	Cubilar	presa
E051	Cancho del Fresno	presa
E061	Ruecas	presa
E071	Sierra Brava	presa
E072	Sierra Brava	cola arroyo Pizarroso
E081	Cornalbo	presa
E091	Proserpina	presa
E101	El Boquerón	presa
E111	Horno Tejero	presa
E121	Los Canchales	presa
E131	Villar del Rey	presa
E132	Villar del Rey	cola ríos Zapatón y Albarragena
E141	Peñarroya	presa
E151	El Vicario	presa
E152	El Vicario	cola río Guadiana
E161	Cijara	presa
E162	Cijara	brazo río Estena
E163	Cijara	cuerpo principal del embalse
E164	Cijara	cola río Guadiana
E171	García de Sola	presa
E172	García de Sola	cuerpo principal (aguas abajo del arroyo Pelochejo)
E173	García de Sola	cola (puente carretera Herrera-Castilblanco)
E174	García de Sola	brazo Valdecaballeros (río Guadalupejo)
E181	Orellana	presa
E182	Orellana	cuerpo central del embalse (puente Cogolludos)
E183	Orellana	cola río Guadiana
E184	Orellana	cuerpo central del embalse II (entre Cogolludos i cola)
E191	Montijo	presa
E201	Puerto de Vallehermoso	presa
E211	La Cabezuela	presa
E221	Vega del jabalón	presa
E231	La Serena	presa
E232	La Serena	cuerpo central del embalse
E233	La Serena	cola principal (río Zújar)
E234	La Serena	cola río Guadalemar
E235	La Serena	cuerpo central del embalse (aguas abajo de confluencia Esteras-Zújar)
E241	Zújar	presa
E242	Zújar	cola
E251	Los Molinos	presa
E261	Alange	presa
E262	Alange	brazo río Palomillas
E263	Alange	cola principal (río Machel)
E264	Alange	brazo arroyo Valdemedé
E271	Tentudía	presa
E281	Chanza	presa
E282	Chanza	cola río Chanza
E283	Chanza	cola (desembalse de Andévalo)
E291	Andévalo	presa
E292	Andévalo	cola principal (río Malagón)
E293	Andévalo	cola secundaria (río Cobica)
E301	Jarrama	presa
E311	Corumbel bajo	presa
E321	Piedras	presa
E322	Piedras	cola
E331	Los Machos	presa

Tabla 114. Diseño definitivo de la Red de Control Biológico en embalses. Estaciones muestreadas en verano de 2006.

ESTACIÓN	EMBALSE	SITUACIÓN
E011	Gasset	presa
E012	Gasset	cola río Becea
E021	Torre de Abraham	presa
E022	Torre de Abraham	cola río Bullaque antes entrada Milagro
E023	Torre de Abraham	brazo río Milagro
E031	Gargáligas	presa
E041	Cubilar	presa
E051	Cancho del Fresno	presa
E061	Ruecas	presa
E071	Sierra Brava	presa
E072	Sierra Brava	cola arroyo Pizarroso
E081	Cornalbo	presa
E091	Proserpina	presa
E101	El Boquerón	presa
E111	Horno Tejero	presa
E121	Los Canchales	presa
E122	Los Canchales	cola
E131	Villar del Rey	presa
E132	Villar del Rey	cola ríos Zapatón y Albarragena
E141	Peñarroya	presa
E142	Peñarroya	cola
E151	El Vicario	presa
E152	El Vicario	cola río Guadiana
E161	Cijara	presa
E162	Cijara	brazo río Estena
E163	Cijara	cuerpo principal del embalse
E164	Cijara	cola río Guadiana
E165	Cijara	brazo arroyo Fresnedoso
E171	García de Sola	presa
E172	García de Sola	cuerpo principal (aguas abajo del arroyo Pelochejo)
E173	García de Sola	cola (puente carretera Herrera-Castilblanco)
E174	García de Sola	brazo Valdecaballeros (río Guadalupejo)
E181	Orellana	presa
E182	Orellana	cuerpo central del embalse (puente Cogolludos)
E183	Orellana	cola río Guadiana
E184	Orellana	cuerpo central del embalse II (entre Cogolludos y cola)
E191	Montijo	presa
E201	Puerto de Vallehermoso	presa
E211	La Cabezuela	presa
E221	Vega del jabalón	presa
E231	La Serena	presa
E232	La Serena	cuerpo central del embalse
E233	La Serena	cola principal (río Zújar)
E234	La Serena	cola río Guadalemar
E235	La Serena	cuerpo central del embalse (agua abajo de confluencia Esteras-Zújar)
E236	La Serena	brazo río Esteras
E241	Zújar	presa
E242	Zújar	cola
E251	Los Molinos	presa
E261	Alange	presa
E262	Alange	brazo río Palomillas
E263	Alange	cola principal (río Matachel)
E264	Alange	brazo arroyo Valdemedé
E271	Tentudía	presa
E341	Valdecaballeros	presa
E342	Valdecaballeros	cola
E351	Piedra Aguda	presa
E361	El Agujón	presa
E371	Valuengo	presa
E381	Azud del Ruecas	presa

Los trabajos ofertados incluían dos campañas de muestreo en cada estación, una en época de mezcla y otra en época de estratificación de los embalses. En invierno de 2005 se llevó a cabo la primera de estas campañas, en la que se muestrearon las estaciones del diseño inicial de la red (Tabla 113). Los muestreos en condiciones de estratificación se realizaron en verano de 2006, ya sobre la nueva red, con la sustitución de estaciones anteriormente comentada (Tabla 114).

En cada estación de muestreo se han analizado parámetros biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos, según muestra la Tabla 115.

Tabla 115. Parámetros analizados en los muestreos de las estaciones de la Red de Control Biológico en embalses.

	PARÁMETRO	INVIERNO 2005	VERANO 2006
INDICADORES BIOLÓGICOS	Fitoplancton	X	X
	Pigmentos fotosintéticos	X	X
	Zooplancton	X	X
	Invertebrados bentónicos	X	X
	Macrófitos	X	X
	Peces		X
INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS	Perfil de la columna de agua (temperatura, turbidez, conductividad, oxígeno, pH)	X	X
	Profundidad del Disco de Secchi	X	X
	Alcalinidad*	X	X
	Calcio*	X	X
	Nutrientes* (fósforo total, fosfatos, sílice, amonio, nitritos y nitratos)	X	X
INDICADORES HIDRO-MORFOLÓGICOS	Datos característicos del embalse (superficie, volumen, profundidad máxima)		X
	Tiempo de residencia		X
	Fluctuaciones del nivel		X
	Volúmenes relativos del epilimnion y el hipolimnion		X

*Analizado en laboratorio

En condiciones de mezcla las muestras para análisis en laboratorio se tomaron en superficie y fondo. En verano, además de superficie y fondo se tomaron muestras en la termoclina y en el hipolimnion cuando se consideró necesario para tener una mejor caracterización de la columna de agua.

3.2.1. RESULTADOS

3.2.1.1. INDICADORES BIOLÓGICOS

3.2.1.1.1. *Fitoplancton y Pigmentos Fotosintéticos*

Las muestras para identificación y recuentos de fitoplancton y las de pigmentos fotosintéticos se obtuvieron mediante una muestra integrada de diferentes profundidades que comprende toda la columna correspondiente a la zona fótica. Esta técnica se considera la más adecuada por los fitoplanctólogos expertos consultados, y es la técnica más habitualmente empleada en la actualidad para caracterizar los embalses (siguiendo las indicaciones del Anexo V de la DMA).

El análisis de la muestrea de fitoplancton se ha realizado mediante el método Utermöhl (Lund *et al*, 1958).

Para la muestra de fitoplancton cualitativo se utilizó una red de 35 μm de luz de malla, realizando un arrastre en el seno del agua, de forma horizontal, hasta conseguir un filtrado visible. Estas muestras permiten un análisis de abundancias relativas de los diferentes taxones, que complementa el obtenido en las muestras de botella.

Para determinar la concentración de clorofila-a se recogieron las muestras mediante filtración *in situ* de volúmenes conocidos de agua. Los filtros se guardaron en frío y a oscuras hasta su determinación en laboratorio. La extracción de los pigmentos se realizó con acetona y se cuantificaron por espectrofotometría de absorción molecular en el laboratorio.

La Tabla 116 muestra las concentraciones de clorofila-a en las estaciones muestreadas.

Tabla 116. Concentración de clorofila-a en las estaciones de embalses de la Red de Control Biológico del Guadiana en invierno de 2005 y verano de 2006.

ESTACIÓN	EMBALSE	SITUACIÓN	CLOROFILA (mg-clo/m ³)	
			Invierno 05	Verano 06
E011	Gasset	presa	8,3	5,4
E012	Gasset	cola río Becea	8,8	5,0
E021	Torre de Abraham	presa	4,5	1,8
E022	Torre de Abraham	cola río Bullaque antes entrada Milagro	4,4	3,5
E023	Torre de Abraham	brazo río Milagro	sin muestreo	2,3
E031	Gargálgas	presa	4,6	3,3
E041	Cubilar	presa	28,1	4,5
E051	Cancho del Fresno	presa	20,9	3,2
E061	Ruecas	presa	28,4	2,8
E071	Sierra Brava	presa	3,3	3,0
E072	Sierra Brava	cola arroyo Pizarroso	5,6	5,7
E081	Cornalvo	presa	4,3	5,8
E091	Proserpina	presa	7,5	11,2
E101	El Boquerón	presa	5,8	3,9
E111	Horno Tejero	presa	2,6	1,7
E121	Los Canchales	presa	9,7	22,5
E122	Los Canchales	cola	sin muestreo	28,6
E131	Villar del Rey	presa	7,6	2,5
E132	Villar del Rey	cola ríos Zapatón y Albarragena	8,8	1,5
E141	Peñarroya	presa	2,8	1,6
E142	Peñarroya	cola	sin muestreo	2,7
E151	El Vicario	presa	48,0	28,9
E152	El Vicario	cola río Guadiana	43,3	93,3
E161	Cijara	presa	1,9	1,2
E162	Cijara	brazo río Estena	2,6	1,4
E163	Cijara	cuerpo principal del embalse	2,2	3,1
E164	Cijara	cola río Guadiana	2,9	1,7
E165	Cijara	brazo arroyo Fresnedoso	sin muestreo	3,8
E171	García de Sola	presa	3,0	1,9
E172	García de Sola	cuerpo principal (aguas abajo del arroyo Pelochejo)	3,5	2,6
E173	García de Sola	cola (puente carretera Herrera-Castilblanco)	3,2	1,7
E174	García de Sola	brazo Valdecaballeros (río Guadalupejo)	3,0	2,9
E181	Orellana	presa	0,9	1,9
E182	Orellana	cuerpo central del embalse (puente Cogolludos)	2,3	1,2
E183	Orellana	cola río Guadiana	2,7	2,5
E184	Orellana	cuerpo central del embalse II (entre Cogolludos y cola)	2,2	1,9
E191	Montijo	presa	sin muestreo	74,6
E201	Puerto de Vallehermoso	presa	4,9	4,5
E211	La Cabezeuela	presa	2,1	1,5
E221	Vega del Jabalón	presa	49,3	46,0
E231	La Serena	presa	0,6	1,6
E232	La Serena	cuerpo central del embalse	1,4	1,8
E233	La Serena	cola principal (río Zújar)	9,8	34,7
E234	La Serena	cola río Guadalemar	1,8	7,4
E235	La Serena	cuerpo central del embalse	2,4	6,5
E236	La Serena	brazo río Esteras	sin muestreo	25,0
E241	Zújar	presa	1,5	1,7
E242	Zújar	cola	5,7	0,9
E251	Los Molinos	presa	9,6	11,8
E261	Alange	presa	1,0	1,9
E262	Alange	brazo río Palomillas	1,8	1,5
E263	Alange	cola principal (río Matachel)	2,9	7,9
E264	Alange	brazo arroyo Valdemedé	3,8	2,0
E271	Tentudía	presa	10,6	40,7
E281	Chanza	presa	2,5	sin muestreo
E282	Chanza	cola río Chanza	3,4	sin muestreo
E283	Chanza	cola desembalse de Andévalo	2,2	sin muestreo
E291	Andévalo	presa	1,4	sin muestreo
E292	Andévalo	cola principal (río Malagón)	2,6	sin muestreo
E293	Andévalo	cola secundaria (río Cobica)	1,8	sin muestreo
E301	Jarrama	presa	2,4	sin muestreo
E311	Corumbel Bajo	presa	5,4	sin muestreo
E321	Piedras	presa	11,0	sin muestreo
E322	Piedras	cola	13,8	sin muestreo
E331	Los Machos	presa	4,6	sin muestreo
E341	Valdecaballeros	presa	sin muestreo	5,7
E342	Valdecaballeros	cola	sin muestreo	1,9
E351	Piedra Aguda	presa	sin muestreo	49,2
E361	El Aguijón	presa	sin muestreo	12,4
E371	Valuengo	presa	sin muestreo	137,8
E381	Azud del Ruecas	presa	sin muestreo	4,3

Normalmente existe una buena correlación entre la clorofila-a y el número total de algas obtenido en los recuentos de fitoplancton sedimentado. En los embalses de la cuenca del Guadiana esta correlación se ha analizado de forma independiente para las muestras de invierno de 2005 y de verano de 2006. En ambos casos la correlación encontrada es bastante buena, aunque ligeramente superior en los datos de verano ($r = 0,74$ en invierno y $r = 0,83$ en verano). Se debe tener en cuenta que siempre existen factores de distorsión debidos a sólidos orgánicos, materiales en suspensión, etc.

La correlación entre densidades de células de fitoplancton y concentración de clorofila-a se representa gráficamente en la Figura 124, en la que se muestran también los coeficientes de correlación obtenidos con los datos de los dos muesteos y las ecuaciones que relacionan ambas variables.

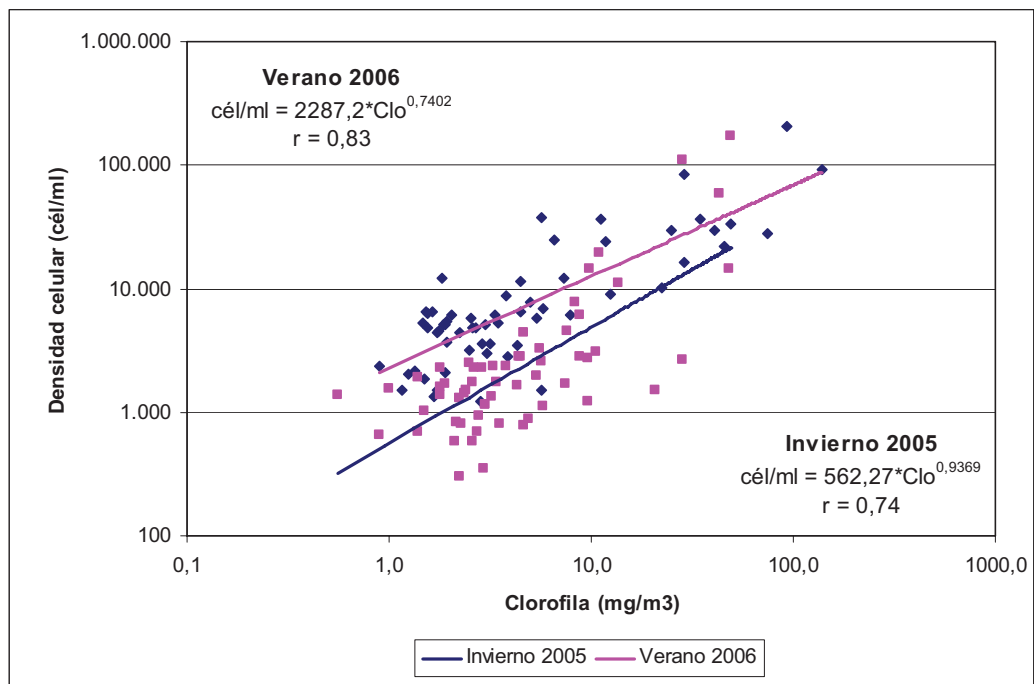


Figura 124. Correlación entre densidades de células de fitoplancton y concentración de clorofila-a en las muestras de invierno de 2005 y verano de 2006 de las estaciones en embalses de la Red de Control Biológico del Guadiana.

Los resultados completos de los recuentos y del fitoplancton de red se presentan en las Tablas 47 a 50 del Anexo II.I.

En los embalses de la CHG, se han identificado un total de 265 taxones entre las muestras de invierno de 2005 y las de verano de 2006. El grupo mejor representado en ambos muestreos es el de las clorófitas, con un total de 127 taxones identificados. Las cianobacterias también se hallan bien representadas con 43 taxones presentes, 31 de ellos son cianobacterias potencialmente productoras de cianotoxinas, y se presentan particularmente en

las muestras de verano. En cuanto a diatomeas, forman el tercer grupo en importancia, con un total de 31 taxones identificados. Euglenofíceas y Dinoflageladas aparecen especialmente en verano y se han identificado 15 taxones en cada uno de los grupos. Criptofíceas y Xantofíceas son los grupos con menor relevancia con 11 y 3 taxones respectivamente.

Según la densidad celular del fitoplancton (células/ml), los embalses de la Cuenca del Guadiana se sitúan en un nivel trófico de meso-eutrofia en la campaña de verano de 2006. Del total de 60 puntos de muestreo, 37 de ellos han dado recuentos celulares elevados (> 9.500 cél/ml), que indican eutrofización del embalse, mientras que 23 se mantendrían en niveles correspondientes a oligotrofia (< 5.000 cél/ml). En cambio, si se observan los resultados de los recuentos celulares de las muestras de invierno 2005, se aprecia que solamente en 9 de los puntos muestreados la densidad celular se corresponde con valores meso-eutróficos (entre 5.000 y 9.500 cél/ml), mientras que los 50 puntos restantes se corresponden bien con niveles de oligotrofia (< 5.000 cél/ml).

Las asociaciones fitoplanctónicas que se presentan con mayor frecuencia en los recuentos son características de aguas mesotróficas y eutróficas de zonas templadas. Así pues, los taxones más abundantes pertenecen al grupo de las cianobacterias, concretamente a los géneros *Pseudanabaena* spp., *Anabaena* spp., *Planktothrix agardhii*, *Oscillatoria* sp., *Geitlerinema* sp. y *Aphanizomenon* spp. en cuanto a filamentosas, y *Merismopedia* spp., *Microcystis* spp., *Synechocystis aquatilis*, *Woronichinia naegeliana* y *Aphanocapsa holsatica* en lo que se refiere a colonias esféricas o laminares. Cabe destacar que dentro de este grupo, la mayoría de especies son susceptibles de producción de cianotoxinas. En lo que se refiere al resto de grupos presentes, es notable la abundancia de *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella* spp., *Fragilaria crotonensis* y *Fragilaria* spp. (diatomeas); un grupo de pequeñas flageladas pertenecientes a las crisofíceas es muy abundante especialmente en invierno; *Cryptomonas* spp. y *Rhodomonas minuta* (criptofíceas); *Scenedesmus* spp., *Coelastrum* spp., *Oocystis* spp., *Pediastrum* spp., y *Sphaerocystis schroeteri* y *Dictyosphaerium* spp., (clorofíceas coloniales) y *Schroederia* spp. y *Monoraphidium* spp. (clorofíceas unicelulares de reducido tamaño).

Las especies que aparecen con mayor frecuencia en el macrofitoplancton son principalmente las mismas que aparecen en los recuentos (a excepción de las criptofíceas que escapan a la red), a las que hay que añadir algunos taxones más como *Gomphosphaeria* sp. (cianobacteria), *Ceratium hirundinella* (dinoflagelada); *Oocystis borgei*, *Pediastrum simplex*, *Pseudosphaerocystis lacustris*, *Sphaerocystis schroeteri*, *Staurastrum* sp. y *Volvox aureus*.(clorofíceas coloniales). De modo que el conjunto de especies del macrofitoplancton es el que se espera encontrar en aguas con cierto nivel de mineralización y disponibilidad de nutrientes.

3.2.1.1.2. Zooplancton

El muestreo de zooplancton en los embalses se realizó mediante pescas verticales desde la embarcación con red cónica de plancton, con una boca circular de 30 cm de diámetro y 100 µm de luz de malla.

Las muestras se depositaron en envases apropiados, debidamente etiquetadas y fueron fijadas con formaldehído al 4%.

El análisis en el laboratorio se realizó con un estereomicroscopio de 40 aumentos e iluminación hiposcópica y con un microscopio con capacidad entre 40 y 1000 aumentos. La muestra se agitó dentro del vial, se vertió un volumen conocido en una placa de Petri analizando posteriormente el contenido mediante el estereomicroscopio. Se realizaron transectos hasta que se consiguió elaborar un inventario completo y la obtención de estimas semicuantitativas. Muchas de las especies requieren disección y observación microscópica de caracteres taxonómicos para su identificación, utilizando técnicas muy especializadas, razón por la cual resulta imprescindible que las determinaciones vayan a cargo de un experto.

Los resultados del análisis del zooplancton de los embalses del Guadiana llevado a cabo en invierno de 2005 y en verano de 2006 se presentan en las Tablas 51 y 52 del Anexo II.II. A partir de estos resultados, que corresponden a dos situaciones extremas en las aguas embalsadas, es posible caracterizar adecuadamente las características de la comunidad.

Invierno de 2005

La comunidad zooplanctónica es muy uniforme en todos los embalses estudiados y posee 22 branquiópodos, 11 especies de copépodos, 21 especies de rotíferos y 2 ciliados.

Las especies planctónicas más características son:

- Los branquiópodos *Daphnia longispina*, *D. pulicaria*, *Ceriodaphnia pulchella*, *C. dubia*, y *Bosmina longirostris*
- Los copépodos *Copidodiaptomus numidicus*, *Cyclops vicinus* y *Acanthocyclops robustus*.
- Los rotíferos *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis* y *Polyarthra* sp. pl.

Verano de 2006

La comunidad de zooplancton continúa siendo bastante uniforme. Consta de también de 22 branquiópodos, 7 copépodos, 31 rotíferos y un ciliado.

Las especies planctónicas más características son:

- Los branquiópodos *Diaphanosoma mongolianum*, *Daphnia longispina*, *D. pulicaria*, *Ceriodaphnia* sp. pl, y *Bosmina longirostris*

- Los copépodos *Copidodiaptomus numidicus*, *Acanthocyclops robustus* y *Mesocyclops leuckarti*.
- Los rotíferos *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis* y *Conochylus unicornis*.

Análisis de los resultados

El plancton invernal se encuentra caracterizado por *Cyclops vicinus*, el cual no aparece en verano. El plancton estival cuenta con especies termófilas como *Diaphanosoma mongolianum* y *D. brachyurum* (Incluso *Ceriodaphnia rigaudi*, una especie de ámbito tropical, en el embalse de Los Molinos de Matachel). *Conochylus unicornis* podría considerarse un rotífero típico de verano en estos embalses.

En el plancton aparecen también especies típicamente microbentónicas, de las cuales sólo *Chydorus sphaericus* puede llegar a comportarse como un auténtico planctónico y desarrollar poblaciones significativamente importantes como en Cornalbo. El resto son ocasionales y provienen de los tributarios donde pueden crecer en madrejones, y balsas y remansos fluviales.

Desde el punto de vista faunístico vale la pena destacar la presencia de varios taxones que revisten particular interés:

- *Mesocyclops leuckarti*, copépodo planctónico presente sólo en algunos inventarios y en escaso número, es también primera cita para la península ibérica.
- *Pleuroxus denticulatus*, un cladócero quidórido litoral, conocido únicamente en la cuenca del Ter, se ha encontrado en los embalses de Horno Tejero, Villar del Rey, Orellana, García de Sola, Montijo, Alange y Azud de Rucas.
- Se ha encontrado un ejemplar macho de *Monospilus dispar*, un cladócero muy raro en la península ibérica, del que sólo se conocían hembras.
- *Sida cristalina* aparece en invierno en Peñarroya como un biotrazador de las aguas de Ruidera. Esta especie es rarísima en los embalses ibéricos (sólo se conoce en embalses de la cabecera del Ebro).
- En el embalse de Horno Tejero ha aparecido una especie de *Alona*, próxima morfológicamente a *Alona setulosa* (Megard), aun desconocida para la ciencia.

Las comunidades de plancton descritas son características de embalses mesotróficos y eutróficos de tramos medios y bajos de los ríos mediterráneos, muy común en las cuencas ibéricas situadas al sur del Sistema Central (Tajo, Guadiana, Guadalquivir y Júcar); el indicador regional sería *Copidodiaptomus numidicus*.

3.2.1.1.3. Zoobentos

El zoobentos constituye la comunidad animal que habita en relación con los sustratos sumergidos en los ecosistemas acuáticos. En los embalses, el zoobentos más característico es el que se encuentra en los fondos puesto que la fluctuación del nivel del agua, inherente a estos sistemas, impide el desarrollo de la comunidad litoral. Los integrantes del zoobentos ocupan los primeros centímetros del sedimento (limos, arenas) y las diferentes formas se abren paso en el mismo (nematodos, moluscos bivalvos, efemerópteros excavadores) o construyen tubos rectos (oligoquetos) o curvados (quironómidos), manteniendo la circulación del agua mediante ondulaciones del cuerpo o de las branquias. Otros grupos se encuentran encima de la superficie del sedimento con capacidad de nadar en las aguas libres (ostrácodos, dípteros caobóridos). En cualquier caso, el zoobentos profundo es un buen indicador de las condiciones del embalse derivadas de los procesos de estratificación térmica y eutrofia.

El muestreo de zoobentos en los embalses se realizó con dragas de tipo Ekman o Van Veen, según la naturaleza del sedimento. El contenido de la draga se filtró *in situ* con una red de 250 μm de abertura de poro. El material que quedaba retenido en la red se introdujo en un recipiente adecuado y, debidamente etiquetado, se fijó con formaldehído al 4 – 10 %.

El análisis en el laboratorio se realizó mediante una lupa binocular para la identificación a nivel de familia y subfamilia, mientras que la identificación a nivel de género y especie (siempre que la muestra lo permitiera) se realizó mediante microscopio por los especialistas en cada grupo taxonómico. Se contabilizaron todos los individuos de la muestra excepto en aquellas en las que la abundancia de los taxones era muy elevada. En tal caso, se realizaron subfracciones de la misma.

En función de la draga utilizada se emplearon diferentes factores de conversión para obtener los resultados finales: $\text{N}^{\circ} \text{ ind. taxon} / 0,022$ y $\text{N}^{\circ} \text{ ind. taxon} / 0,04$ para las dragas Ekman y Van Veen respectivamente. Los resultados finales se expresan en ind/m^2 .

Los resultados del análisis de las muestras de zoobentos en embalses se presentan en las Tablas 53 (invierno de 2005) y 54 (verano de 2006) del Anexo II.III.

Composición del zoobentos y características

En los embalses analizados el zoobentos profundo está representado por oligoquetos, nemátodos, crustáceos ostrácodos, hidrácaros, efemerópteros y dípteros caobóridos, ceratopogónidos y quironómidos. Los grupos más frecuentes y abundantes son oligoquetos y dípteros (quironómidos y puntualmente los caobóridos). El resto de taxones son poco frecuentes (sólo 1 embalse con efemerópteros y ceratopogónidos, 3 embalses con ostrácodos, 8 embalses con nemátodos, 2 embalses con ácaros).

Los oligoquetos están representados por naídidos (*Dero digitata* entre otros), tubificidos con sedas capilares (*Tubifex tubifex*, *Branchiura sowerbyi*) y tubificidos sin sedas capilares (*Limnodrilus hoffmeisteri*, *L. clapareneanus*, *L. udekenianus*). Entre los quironómidos dominan los tanipodinos (*Procladius* sp.) y los quironominos (*Chironomus* sp., *Polypedilum* sp., *Cladopelma* sp.) y tanitarsinos (*Cladotanytarsus* sp.). Las especies indicadas son comunes en los embalses de la Península Ibérica, especialmente en los de la vertiente mediterránea.

Los taxones identificados representan los diferentes regímenes alimentarios. Se encuentran sedimentívoros (oligoquetos), recolectores y filtradores (caobóridos, los quironómidos *Chironomus*, *Polypedilum*, *Cladotanytarsus*) los cuales consumen el fitoplancton y los detritos que se producen en el embalse; y también están presentes depredadores (los quironómidos *Procladius* y *Cladopelma*) que consumen pequeños oligoquetos, y fases juveniles de otros quironómidos.

Papel indicador del zoobentos profundo

Sin profundizar en las características indicadoras específicas de los taxones, cabe señalar que la simple presencia de organismos bentónicos en los sedimentos de embalses que presentan anoxia hipolimnética estival ya aporta información relevante sobre dicho proceso.

En la comunidad zoobentónica existen organismos tolerantes a las condiciones de baja oxigenación, como son ciertos oligoquetos (tubificidos) y quironómidos (*Chironomus*) que poseen pigmentos respiratorios que favorecen su supervivencia en aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto. Otros organismos dotados de gran movilidad pueden sobrevivir a condiciones de desoxigenación de la masa de agua gracias a que realizan migraciones verticales diarias que les permiten alcanzar aguas con más oxígeno; este es el caso de los dípteros caobóridos.

En los embalses analizados con anoxia hipolimnética se encuentran los siguientes casos:

- Ausencia de organismos bentónicos. En este caso se encuentran Vega del Jabalón, El Vicario, Puerto de Vallehermoso, Villar del Rey y Tentudía. El proceso de desoxigenación es severo (anoxia perdurable y/o presencia de H₂S).
- Presencia de oligoquetos y quironómidos relativamente abundantes. Se observa esto en los embalses de Alange, Cijara, Torre de Abraham y Sierra Brava. El proceso de anoxia es reciente y los lodos no están totalmente reducidos. No se produce H₂S.
- Presencia de Caobóridos. En los embalses de Gargáligas, Cubilar, Proserpina, Boquerón y Valdecaballeros. En este caso la profundidad en general escasa de los embalses favorece la estrategia de los caobóridos.

Análisis del zoobentos en los tipos de embalses

Se han analizado las características del zoobentos de los embalses para los tipos establecidos para la determinación del potencial ecológico (véase apartado 3.2.2), y que corresponden a agrupaciones de los tipos del CEDEX (CEDEX, 2006). Las métricas que se comparan son la abundancia total (máxima, mínima y media) y la distribución de las muestras según la dominancia (% de abundancia) de oligoquetos y dípteros. Los valores de estas métricas se presentan en las tablas siguientes.

Tabla 117. Abundancia total obtenida en las muestras de zoobentos de las estaciones de embalses de la Red de Control Biológico del Guadiana. Invierno de 2005 y verano de 2006.

TIPO DE EMBALSE	Silíceos de tramos altos		Calcáreos de tramos altos		Silíceos de la red principal		Calcáreos de la red principal	
	INV	VER	INV	VER	INV	VER	INV	VER
Ind. / m ²								
Abundancia máxima	5.875	22.025	1.475	3.025	9.850	8.550	2.850	21.125
Abundancia mínima	50	0	425	0	0	0	0	0
Abundancia media	1.032	2.334	940	578	961	1.545	931	3.023

Tabla 118. Distribución del número de muestras según la abundancia (%) de oligoquetos y dípteros en las estaciones de embalses de la Red de Control Biológico del Guadiana. Invierno de 2005 y verano de 2006.

TIPO DE EMBALSE	Silíceos de tramos altos		Calcáreos de tramos altos		Silíceos de la red principal		Calcáreos de la red principal	
	INV	VER	INV	VER	INV	VER	INV	VER
Nº muestras								
ABUND OLIGO >50%	8	9	2	2	19	20	6	5
ABUND DIPT >50%	13	8	3	4	1	0	1	1
%OLI = % DIPT	0	1	0	1	2	0	0	0
Sin bentos	0	1	0	1	1	3	2	4

Se observa que:

- los rangos de abundancia son similares en todos los tipos, y la abundancia total (promedio y máximo) aumenta en verano en todos los tipos, salvo alguna excepción. Los promedios más elevados se presentan en los embalses calcáreos de la red principal y en los embalses silíceos de los tramos altos. La misma tendencia se observa con la abundancia máxima (en este caso el valor más elevado se mide en los embalses silíceos de tramos altos).

- todos los tipos presentan algún embalse en verano “sin capturas” que coinciden con episodios de anoxia hipolimnética. No obstante como ya se ha indicado anteriormente algunos embalses pueden presentar zoobentos en el fondo en condiciones de anoxia.
- en los embalses de los tramos altos, la mayoría de las muestras muestran una abundancia (%) de dípteros superior a la de oligoquetos. Esto es especialmente claro en las muestras de invierno de los embalses silíceos de los tramos altos.
- en los embalses de la red principal, silíceos y calcáreos, los oligoquetos son dominantes en casi todas las muestras de invierno y verano.

3.2.1.1.4. Macrófitos

El muestreo de macrófitos en embalses se ha realizado mediante observaciones en el litoral y arrastres del fondo utilizando rastrillos desde la embarcación. La identificación de las especies y la conservación de las muestras recolectadas se ha hecho según la metodología descrita para el muestreo en ríos (véase apartado 3.1.1.1.3).

Se han realizado muy pocas observaciones de macrófitos durante las campañas de muestreo en embalses. Las importantes fluctuaciones del nivel del agua, propias de este tipo de sistemas, son la principal razón por la que los macrófitos suelen ser muy escasos.

Solamente se han encontrado macrófitos en 9 embalses, y en todos los casos se trata de especies hidrófitas (Tabla 119). En 6 embalses (Cijara, Peñarroya, Alange, los Molinos, Gasset y Los Canchales), las especies encontradas toleran aguas de calidad media (*Chara vulgaris*, *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*). Una de las especies encontradas es *Najas marina*, que podría haber colonizado la cuenca en tiempos recientes, llevada por las aves, y que está por confirmar.

En dos embalses encontramos hidrófitos indicadores de buena o muy buena calidad del agua: *Nitella sp.* en Gargaligas y *Ceratophyllum demersum* y *Potamogeton crispus* en la Serena. En el embalse de Proserpina se ha encontrado un hidrófito que no ha podido ser determinado.

Tabla 119. Hidrófitos observados en los embalses con estaciones pertenecientes a la Red de Control Biológico de la cuenca del Guadiana.

EMBALSE	ESPECIES DE HIDRÓFITOS
La Serena	<i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Potamogeton crispus</i>
Cijara	<i>Myriophyllum spicatum</i>
Gargáligas	<i>Nitella</i> sp.
Proserpina	Hidrófito no determinado
Peñarroya	<i>Najas</i> cf. <i>Marina</i> <i>Chara vulgaris</i>
Alange	<i>Potamogeton pectinatus</i>
Los Molinos de Matachel	<i>Myriophyllum spicatum</i>
Gasset	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Najas</i> cf. <i>Marina</i>
Los Canchales	<i>Potamogeton pectinatus</i>

3.2.1.1.5. Ictiofauna

a) Metodología empleada en el muestreo de las comunidades de peces

Los muestreos de ictiofauna en embalses se llevaron a cabo en el verano de 2006. En cada embalse se seleccionó un número de localidades de muestreo en función del tamaño de la masa de agua. Este número osciló entre cuatro localidades, en el caso de los embalses mayores, y una sola localidad para los embalses de pequeño tamaño (Figura 125). En total se muestrearon 59 localidades repartidas entre 32 embalses.

En cada localidad se empleó una combinación de distintas trampas de captura pasiva, incluyendo redes de enmalle (trasmallos), nasas holandesas y trampas para peces pequeños (*minnow traps* metálicas y de plástico) (Figura 125). Esta combinación de artes de pesca permite la captura de un amplio espectro de especies y de tallas de las mismas, con lo que se asegura una correcta caracterización de la ictiofauna de embalses. Esta misma metodología se empleó en el muestreo de lagunas. El grupo de investigación “Biología de las Aguas Epicontinentales”, que realizó el trabajo, tiene una amplia experiencia en el empleo de esta metodología, tanto en embalses como en estuarios, obteniendo resultados de máxima calidad.

El trabajo de campo se realizó con la ayuda de una barca neumática de 3,5 m de eslora, provista de un motor fuera-borda yamaha de 13.5 c. v. (Figura 126).

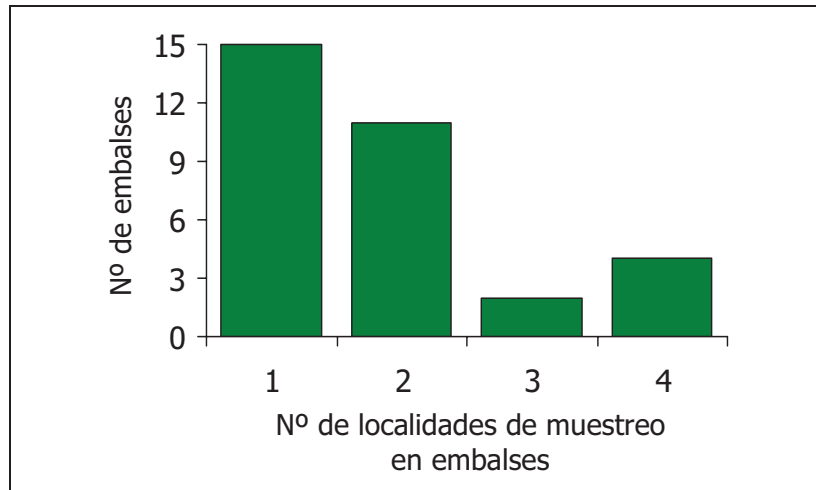


Figura 125. Distribución de frecuencias del número de localidades (n=59) de muestreo seleccionadas en los embalses prospectados (n=32).



Figura 126. Artes de pesca empleadas en el muestreo de ictiofauna en los embalses de la cuenca del Guadiana.

b) Caracterización de las comunidades de peces

Composición taxonómica

En los 32 embalses muestreados (59 localidades de muestreo) se capturó un total de 19 especies, 9 de ellas nativas (47,4%) y 10 exóticas (52,6%) (Tabla 120, Figura 127). Teniendo en cuenta el conjunto de localidades de muestreo, el número de especies exóticas rondó en promedio el 70% de las especies capturadas (Figura 128). De todas las familias presentes destacó la de los ciprinidos, formada por 11 especies (Tabla 120). Le siguen en número de representantes *Ictaluridae* y *Centrarchidae*, con dos especies cada una de ellas. El resto de familias (*Cobitidae*, *Blenniidae*, *Esocidae* y *Poeciliidae*) contó con un único representante específico. Los resultados completos de abundancias y biomásas encontradas en cada localidad de muestreo, junto con los resultados de la aplicación del índice de conservación que se presenta más adelante, pueden encontrarse en la Tabla 55 del Anexo II.IV.

Tabla 120. Lista de especies capturadas en 32 embalses de la cuenca del río Guadiana.

	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Especies Nativas	Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Barbus comizo</i>	Barbo comizo
			<i>Barbus microcephalus</i>	Barbo cabecicorto
			<i>Barbus sclateri</i>	Barbo común
			<i>Chondrostoma willkommii</i>	Boga del Guadiana
			<i>Squalius alburnoides</i>	Calandino
			<i>Squalius pyrenaicus</i>	Cachuelo
			<i>Tinca tinca</i>	Tenca
Perciformes	Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i>	Blenio de río	
	Salmoniformes	Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Lucio
Especies Introducidas	Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno
			<i>Carassius auratus</i>	Carpín
			<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa
			<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo
	Siluriformes	Ictaluridae	<i>Ameiurus. melas</i>	Pez gato negro
			<i>Ictalurus punctatus</i>	Pez gato punteado
	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia
Perciformes	Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Pez sol	
		<i>Micropterus salmoides</i>	Blacbás	

Entre las especies nativas destaca, por su grado de amenaza, el blenio de río (*Salaria fluviatilis*). Esta especie está considerada “En peligro”, según criterios de la UICN (Doadrio, 2002).

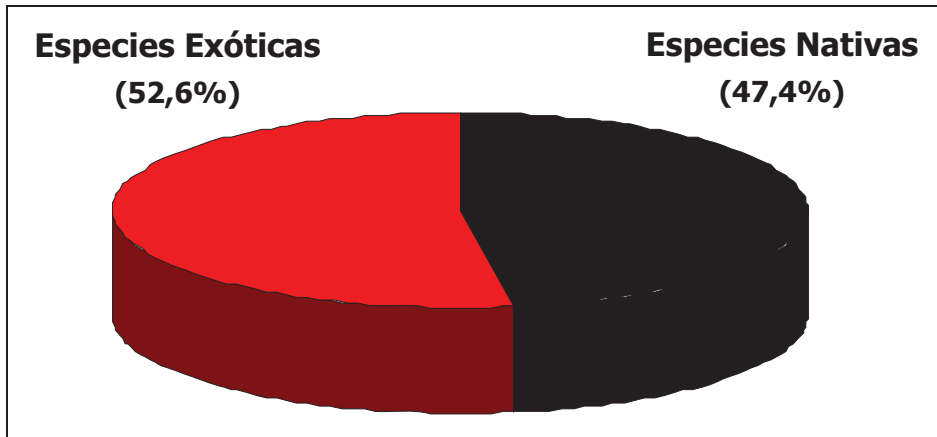


Figura 127. Porcentaje de especies nativas y exóticas en el conjunto de embalses muestreados en la cuenca del Guadiana (n=32 embalses). En rojo las especies exóticas y en negro las nativas.

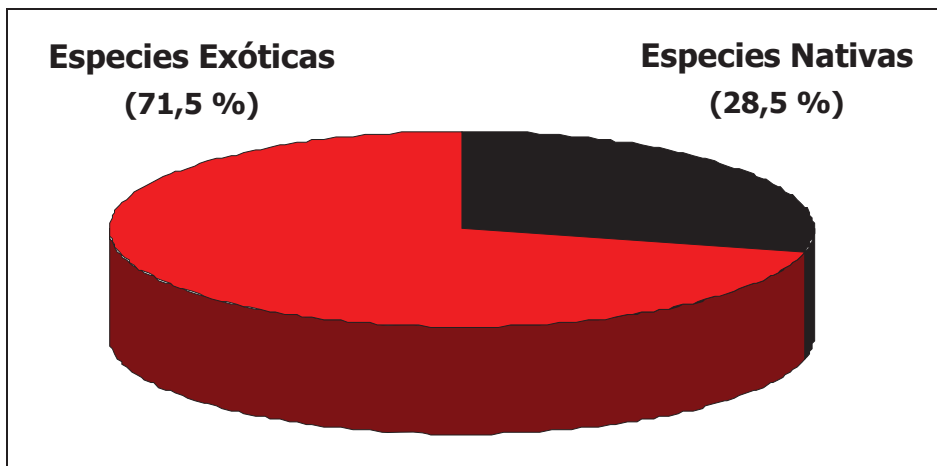


Figura 128. Porcentaje medio de especies nativas y exóticas en cada localidad (n=59 localidades). En rojo las especies exóticas y en negro las nativas.

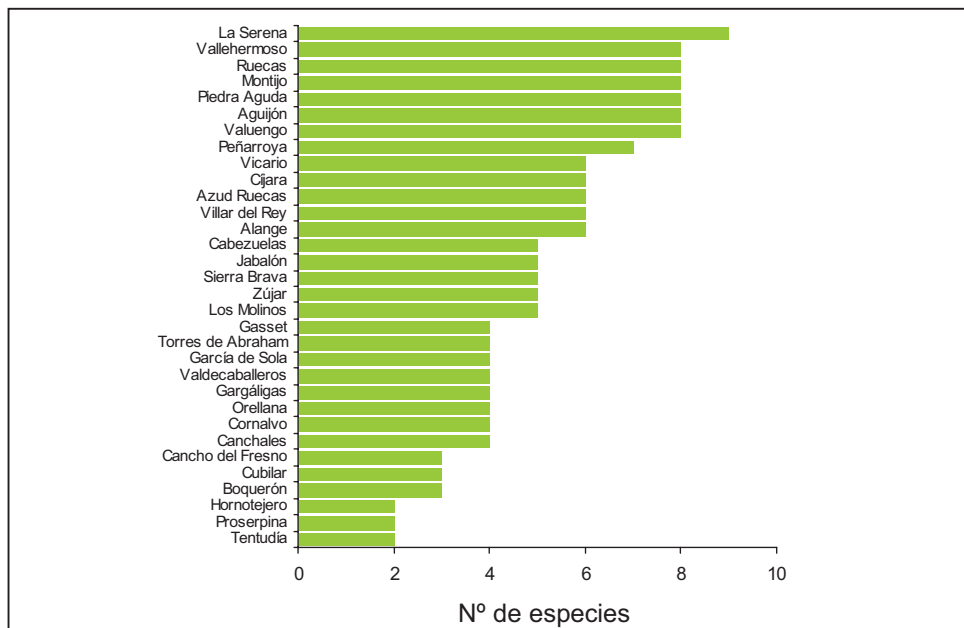


Figura 129. Riqueza total de especies (nativas y exóticas en conjunto) en cada uno de los embalses muestreados en la cuenca del Guadiana.

Riqueza de especies

Teniendo en cuenta el número total de especies capturadas (nativas y exóticas, en conjunto), la riqueza media por embalse fue de $5,2 \pm 2,0$ especies. El embalse que presentó un mayor número de especies fue el de La Serena (9 especies en total, Figura 129). Le siguen de cerca Puerto de Vallehermoso, Rucas, Montijo, Piedra Aguda, Aguijón y Valuengo, con 8 especies cada uno de ellos (Figura 129). Los embalses que presentaron un menor número de especies (dos especies) fueron Horno Tejero, Proserpina y Tentudía.

En todos los embalses muestreados se capturaron especies exóticas, sin embargo no en todos ellos se detectó la presencia de especies nativas. En concreto, diez embalses (31,25% del total) carecieron de estas especies (Figura 130). Esto está relacionado con el hecho de que las especies exóticas proliferan en los ambientes degradados, como aquellos generados por los embalses (Clavero *et al.*, 2004). La degradación del hábitat promovida por los embalses perjudica a las especies nativas. Además, no debe olvidarse que las especies exóticas, muchas de ellas depredadoras voraces como el lucio (*Esox lucius*) o el blacábás (*Micropterus salmoides*), ejercen un fuerte impacto negativo sobre las comunidades de peces nativos. Estos dos factores (degradación ambiental e impacto promovido por especies alóctonas) actúan de forma simultánea, convirtiendo a los embalses en ambientes poco apropiados para las especies nativas. Esto explica el hecho de que las poblaciones de especies autóctonas hayan desaparecido de algunos de estos embalses muestreados, o bien presenten unas densidades bajísimas indetectables con los métodos de captura empleados.

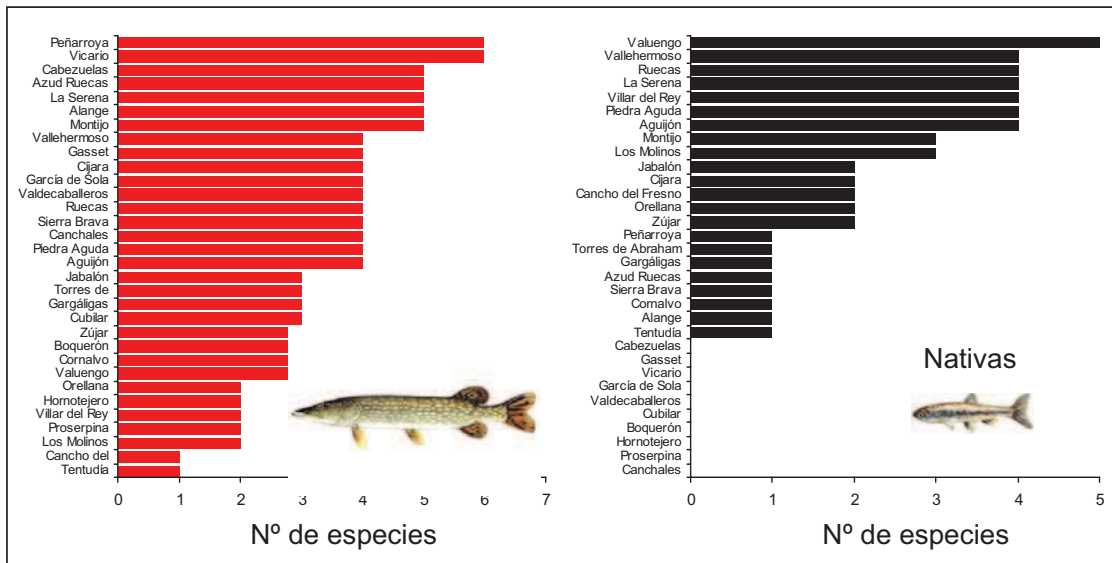


Figura 130. Riqueza de especies exóticas (en rojo) y especies nativas (en negro) en cada uno de los embalses muestreados en la cuenca del Guadiana.

Abundancia y biomasa

Haciendo un análisis global de la abundancia y biomasa queda patente que el conjunto de especies exóticas es claramente superior al del grupo de especies nativas (Figuras 131 y 132). El pez sol (*Lepomis gibbosus*) fue la especie más abundante en todas las localidades y embalses prospectados (Tabla 121, Figura 133), siendo también la más ampliamente distribuida (Figura 134). Es llamativo el hecho de que este centrárquido constituya una fracción importante de la biomasa en embalses, puesto que se trata de una especie de pequeña-mediana talla y biomasa (talla media=56 mm, peso medio=2,7 g). En concreto ocupa el segundo lugar, después de la carpa (*Cyprinus carpio*), en la ordenación de las especies según su biomasa (Figura 135). Esto da una idea de la extraordinaria abundancia del pez sol en los embalses de la cuenca del Guadiana. Le sigue en abundancia la boga (*Chondrostoma willkommii*), aunque a mucha distancia. Esta especie nativa, sin embargo, mostró una amplitud de distribución moderada, habiéndose capturado en diez embalses (31,25% del total). Las especies menos abundantes fueron todas nativas: calandino (*Squalius alburnoides*), blenio (*Salaria fluviatilis*), colmilleja (*Cobitis paludica*) y tenca (*Tinca tinca*). Estas especies mostraron también una distribución bastante restringida y una biomasa despreciable en el seno de la comunidad íctica de embalses.

Análogamente a lo realizado para los ambientes fluviales se ha calculado un índice de dominancia adaptado a los embalses. La aplicación de este índice, que aglutina la información sobre los valores de abundancia y amplitud de distribución, pone de manifiesto que las especies que dominan en el conjunto de embalses prospectados son el pez sol, el blacbás y la

carpa (Figura 136), todas ellas exóticas. En consonancia con ello, este índice muestra el claro dominio del conjunto de especies alóctonas sobre las nativas (Figura 136).

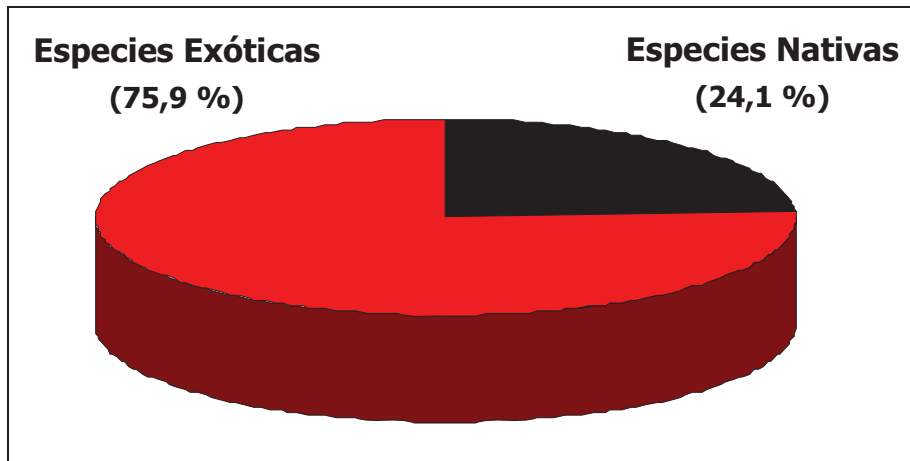


Figura 131. Porcentaje medio de la abundancia de especies nativas y exóticas en cada localidad muestreada (n=59 localidades). En rojo las especies exóticas y en negro las nativas.

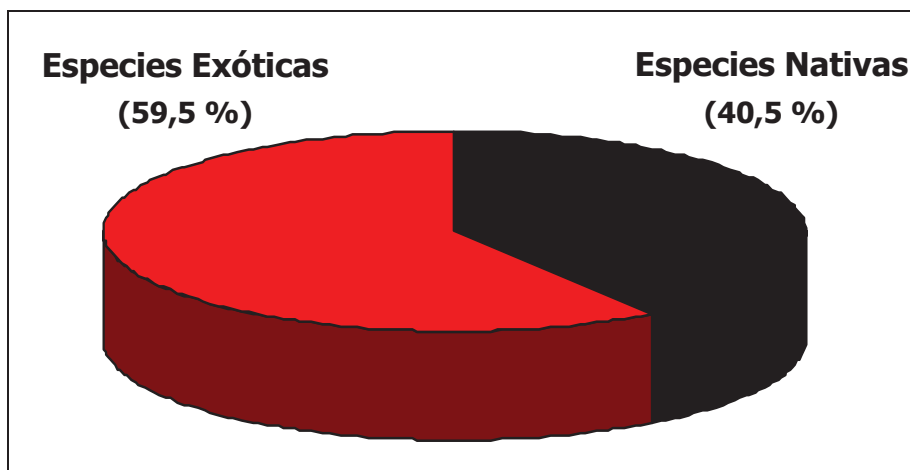


Figura 132. Porcentaje medio de la biomasa de especies nativas y exóticas en cada localidad muestreada (n=59 localidades). En rojo las especies exóticas y en negro las nativas.

Tabla 121. Abundancia (CPUE) y biomasa (BPUE) medias de peces capturados en los embalses de la cuenca del Guadiana. También se indica el número de localidades en las que estuvo presente cada especie (N) (n=59) y las categorías de amenaza según Doadrio (2002): LR/nt: Bajo riesgo-no amenazada, VU: Vulnerable, EN: En Peligro.

ESPECIE	ABUNDANCIA (individuos/h) CPUE ± DE	BIOMASA (g) BPUE ± DE	N	CATEGORÍA AMENAZA
NATIVAS				
<i>Barbus comizo</i>	0,197 ± 0,616	36,77 ± 79,24	24	VU
<i>Barbus microcephalus</i>	0,028 ± 0,103	11,22 ± 33,19	9	VU
<i>Barbus sclateri</i>	0,084 ± 0,37	34,94 ± 132,4	8	LR/nt
<i>Chondrostoma willkommii</i>	0,391 ± 0,878	50,53 ± 113,8	20	VU
<i>Squalius alburnoides</i>	0,004 ± 0,014	0,272 ± 1,09	6	VU
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,004 ± 0,035	1,084 ± 8,324	1	VU
<i>Tinca tinca</i>	0,003 ± 0,011	1,43 ± 10,28	4	-
<i>Cobitis paludica</i>	0,001 ± 0,005	0,004 ± 0,022	4	VU
<i>Salaria fluviatilis</i>	0,02 ± 0,078	0,007 ± 0,03	8	EN
EXÓTICAS				
<i>Esox lucius</i>	0,005 ± 0,014	6,206 ± 20,34	8	-
<i>Alburnus alburnus</i>	0,036 ± 0,115	1,328 ± 5,041	10	-
<i>Carassius auratus</i>	0,023 ± 0,087	6,291 ± 18,87	11	-
<i>Cyprinus carpio</i>	0,097 ± 0,33	36,41 ± 117,2	26	-
<i>Rutilus rutilus</i>	0,007 ± 0,033	0,793 ± 4,415	3	-
<i>Ameiurus melas</i>	0,068 ± 0,436	1,82 ± 10,03	2	-
<i>Ictalurus punctatus</i>	0,088 ± 0,41	13,61 ± 56,12	4	-
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,605 ± 2,551	0,319 ± 1,672	15	-
<i>Lepomis gibbosus</i>	2,115 ± 5,379	11,69 ± 22,07	51	-
<i>Micropterus salmoides</i>	0,041 ± 0,048	6,036 ± 11,29	37	-

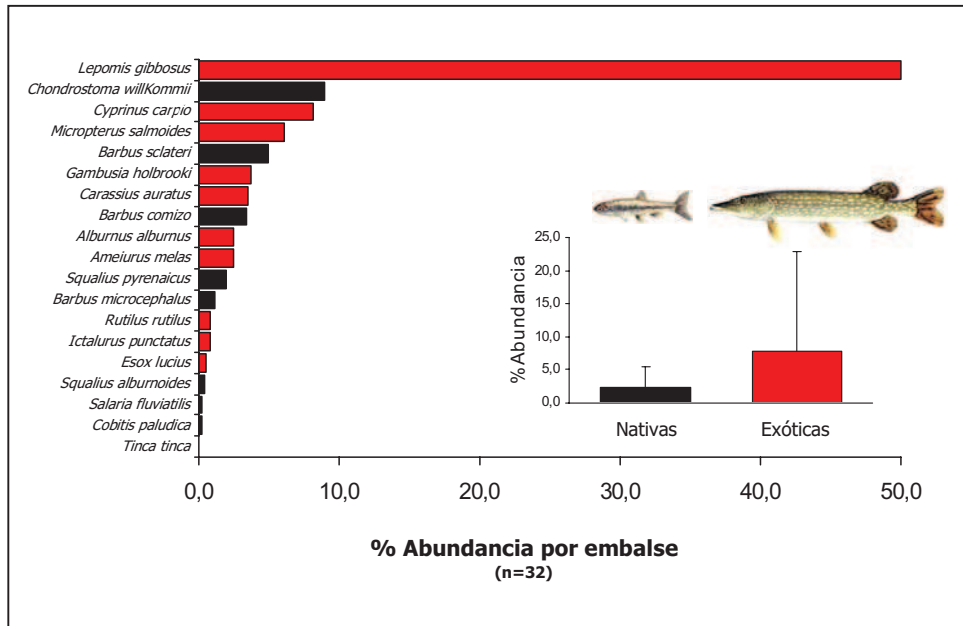


Figura 133. Abundancia media de cada especie (en porcentaje) teniendo en cuenta el total de los embalses muestreados. Se representa también la media \pm d.e. para los subgrupos de especies nativas (en negro) y exóticas (en rojo).

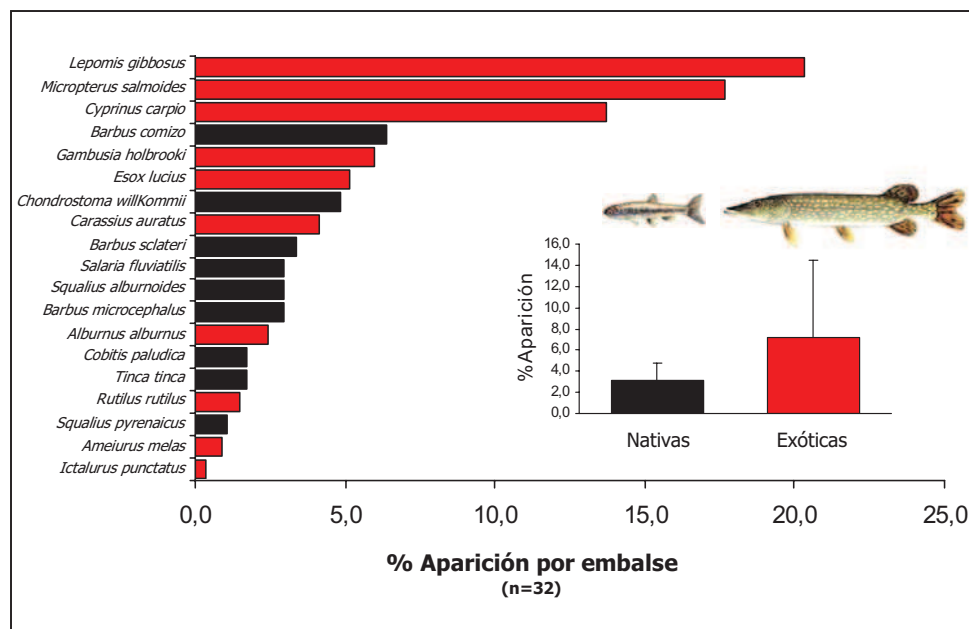


Figura 134. Frecuencia de aparición (%) de las especies en los embalses muestreados. Se representa también la media \pm d.e. para los subgrupos de especies nativas (en negro) y exóticas (en rojo).

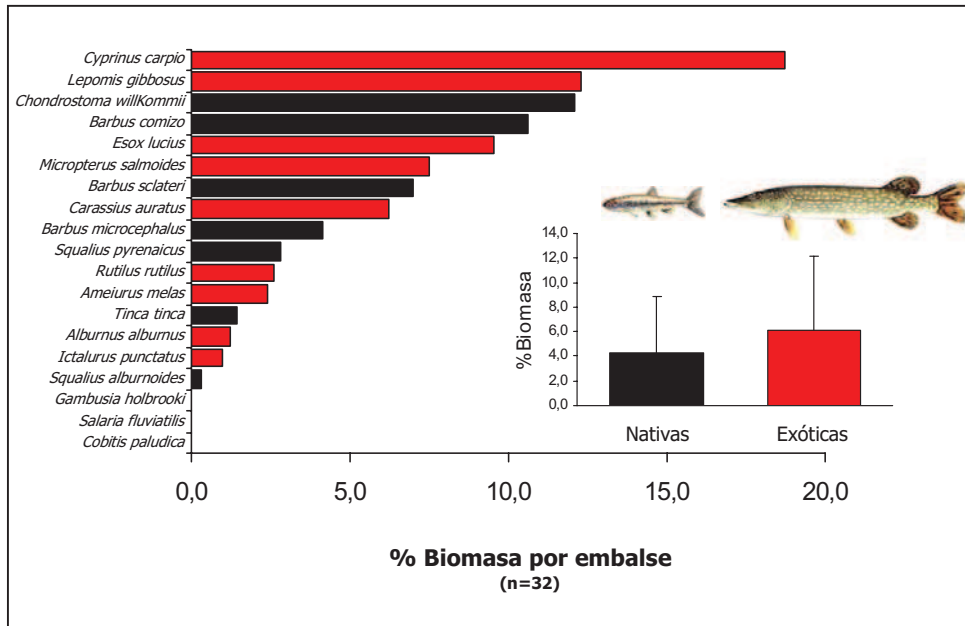


Figura 135. Biomasa media de cada especie (en porcentaje) teniendo en cuenta el total de los embalses muestreados. Se representa también la media \pm d.e. para los subgrupos de especies nativas (en negro) y exóticas (en rojo).

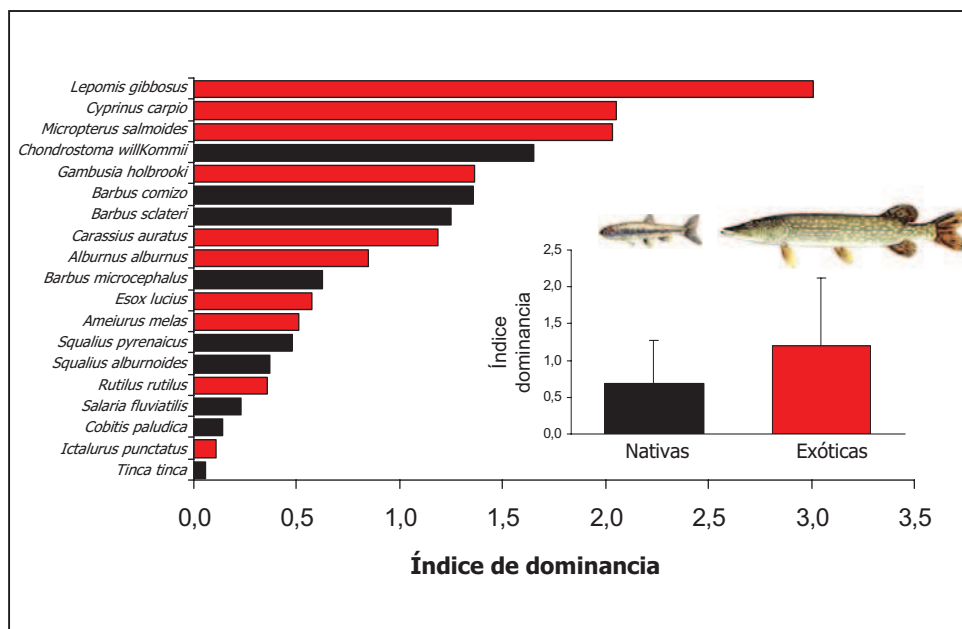


Figura 136. Índice de dominancia media de cada especie teniendo en cuenta el total de los embalses muestreados (véase texto en el apartado de “Síntesis de la importancia relativa de cada especie” del apartado 3.1.1.1.5. para una descripción detallada del mismo). Se representa también la media \pm d.e. para los subgrupos de especies nativas (en negro) y exóticas (en rojo).

c) Índice de Estado Ecológico basado en los peces

La metodología empleada en los tramos fluviales para evaluar el estado ecológico se basa en cuantificar la desviación existente entre la composición específica observada y la esperada en ausencia de perturbaciones antrópicas. Sin embargo, esta aproximación no es la más adecuada para evaluar el estado ecológico de los embalses, ya que las comunidades de peces existentes en estas masas de agua altamente modificadas están principalmente condicionadas por la acción antrópica (suestras de especies). Por ello, se ha optado por una segunda alternativa consistente en aplicar un índice derivado del propuesto por Clavero *et al.* (2004). Este índice se ha aplicado también para caracterizar el estado ecológico de las lagunas, puesto que las comunidades de peces en estas masas de agua están condicionadas igualmente por la acción antrópica.

En el cálculo del índice se le ha asignado a cada especie autóctona un valor según la categoría de amenaza de la UICN propuesta para la misma por Doadrio (2002) (CR, 4; EN, 3; VU, 2; LR, 1) (Prenda *et al.*, 2001). De igual modo se le asignó un valor negativo a cada especie introducida acorde con su grado potencial de piscivoría (ciprínidos y especies de pequeño tamaño, -1; especies depredadoras que no alcanzan 30 cm, -2; especies depredadoras mayores de 30 cm, -3). Se asume, por tanto, que el impacto ejercido por una determinada especie exótica es mayor cuanto más elevado es su carácter piscívoro. El valor asignado a cada especie puede consultarse en la Tabla 122.

El valor asignado a cada especie se multiplica por la abundancia de las mismas en cada embalse muestreado. De este modo la expresión del índice de conservación (IC) en cada embalse queda definida del siguiente modo:

$$IC = \sum V_i * A_i$$

donde,

$i = 1, \dots, 19$ especies en embalses

V_i = valor asignado a la especie i , según la categoría de conservación propuesta por Doadrio (2002).

A_i = abundancia de la especie i en el embalse considerado.

El valor del índice oscila entre valores negativos (embalses con bajo estado de conservación) y positivos (embalses con mejor estado de conservación), dependiendo de la composición específica de la comunidad (proporción de especies exóticas, grado de piscivoría de las mismas).

Tabla 122. Valor asignado a cada especie para el cálculo del índice de conservación de embalses y humedales. El valor se asigna en función de las categorías de amenaza de cada especie (sólo las nativas) y el grado de piscivoría (sólo especies exóticas)

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ACRÓNIMO	VALOR ASIGNADO
<i>Barbus sclateri</i>	Barbo común	BSC	1
<i>Micropertus salmoides</i>	Blacbás	MSA	-3
<i>Barbus comizo</i>	Barbo comizo	BCO	2
<i>Chondrostoma willkommii</i>	Boga del Guadiana	CWI	2
<i>Barbus microcephalus</i>	Barbo cabecicorto	BMI	2
<i>Lepomis gibbosus</i>	Pez sol	LGI	-2
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	GHO	-1
<i>Salaria fluviatilis</i>	Blenio de río	SFL	3
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	CCA	-1
<i>Esox lucius</i>	Lucio	ELU	-3
<i>Tinca tinca</i>	Tenca	TTN	1
<i>Cobitis paludica</i>	Colmilleja	CPA	2
<i>Carassius auratus</i>	Carpín	CAU	-1
<i>Ameiurus melas</i>	Pez gato negro	AME	-3
<i>Squalius alburnoides</i>	Calandino	SAL	2
<i>Ictalurus punctatus</i>	Pez gato punteado	IPU	-3
<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno	AAL	-1
<i>Squalius pyrenaicus</i>	Cachuelo	SPY	2
<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo	RRU	-1
<i>Barbus guiraonis</i>	Barbo mediterráneo	BGU	2

La aplicación del índice pone claramente de manifiesto el extraordinario grado de alteración (degradación) en que se encuentran las comunidades de peces que habitan en los embalses de la cuenca del Guadiana. Más del 80% de los embalses muestreados mostraron valores negativos del índice (Figura 153 y Tabla 55 del Anexo II.IV). Esto informa nuevamente sobre el grado de invasión que sufren estas masas de agua por parte de especies alóctonas, muchas de ellas ictiófagas como el lucio, blacbás, pez gato negro (*Ameiurus melas*) y pez gato punteado (*Ictalurus punctatus*). Estas especies depredadoras tienen un elevado potencial de impacto sobre las especies nativas (Blanco-Garrido, 2006). Las comunidades autóctonas ibéricas han evolucionado en ausencia de peces nativos ictiófagos, por tanto no han desarrollado los mecanismos necesarios para hacer frente a estas especies. Cuando una masa de agua es invadida por peces foráneos depredadores, la comunidad nativa original se ve simplificada enormemente (Blanco-Garrido, 2006). Disminuye principalmente la proporción de especies y/o tallas de pequeño tamaño, que son las más sensibles a las interacciones con las especies exóticas (depredación directa, competencia, comportamiento agonístico,...), quedando la comunidad original reducida a especies y/ o tallas de gran tamaño.

Tan sólo 6 embalses (algo más del 18% del total) presentaron valores positivos en el índice (Figura 137). En estos embalses se capturaron especies nativas de pequeño-mediano

tamaño como calandinos, cachuelos y colmillejas. Por otra parte, las especies exóticas fueron relativamente poco abundantes y en cualquier caso, depredadores ictiófagos como lucios y peces gato (*A. melas* e *I. punctatus*) estuvieron ausentes.

Teniendo en cuenta que las especies exóticas están ampliamente reconocidas como un factor clave en la degradación de las masas de agua (Kennard *et al.*, 2005; Prenda *et al.*, 2006) y a la luz de los resultados obtenidos es posible afirmar que los embalses de la cuenca se encuentran en un estado de conservación poco satisfactorio.

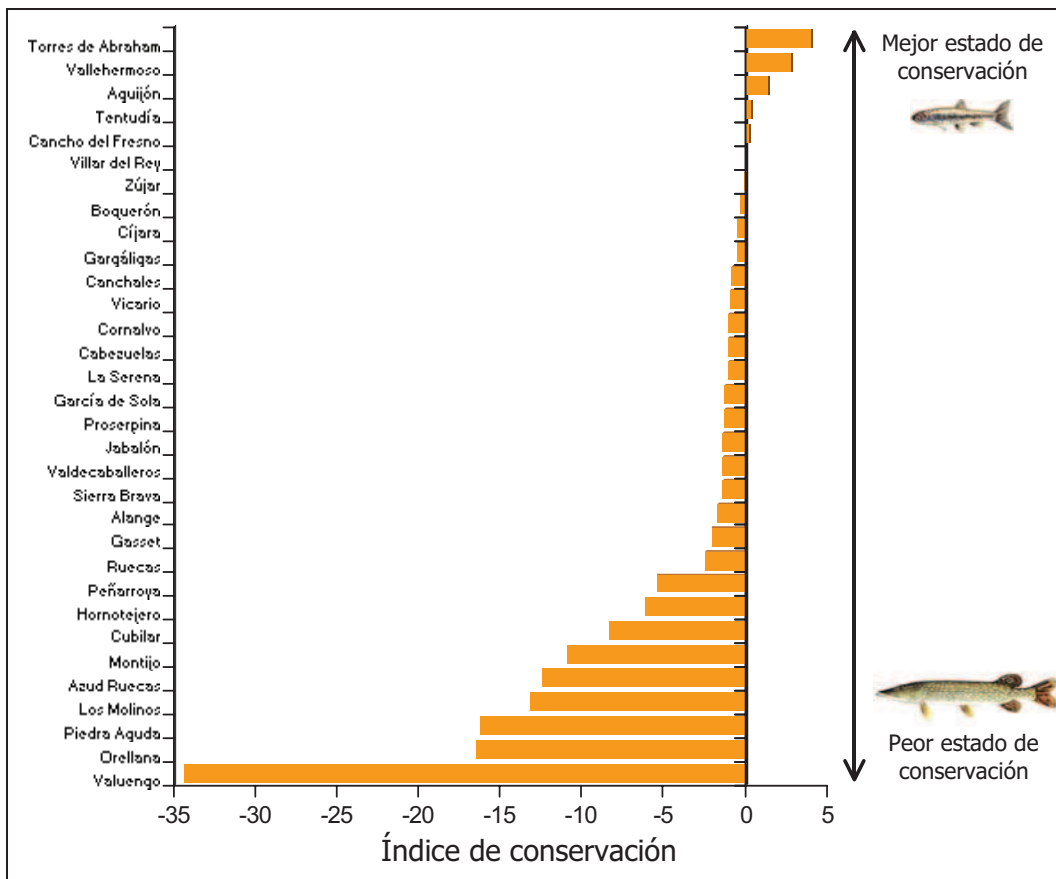


Figura 137. Valores del índice de conservación empleado para evaluar el estado ecológico de los embalses muestreados (ver apartado 3.2.1.1.5.c para una descripción detallada del índice).

3.2.1.2. INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

A partir de los datos de campo obtenidos en los muestreos y de la información facilitada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana se presentan a continuación los principales parámetros de caracterización morfológica de los embalses pertenecientes a la Red de Control Biológico del Guadiana.

3.2.1.2.1. Datos Genéricos

En la Tabla 123, se muestran los datos genéricos de cada embalse. En concreto se detallan datos de volumen, superficie y profundidad máxima.

Tabla 123. Datos de volumen, superficie y profundidad máxima de los embalses pertenecientes a la Red de Control Biológico.

EMBALSE	VOLUMEN (Hm ³)	SUPERFICIE (ha)	PROFUNDIDAD MÁXIMA (m)
Gasset	41,44	735,88	13,7
Torre de Abraham	183,4	1.790	49,6
Valdecaballeros	sin dato	sin dato	sin dato
Gargáligas	21,33	373,67	15,15
Cubilar	5,98	143,47	11
Cancho del Fresno	15,21	97	46,5
Ruecas	41,94	372,2	32,75
Azud del Ruecas	0,25	12,5	8,9
Sierra Brava	232,4	1.576	42,07
Cornalbo	10,44	177,44	19,1
Proserpina	5,04	72	10,75
El Boquerón	5,51	99	20
Horno Tejero	24,42	282,86	30
Los Canchales	14,55	400	11,6
Villar del Rey	132,56	1.269	35,5
Peñarroya	47,5	412	32,5
El Vicario	31,76	886	14
Cijara	1.506	6.565	70,8
García de Sola	554	3.552	54,9
Orellana	808	5.191	46
Montijo	10,6	290	8,9
Puerto de Vallehermoso	6,92	129,17	18,05
La Cabezuela	42,84	564,34	27
Vega del jabalón	33,54	629,06	17,29
La Serena	3.219	13.949	70,6
Zújar	302	1.449	44
Los Molinos de Matachel	33,7	386,65	29,8
Alange	851,7	5.036	50,08
Piedra Aguda	16	258	17,3
El Agujón	11,16	155,57	24
Tentudía	5	57,5	34,6
Valuengo	20	150	21,12
Chanza	sin dato	2.219	sin dato
Andévalo	sin dato	sin dato	sin dato
Jarrama	39,65	324,48	36
Corumbel Bajo	18	312,7	25
Piedras	59,5	655	37,4
Los Machos	12	182	24,6

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadiana

3.2.1.2.2. Volúmenes Relativos Epilimnion-Hipolimnion

Durante los muestreos realizados en verano de 2006 la mayoría de los embalses se encontraban estratificados (véase apartado 3.2.1.3.1). A partir del nivel al que se detectó la termoclina en cada embalse, de la cota a la que se encontraba el embalse ese día y de la curva característica de cota-volumen se han podido determinar para los diferentes embalses los volúmenes del epilimnion y del hipolimnion, y por consiguiente la relación entre ellos. Los resultados se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 124. Relación entre los volúmenes del epilimnion y del hipolimnion en los embalses pertenecientes a la Red de Control Biológico.

EMBALSE	FECHA	VOLUMEN EPILIMNION (Hm ³)	VOLUMEN HIPOLIMNION (Hm ³)	RELACIÓN EPILIMNION / HIPOLIMNION
Gasset	20/07/2006	2,9	6,69	0,433
Torre de Abraham	21/07/2006	41,19	27,06	1,522
Valdecaballeros	24/07/2006	sin datos		
Gargáligas	24/07/2006	7,99	8,40	0,951
Cubilar	26/07/2006	2,71	0,73	3,692
Cancho del Fresno	26/07/2006	4,26	7,31	0,583
Ruecas	26/07/2006	9,58	17,06	0,562
Azud del Ruecas	29/07/2006			
Sierra Brava	31/07/2006	50,59	60,28	0,839
Cornalbo	31/07/2006	no estratificado		
Proserpina	31/07/2006	2,49	0,73	3,411
El Boquerón	01/08/2006	sin datos		
Horno Tejero	01/08/2006	9,81	6,23	1,573
Los Canchales	02/08/2006	8,75	2,04	4,289
Villar del Rey	01/08/2006	20,06	9,10	2,203
Peñarroya	18/07/2006	22,22	9,87	2,252
El Vicario	20/07/2006	6,79	0,37	18,148
Cijara	22/07/2006	224,59	401,52	0,559
García de Sola	25/07/2006	93,07	238,88	0,390
Orellana	27/07/2006	74,67	473,14	0,158
Montijo	02/08/2006	2,95	8,79	0,336
Puerto de Vallehermoso	19/07/2006	1,56	0,57	2,739
La Cabezuela	19/07/2006	22,78	7,54	3,023
Vega del jabalón	19/07/2006	3,16	13,14	0,241
La Serena	29/07/2006	546,37	924,01	0,591
Zújar	30/07/2006	13,99	262,54	0,053
Los Molinos de Matachel	04/08/2006	10,43	13,08	0,797
Alange	03/08/2006	151,05	231,68	0,652
Piedra Aguda	05/08/2006	sin datos		
El Agujón	05/08/2006	sin datos		

Tabla 124. Relación entre los volúmenes del epilimnion y del hipolimnion en los embalses pertenecientes a la Red de Control Biológico (Continuación).

EMBALSE	FECHA	VOLUMEN EPILIMNION (Hm ³)	VOLUMEN HIPOLIMNION (Hm ³)	RELACIÓN EPILIMNION / HIPOLIMNION
Tentudía	04/08/2006	0,34	0,82	0,415
Valuengo	04/08/2006	sin datos		
Chanza	sin muestreos de verano			
Andévalo	sin muestreos de verano			
Jarrama	sin muestreos de verano			
Corumbel Bajo	sin muestreos de verano			
Piedras	sin muestreos de verano			
Los Machos	sin muestreos de verano			

Las dimensiones del epilimnion y el hipolimnion tienen influencia sobre el nivel y la dinámica de oxigenación del embalse. Una relación epilimnion / hipolimnion inferior a 1 significa volúmenes del hipolimnion más grandes y por lo tanto una mayor duración de la reserva de oxígeno hipolimnética y un retraso en la aparición de situaciones de anoxia. Pero a su vez, un volumen del hipolimnion elevado puede suponer, en caso de alcanzarse condiciones anóxicas, que éstas afecten al conjunto del embalse en la siguiente época de mezcla, con los consiguientes problemas de calidad del agua.

Según los datos de la Tabla 124 un 60 % de los embalses en los que se ha podido determinar la relación epilimnion / hipolimnion presentan un cociente E/H inferior a 1 es decir, un volumen del hipolimnion superior al del epilimnion. Los embalses en los que esta relación (cociente E/H) es más baja són los del Zújar, Orellana y Vega del Jabalón.

3.2.1.2.3. Tiempo de Residencia y Tasa de Renovación

El tiempo de residencia y la tasa de renovación no se han podido calcular para todos los embalses debido a la falta de datos relativos a las curvas características de cota-volumen y a salidas totales diarias de muchos de ellos. Para los que sí se disponía de los datos mencionados se ha calculado el tiempo de residencia como el cociente entre el volumen medio anual y el caudal total de salida anual. La tasa de renovación, que es el inverso del tiempo de residencia, resulta de dividir el caudal total de salida anual entre el volumen medio anual. Estos parámetros se han calculado a partir de datos diarios pertenecientes al año hidrológico 2005-2006.

Tabla 125. Tiempo de residencia y Tasa de renovación de los embalses pertenecientes a la Red de Control Biológico durante el año hidrológico 2005-2006.

EMBALSE	TIEMPO RESIDENCIA (años)	TASA RENOVACIÓN (años ⁻¹)
Gasset	Sin datos	Sin datos
Torre de Abraham	Sin datos	Sin datos
Valdecaballeros	Sin datos	Sin datos
Gargáligas	Sin datos	Sin datos
Cubilar	Sin datos	Sin datos
Cancho del Fresno	Sin datos	Sin datos
Ruecas	Sin datos	Sin datos
Azud del Ruecas	Sin datos	Sin datos
Sierra Brava	Sin datos	Sin datos
Cornalbo	2,77	0,36
Proserpina	26,92	0,04
El Boquerón	Sin datos	Sin datos
Horno Tejero	Sin datos	Sin datos
Los Canchales	Sin datos	Sin datos
Villar del Rey	Sin datos	Sin datos
Peñarroya	Sin datos	Sin datos
El Vicario	Sin datos	Sin datos
Cijara	2,51	0,40
García de Sola	1,12	0,90
Orellana	1,12	0,90
Montijo	0,02	56,31
Puerto de Vallehermoso	Sin datos	Sin datos
La Cabezueta	Sin datos	Sin datos
Vega del jabalón	Sin datos	Sin datos
La Serena	3,36	0,30
Zújar	0,60	1,67
Los Molinos de Matachel	4,33	0,23
Alange	2,87	0,35
Piedra Aguda	Sin datos	Sin datos
El Agujón	Sin datos	Sin datos
Tentudía	Sin datos	Sin datos
Valuengo	Sin datos	Sin datos
Chanza	2,07	0,48
Andévalo	Sin datos	Sin datos
Jarrama	Sin datos	Sin datos
Corumbel Bajo	Sin datos	Sin datos
Piedras	Sin datos	Sin datos
Los Machos	Sin datos	Sin datos

Se puede observar que durante el periodo 2005-2006 el tiempo de residencia fue superior al año en casi todos los embalses en los que se pudo determinar, es decir, en ese tiempo no se llegó a renovar toda el agua del embalse. Eso en muchos de los casos puede ser debido a la gran capacidad de los embalses, sin embargo se observa también que en algunos de los embalses más pequeños, como el de Proserpina, el tiempo de residencia es especialmente elevado. En general, el hecho de que las precipitaciones durante el periodo 2005-2006 fueran muy escasas pudo haber condicionado el régimen de explotación y hacer que se contuvieran los consumos y que las salidas de agua de los embalses fuesen inferiores a las habituales. Las excepciones son el embalse del Zújar, con un tiempo de residencia de poco más de 7 meses y el de Montijo, con un tiempo de residencia algo superior a una semana (0,02 años). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en ambos casos se trata de embalses muy particulares, con un volumen de salidas muy elevado, en el del Zújar por el trasvase hacia el embalse de Orellana y en Montijo porque su función se asemeja más a la de un azud que a la de un verdadero embalse.

3.2.1.2.4. Fluctuaciones del Nivel

Para los embalses de los que se disponía de datos se han determinado también las fluctuaciones de nivel durante el año hidrológico 2005-2006. Estos datos se presentan en forma de gráficos con la intención de facilitar su visualización e interpretación.

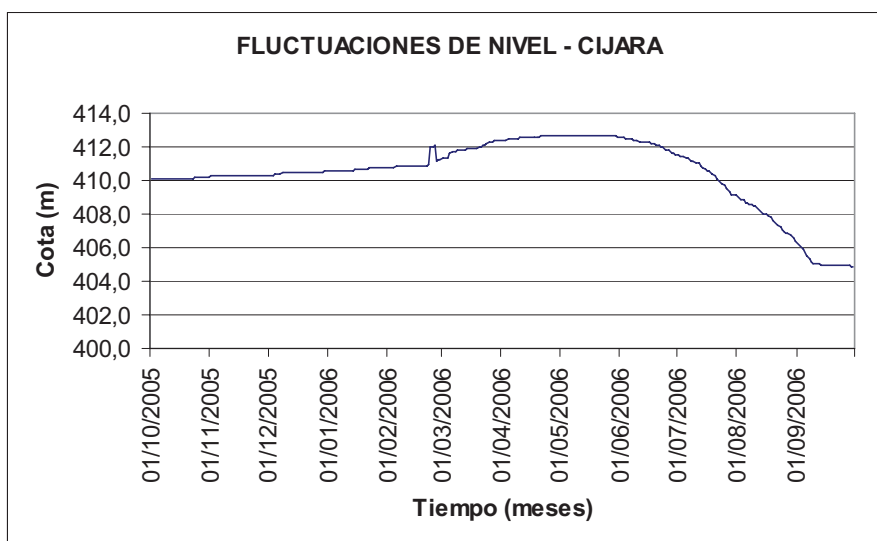


Figura 138. Fluctuaciones del nivel del embalse de Cijara durante el año hidrológico 2005-2006.

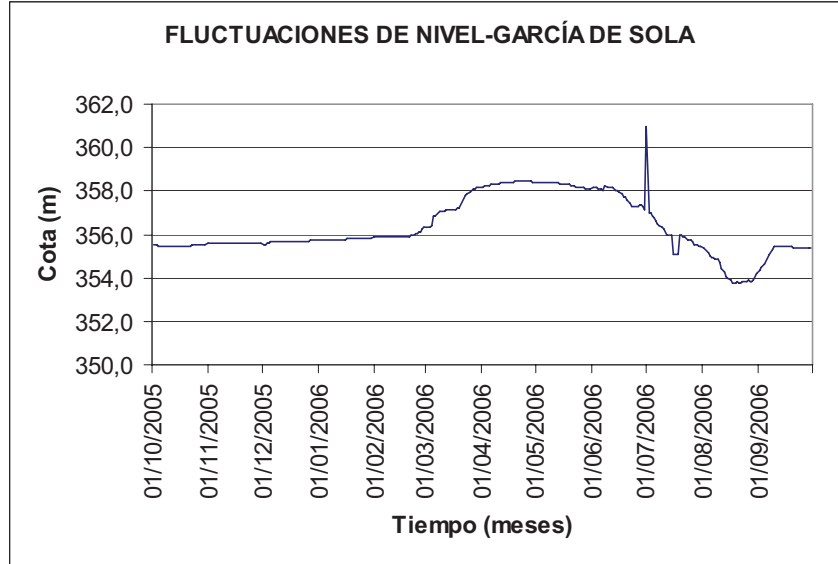


Figura 139. Fluctuaciones del nivel del embalse de García de Sola durante el año hidrológico 2005-2006.

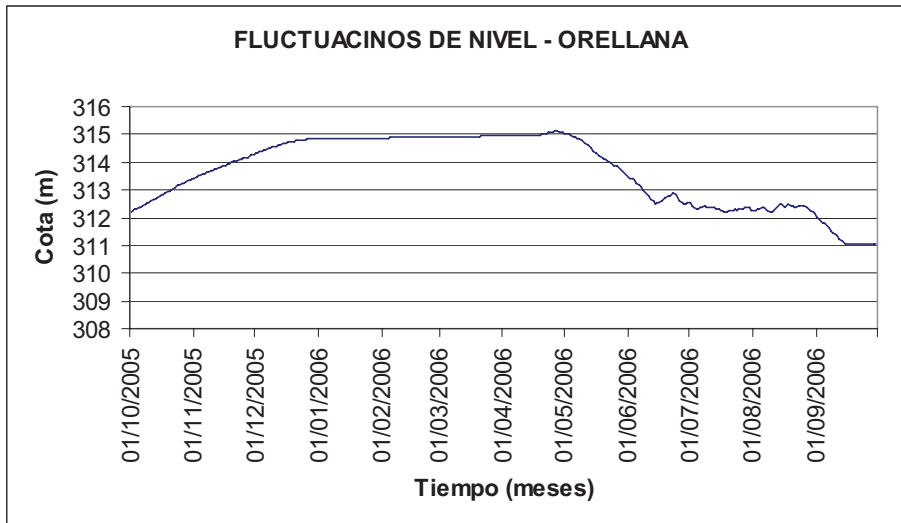


Figura 140. Fluctuaciones del nivel del embalse de Orellana durante el año hidrológico 2005-2006.

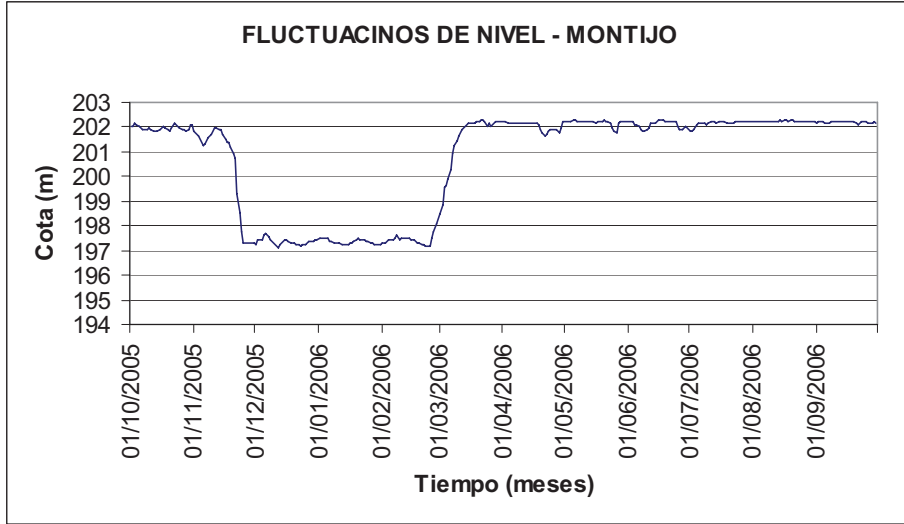


Figura 141. Fluctuaciones del nivel del embalse de Montijo durante el año hidrológico 2005-2006.

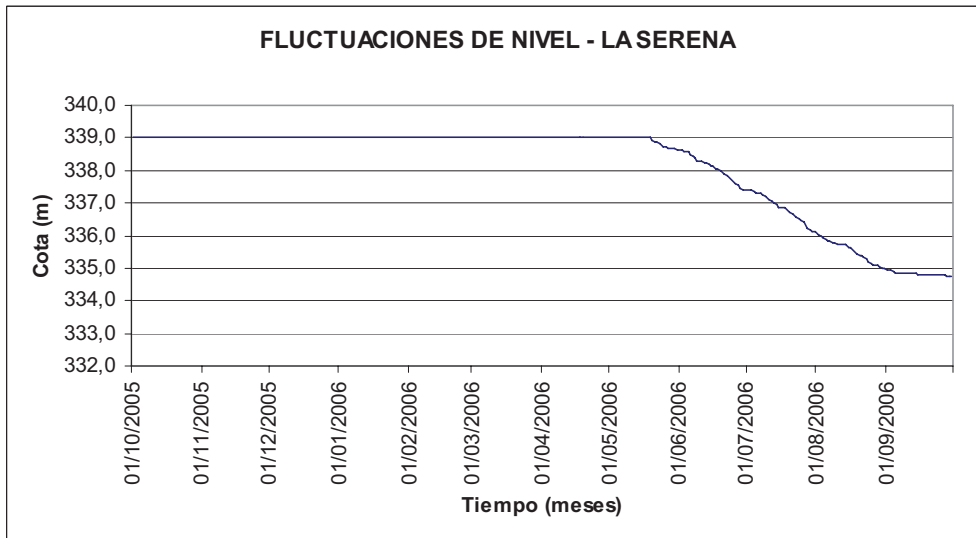


Figura 142. Fluctuaciones del nivel del embalse de La Serena durante el año hidrológico 2005-2006.

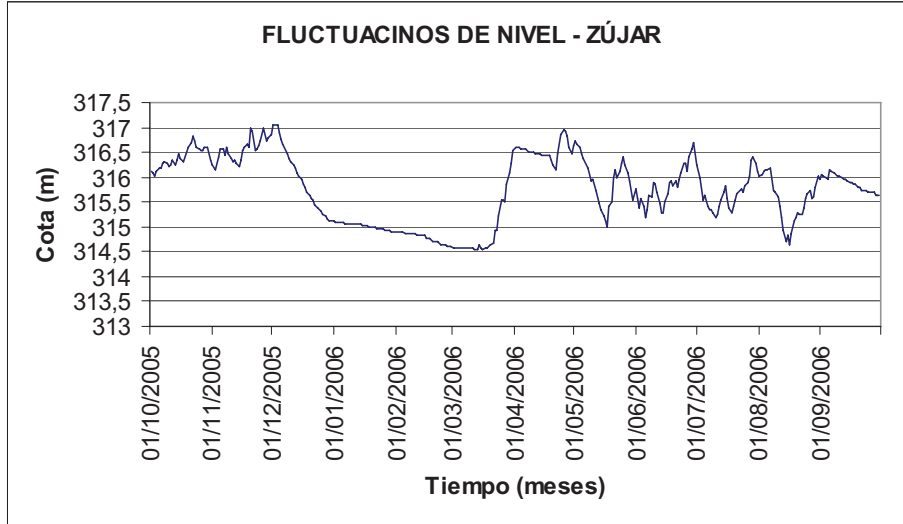


Figura 143. Fluctuaciones del nivel del embalse del Zújar durante el año hidrológico 2005-2006.

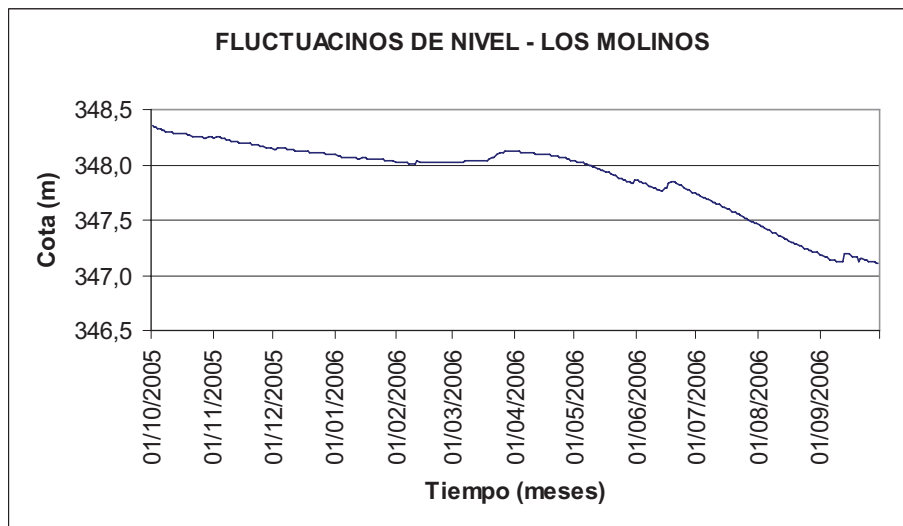


Figura 144. Fluctuaciones del nivel del embalse de Los Molinos de Matachel durante el año hidrológico 2005-2006.

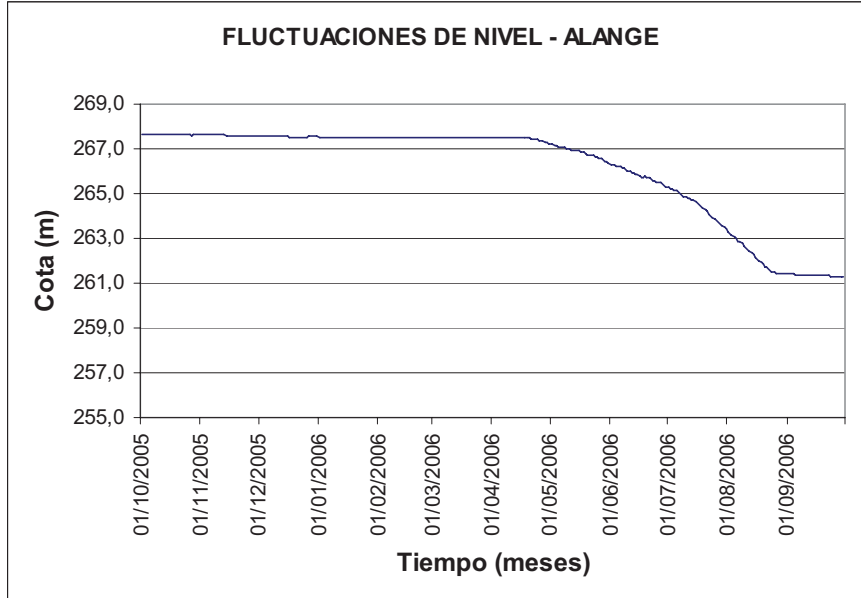


Figura 145. Fluctuaciones del nivel del embalse de Alange durante el año hidrológico 2005-2006.

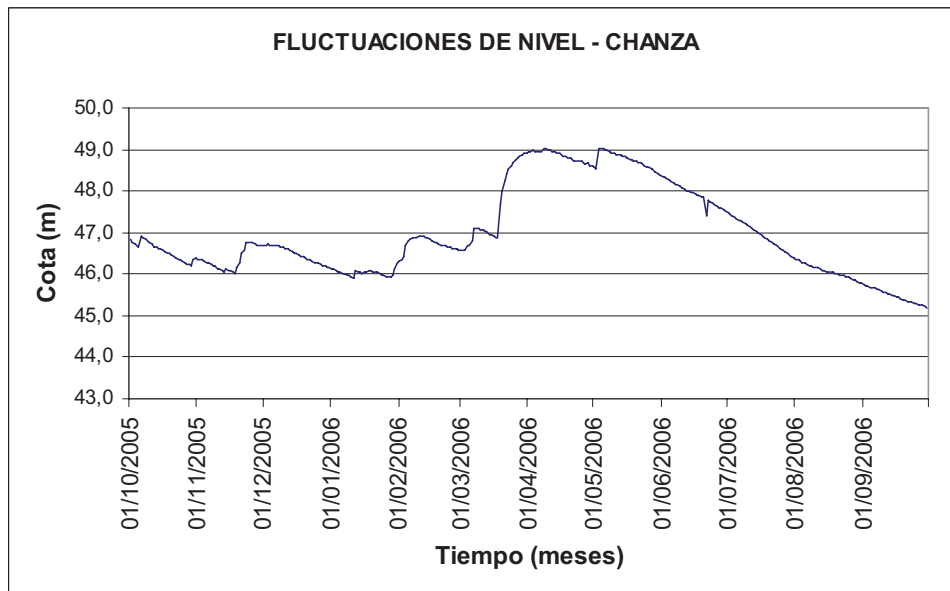


Figura 146. Fluctuaciones del nivel del embalse de Chanza durante el año hidrológico 2005-2006.

3.2.1.3. INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

3.2.1.3.1. *Parámetros Determinados en Campo*

En cada estación de muestreo se han llevado a cabo perfiles verticales con una sonda multiparamétrica TURO para medir los parámetros que determinan la estructura física de la masa de agua, las condiciones de oxigenación y el pH. En el Anexo II.V (Tablas 57 a 175 y Figuras 1 a 119) se presentan los resultados completos de los perfiles de temperatura, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, pH, y potencial Redox de los diferentes embalses muestreados. Para cada estación se muestran los resultados del perfil metro a metro de los diferentes parámetros medidos en las dos campañas de muestreo realizadas. Estos resultados se presentan tanto en formato de tabla como en gráficos, para una mejor interpretación de la evolución de cada parámetro en la columna de agua.

En la campaña realizada en invierno de 2005 se encontraron la mayoría de embalses completamente mezclados. Sin embargo en un 40% de las estaciones muestreadas se insinuaba una ligera termoclina indicadora de un inicio de estratificación. Esta situación afectaba en general a estaciones situadas en los embalses más meridionales de la cuenca, con temperaturas atmosféricas medias anuales más elevadas. En ninguna de las 60 estaciones muestreadas se encontró anoxia.

En verano de 2006 todos los embalses estaban estratificados en el momento del muestreo. Solamente en el punto de presa del embalse de Cornalbo, con sólo 3 metros de profundidad, y en algunas estaciones situadas en colas de embalse no se encontró una termoclina bien diferenciada. De las 60 estaciones muestreadas, el 85% presentaba unas marcadas condiciones de estratificación. En 35 de ellas había además anoxia en el hipolimnion, en la mitad de los casos acompañada de concentraciones significativas de SH₂. Cabe destacar las concentraciones especialmente elevadas de sulfhídrico medidas en el fondo del punto de presa del embalse de El Vicario (64 mg SH₂/L).

La conductividad es sistemáticamente más elevada en los muestreos de verano que en los de invierno, debido a la mayor concentración de iones que suele producirse de forma natural al disminuir el caudal de los tributarios que alimentan el embalse y aumentar la evaporación.

La transparencia del agua en los puntos de presa, valorada a través de la profundidad de visión del Disco de Secchi, muestra máximos en invierno en el embalse de la Serena (11,5 m) y mínimos en Los Machos (0,2 m). En verano el agua es menos transparente y los máximos de profundidad de visión del Disco de Secchi, registrados en La Serena y Cijara, llegan solamente a 7,3 m. Los mínimos en verano corresponden a los embalses de El Vicario y Valuengo, ambos con 0,4 m.

3.2.1.3.2. Parámetros Analizados en el Laboratorio

En cada estación de muestreo se han tomado muestras discretas de agua para su posterior análisis en laboratorio. En condiciones de mezcla las muestras para análisis en laboratorio se tomaron en superficie y fondo. En verano, además de superficie y fondo se tomaron muestras en la termoclina y en el hipolimnion cuando se consideró necesario para tener una mejor caracterización de la columna de agua. Mediante estos análisis se han determinado las concentraciones de los principales nutrientes, la alcalinidad el calcio y el sílice en los puntos más significativos de la columna de agua. La Tabla 126 presenta los parámetros analizados y los métodos analíticos seguidos en el laboratorio de RedControl.

Tabla 126. Parámetros fisicoquímicos determinados en laboratorio en las estaciones en embalses de la Red de Control Biológico del Guadiana. SM: Procedimientos de Standard Methods, ed.20 (1998). PI-ENAC son procedimientos internos de Red-Control acreditados y validados por ENAC.

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA DE REFERENCIA	MÉTODO ANALÍTICO	PROCEDIMIENTO
Amonio	mg NH ₄ /l	PI-ENAC	Absorción Molecular	PI-RC-6.05
Calcio	mg Ca/l	PI-ENAC	ICP	PI-RC-6.54
Fosfatos	mg PO ₄ /l	PI-ENAC	Absorción Molecular	PI-RC-6.25
Fósforo Total	mg P/l	PI-ENAC	Absorción Molecular	PI-RC-6.27
Nitratos	mg NO ₃ /l	PI-ENAC	Electroforesis capilar	PI-RC-6.96
Nitritos	mg NO ₂ /l	PI-ENAC	Absorción Molecular	PI-RC-6.35
Sílice	mg SiO ₂ /l	PI-ENAC	Absorción Molecular	PI-RC-6.45
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /l	SM 2320 B-98	Volumetría	PI-RC-6.03

Las Tablas 126 y 127 muestran respectivamente los resultados del análisis de las muestras de invierno de 2005 y verano de 2006.

Invierno 2005

Los resultados en invierno de 2005 muestran unos valores de fosfatos y fósforo total por debajo de los límites de detección en un 90% de las estaciones muestreadas. Las concentraciones más elevadas se detectaron en el embalse de Montijo (0,21 mg/L de fosfatos y 0,33 mg/L de fósforo total) aunque no son representativas puesto que las condiciones en que se encontraba el embalse eran más propias de un río, con flujo de agua y una profundidad máxima inferior a 150 cm. Los niveles de amonio son inferiores a 1 mg/L en todas las estaciones, con valores máximos en El Vicario (0,75 mg NH₄/L) y en Vega del Jabalón (0,57 mg NH₄/L). Los valores promedio de nitratos se sitúan en 4,2 mg/L, con máximos en Peñarroya (21,3 mg/L) y en la cola del embalse del Zújar (35 mg/L), mientras que las concentraciones de nitritos están siempre por debajo de los límites de detección excepto en Montijo, muestreado en

las condiciones ya expuestas. La alcalinidad medida en los embalses clasificados como calcáreos (véase apartado 3.2.2) se sitúa de promedio en 150 mg CaCO₃/L mientras que este mismo promedio es de 49 mg CaCO₃/L para los embalses silíceos. En cuanto al calcio, el valor promedio es de 94 mg/L en embalses calcáreos y de 16 mg/L en silíceos. Los valores máximos de calcio se dan en El Vicario (250 mg/L). La concentración de SiO₂ es inferior a los 10 mg/L en todas las estaciones excepto en el embalse de El Vicario, con valores de hasta 16 mg/L.

Tabla 127. Parámetros físico-químicos analizados en el laboratorio. Estaciones de la Red de Control Biológico en embalses de la cuenca del Guadiana. Invierno 2005.

Estación	Profundidad Muestra	Embalse	Amonio (mg NH ₄ /l)	Calcio (mg/l)	Fosfatos (mg PO ₄ /l)	Fósforo total (mg P/l)	Nitratos (mg NO ₃ /l)	Nitritos (mg NO ₂ /l)	Silice (mg SiO ₂ /l)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)
E011	Superficie	Gasset	0,027	46,4	0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,3	114
E011	Fondo	Gasset	0,054	46,4	<0,03	<0,05	3,9	<0,05	3,1	117
E012	Superficie	Gasset	0,024	46,7	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,031	113
E012	Fondo	Gasset	0,022	46,5	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,8	114
E021	Superficie	Torre de Abraham	0,027	16,7	<0,03	<0,05	1,1	<0,05	0,019	109
E021	Fondo	Torre de Abraham	0,023	16,6	<0,03	<0,05	2,3	<0,05	0,4	36
E022	Superficie	Torre de Abraham	0,027	16,6	<0,03	<0,05	2,7	<0,05	2,1	40,7
E022	Fondo	Torre de Abraham	0,021	16,6	<0,03	<0,05	1,8	<0,05	0,875	36,7
E031	Superficie	Gargáligas	0,031	6,9	<0,03	<0,05	4,1	<0,05	2,2	20,7
E031	Fondo	Gargáligas	0,027	6,9	<0,03	<0,05	4,7	<0,05	3,4	24,7
E041	Superficie	Cubilar	0,03	5,9	<0,03	<0,05	10,7	<0,05	2,9	20
E041	Fondo	Cubilar	0,028	5,5	<0,03	<0,05	11,3	<0,05	0,975	<20
E051	Superficie	Cancho del Fresno	0,024	1,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	4,7	<20
E051	Fondo	Cancho del Fresno	0,021	1,6	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	4	<20
E061	Superficie	Ruecas	0,031	4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,675	<20
E061	Fondo	Ruecas	0,022	3,8	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,3	<20
E071	Superficie	Sierra Brava	0,024	6	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,65	30
E071	Fondo	Sierra Brava	0,024	5,9	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,4	29,3
E072	Superficie	Sierra Brava	0,04	5,1	<0,03	<0,05	2,2	<0,05	1,5	28
E072	Fondo	Sierra Brava	0,04	6	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,8	30
E081	Superficie	Cornalbo	0,041	9,3	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,7	29,3
E081	Fondo	Cornalbo	0,056	8,7	<0,03	<0,05	1,5	<0,05	0,775	40
E091	Superficie	Proserpina	0,083	23,8	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,6	97,3
E091	Fondo	Proserpina	0,097	25,1	<0,03	<0,05	2,5	<0,05	0,975	88,7
E101	Superficie	El Boquerón	0,065	9,5	<0,03	<0,05	2,3	<0,05	0,151	49,3
E101	Fondo	El Boquerón	0,037	11,4	<0,03	<0,05	2,7	<0,05	0,184	38,7
E111	Superficie	Horno Tejero	0,03	11,1	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,3	40,7
E111	Fondo	Horno Tejero	0,032	10,5	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05		51,3
E121	Superficie	Los Canchales	0,064	19,8	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,575	74,7
E121	Fondo	Los Canchales	0,11	20,7	<0,03	<0,05	3,7	<0,05	0,6	62
E131	Superficie	Villar del Rey	0,03	6,8	<0,03	<0,05	2,9	<0,05	0,7	24
E131	Fondo	Villar del Rey	<0,02	6,7	<0,03	<0,05	2,3	<0,05	6,8	20,7
E132	Superficie	Villar del Rey	0,043	6,9	<0,03	<0,05	1,9	<0,05	0,258	20
E132	Fondo	Villar del Rey	<0,02	7,6	<0,03	<0,05	1,2	<0,05	1,1	23,3
E141	Superficie	Peñarroya	0,022	77,2	<0,03	<0,05	21,3	<0,05	3	149
E141	Fondo	Peñarroya	0,03	78,7	<0,03	<0,05	16,7	<0,05	3,1	157
E151	Superficie	El Vicario	0,76	249	<0,03	0,11	<1,1	<0,05	16,2	190
E151	Fondo	El Vicario	0,75	251	<0,03	0,07	<1,1	<0,05	12,6	199
E152	Superficie	El Vicario	0,42	252	<0,03	0,06	<1,1	<0,05	3,4	201
E152	Fondo	El Vicario	0,47	252	<0,03	0,07	<1,1	<0,05	13,9	207
E161	Superficie	Cijara	<0,02	21,6	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	3,3	49,3
E161	Fondo	Cijara	0,085	24,8	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,4	45,3
E162	Superficie	Cijara	0,02	20,3	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,9	42
E162	Fondo	Cijara	0,046	20	<0,03	<0,05	1,2	<0,05	4,1	50
E163	Superficie	Cijara	0,028	23	<0,03	<0,05	1,8	<0,05	2	60,7
E163	Fondo	Cijara	0,078	26,2	<0,03	<0,05	2,3	<0,05	3,1	67,3
E164	Superficie	Cijara	0,024	23,1	<0,03	<0,05	1,3	<0,05	3	60
E164	Fondo	Cijara	0,13	37,9	0,06	<0,05	2,1	<0,05	2	98
E171	Superficie	García de Sola	0,029	14,2	<0,03	<0,05	1,4	<0,05	2,6	55,3
E171	Fondo	García de Sola	0,028	14,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	4	40,7
E172	Superficie	García de Sola	0,027	14,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,8	36
E172	Fondo	García de Sola	0,064	13,6	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,6	40,7
E173	Superficie	García de Sola	0,029	15,1	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,4	40,7
E173	Fondo	García de Sola	0,032	13,5	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,8	42,7
E174	Superficie	García de Sola	<0,02	13,3	<0,03	<0,05	2,2	<0,05	2,1	33,3
E174	Fondo	García de Sola	<0,02	13	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,1	37,3

Tabla 127. Parámetros fisico-químicos analizados en el laboratorio. Estaciones de la Red de Control Biológico en embalses de la cuenca del Guadiana. Invierno 2005 (Continuación).

Estación	Profundidad Muestra	Embalse	Amonio (mg NH ₄ /l)	Calcio (mg/l)	Fosfatos (mg PO ₄ /l)	Fósforo total (mg P/l)	Nitratos (mg NO ₃ /l)	Nitritos (mg NO ₂ /l)	Silice (mg SiO ₂ /l)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)
E181	Superficie	Orellana	0,049	15,2	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,5	48
E181	Fondo	Orellana	0,054	15,7	0,11	<0,05	<1,1	<0,05	2,9	48
E182	Superficie	Orellana	0,024	15,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,9	50,7
E182	Fondo	Orellana	0,038	14,8	<0,03	<0,05	1,9	<0,05	2,2	50,7
E183	Superficie	Orellana	0,028	14,5	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	3,1	40
E183	Fondo	Orellana	0,021	14,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,6	44,7
E184	Superficie	Orellana	0,038	15,7	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,5	90
E184	Fondo	Orellana	0,06	15,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2	38,7
E191*	Superficie	Montijo	0,23	46,3	0,21	0,33	6,6	0,073	3,6	161
E201	Superficie	Puerto de Vallehermoso	0,06	173	<0,03	<0,05	12,7	<0,05	10,1	160
E201	Fondo	Puerto de Vallehermoso	0,068	173	<0,03	<0,05	11,7	<0,05	8,8	168
E211	Superficie	La Cabezueta	0,14	117	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,9	143
E211	Fondo	La Cabezueta	0,15	115	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,6	140
E221	Superficie	Vega del Jabalón	0,52	81,8	<0,03	0,08	<1,1	<0,05	5,2	119
E221	Fondo	Vega del Jabalón	0,57	81	0,04	0,07	1,4	<0,05	6,8	139
E231	Superficie	La Serena	<0,02	22,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,1	70,7
E231	Fondo	La Serena	<0,02	22,9	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,6	64,7
E232	Superficie	La Serena	0,024	22,8	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,2	73,3
E232	Fondo	La Serena	<0,02	23,4	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,5	74,7
E233	Superficie	La Serena	0,064	25,2	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,425	79,3
E233	Fondo	La Serena	0,16	25,5	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,5	86
E234	Superficie	La Serena	0,036	21,2	<0,03	<0,05	2,3	<0,05	1,3	70
E234	Fondo	La Serena	0,022	21,8	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,4	69,3
E235	Superficie	La Serena	0,032	21,7	<0,03	<0,05	2,2	<0,05	0,45	75,3
E235	Fondo	La Serena	0,029	22,9	<0,03	<0,05	1,1	<0,05	1	72,7
E241	Superficie	Zújar	<0,02	22,4	<0,03	<0,05	2,6	<0,05	1,5	69,3
E241	Fondo	Zújar	<0,02	22,7	<0,03	<0,05	3,4	<0,05	1,6	70
E242	Superficie	Zújar	0,021	22,8	<0,03	<0,05	6,5	<0,05	2,2	67,3
E242	Fondo	Zújar	<0,02	23	<0,03	<0,05	35	<0,05	1,7	66
E251	Superficie	Los Molinos	0,077	46,6	<0,03	<0,05	1,2	<0,05	0,035	155
E251	Fondo	Los Molinos	0,051	45,4	<0,03	0,079	<1,1	<0,05	0,9	162
E261	Superficie	Alange	0,038	38,1	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,25	147
E261	Fondo	Alange	0,022	37,9	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1	151
E262	Superficie	Alange	0,052	39,1	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	1,4	144
E262	Fondo	Alange	0,029	40,3	<0,03	<0,05	9,6	<0,05	0,95	147
E263	Superficie	Alange	0,075	38,7	<0,03	<0,05	5,1	<0,05	1,1	139
E263	Fondo	Alange	0,06	38,2	<0,03	<0,05	1,9	<0,05	0,675	144
E264	Superficie	Alange	0,031	42,1	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	0,312	149
E264	Fondo	Alange	0,029	39,7	<0,03	<0,05	1,1	<0,05	1	153
E271	Superficie	Tentudía	0,59	13,8	<0,03	<0,05	4,3	<0,05	6,6	56
E271	Fondo	Tentudía	0,58	13,1	<0,03	<0,05	1,6	<0,05	6,5	58,7
E281	Superficie	Chanza	<0,02	15,3	<0,03	<0,05	1,3	<0,05	4,2	33,3
E281	Fondo	Chanza	<0,02	15,9	<0,03	<0,05	2,9	<0,05	3,7	40
E282	Superficie	Chanza	0,17	15,9	<0,03	<0,05	2,5	<0,05	3,9	38,7
E282	Fondo	Chanza	<0,02	15,7	<0,03	<0,05	1,8	<0,05	5,7	30,7
E283	Superficie	Chanza	0,096	15,6	<0,03	<0,05	1,9	<0,05	5,2	34,7
E283	Fondo	Chanza	0,025	15,3	<0,03	<0,05	1,5	<0,05	3,6	34,7
E291	Superficie	Andévalo	0,15	14,8	<0,03	<0,05	1,2	<0,05	4,5	22
E291	Fondo	Andévalo	0,16	15	<0,03	<0,05	1,2	<0,05	3,9	20,7
E292	Superficie	Andévalo	0,22	14,5	<0,03	<0,05	1,1	<0,05	3,5	20,7
E292	Fondo	Andévalo	0,17	14,7	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	4	<20
E293	Superficie	Andévalo	<0,02	15,9	<0,03	<0,05	1,6	<0,05	3,9	<20
E293	Fondo	Andévalo	0,16	16,3	<0,03	<0,05	1,6	<0,05	4,3	<20
E301	Superficie	Jarrama	0,06	10	<0,03	<0,05	3,4	<0,05	8	27,3
E301	Fondo	Jarrama	0,14	8,6	<0,03	<0,05	9,3	<0,05	8,8	25,3
E311	Superficie	Corumbel bajo	0,036	32,7	<0,03	<0,05	2,8	<0,05	0,775	86,7
E311	Fondo	Corumbel bajo	0,022	35,3	<0,03	0,11	<1,1	<0,05	3,4	98
E321	Superficie	Piedras	0,057	18,6	<0,03	<0,05	1,5	<0,05	0,375	42
E321	Fondo	Piedras	0,034	18	<0,03	<0,05	1,3	<0,05	0,7	50
E322	Superficie	Piedras	0,056	21	<0,03	<0,05	1,4	<0,05	2,1	46,7
E322	Fondo	Piedras	0,02	20	<0,03	<0,05	<1,1	<0,05	2,5	60,7
E331	Superficie	Los Machos	0,071	13,1	<0,03	0,11	4,7	<0,05	7,8	36,7
E331	Fondo	Los Machos	0,058	13,1	<0,03	<0,05	4,7	<0,05	6,2	40

* En esta estación únicamente se recibió la muestra de superficie. No se tomó muestra de fondo puesto que la profundidad máxima era inferior a 150 cm

Verano 2006

En verano de 2006 los niveles de fosfato y fósforo total son significativamente superiores a los de invierno de 2005, con concentraciones por encima de los niveles de detección en 15 estaciones para fosfato y 30 estaciones para fósforo total. Los valores máximos son muy elevados. En el embalse de Valuengo llegan hasta 0,1 mg PO₄/L y 0,21 mg

Ptotal/L en el epilimnion, y de 0,76 mg PO₄/L y 0,83 mg Ptotal/L en el hipolimnion. El valor máximo de fósforo total se registra en el fondo del embalse de Piedra Aguda (1,1 mg/L). Los valores de amonio son elevados en la mayoría de fondos de embalses con anoxia, con concentraciones superiores a los 5 mg/L en Vega del Jabalón, Tentudía, Piedra Aguda, El Agujón y Valuengo. Los niveles de nitratos son en general bajos, con un promedio de 1,67 mg/L y valores máximos en la presa de Peñarroya (18,6 mg/L), significativamente inferiores a los de invierno debido a la disminución de aportes a través de los tributarios y a los procesos de desnitrificación en aguas hipolimnéticas sin oxígeno. Las concentraciones más elevadas de nitrito corresponden también al embalse de Peñarroya, con un valor de 0,325 mg/L medido en la muestra de fondo de la presa de este embalse. En cuanto a la alcalinidad y al calcio, los promedios en embalses calcáreos son de 136 mg CaCO₃/L (alcalinidad) y 75 mg/L (calcio). Estos mismos promedios en embalses silíceos son de 61 mg CaCO₃/L (alcalinidad) y 17 mg/L (calcio). El valor promedio de sílice en todas las muestras analizadas es de 4,25 mg SiO₂/L. La concentración máxima corresponde a la estación de presa del embalse de Peñarroya, con 25,3 mg SiO₂/L.

Tabla 128. Parámetros físico-químicos analizados en el laboratorio. Estaciones de la Red de Control Biológico en embalses de la cuenca del Guadiana. Verano 2006.

Estación	Profundidad muestra	Embalses	Amonio (mg NH4/l)	Calcio (mg/l)	Fosfatos (mg PO4/l)	Fósforo total (mg P/l)	Nitratos (mg NO3/l)	Nitritos (mg NO2/l)	Silíce (mg SiO2/l)	Alcalinidad (mg CaCO3/l)
E011	Superficie	Gasset	0,085	43,6	<0.03	<0.05	0,199	0,049	0,269	104
E011	2 metros	Gasset	0,056	42,1	<0.03	<0.05	0,284	0,059	1,6	105
E011	5 metros	Gasset	0,087	44,3	<0.03	<0.05	0,359	<0.016	2,6	111
E011	Fondo	Gasset	1,1	49,2	<0.03	0,07	0,190	0,082	6,9	145
E012	Superficie	Gasset	0,043	42,9	<0.03	<0.05	0,168	0,066	0,287	105
E012	2 metros	Gasset	0,075	43,9	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,313	107
E012	Fondo	Gasset	0,18	46,2	<0.03	0,05	<0.11	<0.016	0,934	113
E021	Superficie	Torre de Abraham	0,053	20,2	<0.03	<0.05	0,159	0,043	0,723	48,2
E021	7 metros	Torre de Abraham	0,042	19,6	<0.03	<0.05	0,239	0,167	1	46,2
E021	11 metros	Torre de Abraham	0,04	19,2	<0.03	<0.05	0,687	0,059	1,5	46,4
E021	Fondo	Torre de Abraham	1	20,6	<0.03	<0.05	<0.11	0,043	3,9	72,8
E022	Superficie	Torre de Abraham	0,03	20,9	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,924	47,7
E022	2 metros	Torre de Abraham	0,076	22,6	<0.03	<0.05	0,217	<0.016	0,674	52,7
E022	Fondo	Torre de Abraham	0,042	20,6	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,45	47
E023	Superficie	Torre de Abraham	0,063	20,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	0,267	47,9
E023	Fondo	Torre de Abraham	0,075	20,5	<0.03	<0.05	<0.11	0,039	0,497	47,1
E031	Superficie	Gargáligas	0,03	10,9	<0.03	<0.05	0,137	<0.016	0,389	36,9
E031	4 metros	Gargáligas	0,043	10,6	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3,3	35
E031	7 metros	Gargáligas	0,11	11,7	<0.03	<0.05	0,319	0,020	4,2	39,8
E031	Fondo	Gargáligas	0,86	12,2	<0.03	0,2	<0.11	0,023	4,4	52,5
E041	Superficie	Cubilar	0,021	8,1	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	0,62	<20
E041	3 metros	Cubilar	<0.02	7,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	3,7	<20
E041	Fondo	Cubilar	0,11	8,8	0,03	0,21	<0.11	0,020	2,4	30,2
E051	Superficie	Cancho del Fresno	<0.02	1,2	<0.03	<0.05	0,213	0,049	8,1	<20
E051	6 metros	Cancho del Fresno	0,025	1,3	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	6,5	<20
E051	14 metros	Cancho del Fresno	<0.02	1,3	<0.03	<0.05	0,873	0,115	7,1	<20
E051	Fondo	Cancho del Fresno	0,05	1,7	<0.03	<0.05	1,537	0,105	2,9	<20
E061	Superficie	Ruecas	0,041	4,7	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	1,3	<20
E061	5 metros	Ruecas	0,022	5,8	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3	<20
E061	12 metros	Ruecas	0,17	6,2	<0.03	<0.05	1,192	0,230	5	25,1
E061	Fondo	Ruecas	0,038	5,3	<0.03	0,05	0,851	0,085	7,3	26,3
E071	Superficie	Sierra Brava	0,045	6,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,026	6,6	34
E071	7 metros	Sierra Brava	0,12	6,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	5,6	33,8
E071	11 metros	Sierra Brava	0,061	6,3	<0.03	<0.05	1,121	0,046	8,4	31,8
E071	Fondo	Sierra Brava	0,12	7,9	<0.03	<0.05	1,644	0,023	5,2	34,2
E072	Superficie	Sierra Brava	0,059	8,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,026	3	38,5
E072	7 metros	Sierra Brava	0,041	5,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,072	10,3	33,4
E072	13 metros	Sierra Brava	0,053	6,3	<0.03	<0.05	1,223	0,033	2,7	31,6
E072	Fondo	Sierra Brava	0,058	6,4	<0.03	<0.05	1,298	0,036	7,3	32,4
E081	Superficie	Cornalbo	0,043	12,9	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,491	54,3
E081	Fondo	Cornalbo	0,13	13	0,12	0,13	<0.11	<0.016	5,4	56,5
E091	Superficie	Proserpina	0,08	23,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	4,8	113
E091	5 metros	Proserpina	0,11	22,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	4,3	111
E091	9 metros	Proserpina	0,77	26,5	0,08	0,09	0,137	0,036	2,6	114
E091	Fondo	Proserpina	1,7	22,6	0,13	0,17	<0.11	0,030	7	118
E101	Superficie	El Boquerón	0,043	12,5	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	1	48,5
E101	4 metros	El Boquerón	0,032	12,7	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3,1	47,5
E101	9 metros	El Boquerón	0,66	13,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,030	2,5	62,5
E101	Fondo	El Boquerón	1,1	15	0,05	0,16	<0.11	0,043	7,2	70,9
E111	Superficie	Horno Tejero	0,045	12,5	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3,3	50,3
E111	7 metros	Horno Tejero	0,042	12,2	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3,6	48,5
E111	14 metros	Horno Tejero	0,13	12,4	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	3,2	52,4
E111	Fondo	Horno Tejero	0,38	12,6	<0.03	<0.05	<0.11	0,020	3,6	56,2
E121	Superficie	Los Canchales	0,12	27,7	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	7,8	103
E121	2 metros	Los Canchales	0,13	27,8	<0.03	<0.05	<0.11	0,187	5,3	99,7
E121	5 metros	Los Canchales	0,23	28	0,07	0,09	<0.11	0,016	7,3	99,2
E121	Fondo	Los Canchales	0,62	27,5	0,04	0,12	0,137	0,072	7,8	104
E122	Superficie	Los Canchales	0,22	28,4	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	4,7	99,5
E122	Fondo	Los Canchales	0,12	26,6	<0.03	0,1	0,350	0,023	4,3	101
E131	Superficie	Villar del Rey	0,052	7,5	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	10,8	35,4
E131	6 metros	Villar del Rey	0,039	6,6	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	7,2	34,9
E131	13 metros	Villar del Rey	0,1	6,7	<0.03	<0.05	2,747	<0.016	8,5	30,5
E131	Fondo	Villar del Rey	1	8,2	<0.03	<0.05	0,642	0,056	5,4	42,7

Tabla 128. Parámetros fisico-químicos analizados en el laboratorio. Estaciones de la Red de Control Biológico en embalses de la cuenca del Guadiana. Verano 2006 (Continuación).

Estación	Profundidad muestra	Embalses	Amonio (mg NH ₄ /l)	Calcio (mg/l)	Fosfatos (mg PO ₄ /l)	Fósforo total (mg P/l)	Nitratos (mg NO ₃ /l)	Nitritos (mg NO ₂ /l)	Silice (mg SiO ₂ /l)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)
E132	Superficie	Villar del Rey	0,038	7,8	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,795	35,7
E132	4 metros	Villar del Rey	0,074	7,5	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	0,554	35,4
E132	11 metros	Villar del Rey	0,46	7,5	<0.03	<0.05	0,155	0,053	1,9	36,9
E132	Fondo	Villar del Rey	0,74	8,1	0,04	0,07	<0.11	0,030	3,4	40,4
E141	Superficie	Peñarroya	0,054	57,3	<0.03	<0.05	18,606	0,184	25,3	113
E141	10 metros	Peñarroya	0,031	54,9	<0.03	<0.05	14,575	0,204	5,3	117
E141	19 metros	Peñarroya	0,084	70,1	<0.03	<0.05	14,663	0,213	6,7	151
E141	Fondo	Peñarroya	0,21	70,8	<0.03	<0.05	14,176	0,325	2,3	156
E142	Superficie	Peñarroya	0,17	58,8	<0.03	<0.05	17,144	0,227	3	120
E142	Fondo	Peñarroya	0,07	59	<0.03	<0.05	16,480	0,174	1,7	122
E151	Superficie	El Vicario	1,8	261	<0.03	0,08	<0.11	0,066	8,3	97,3
E151	3 metros	El Vicario	1,4	260	<0.03	0,11	<0.11	0,076	17,4	96,7
E151	5 metros	El Vicario	1,7	270	<0.03	0,08	<0.11	0,062	8,2	99,8
E151	Fondo	El Vicario	1,5	254	0,17	0,2	<0.11	0,082	8,3	312
E152	Superficie	El Vicario	1,3	264	<0.03	0,1	0,115	0,066	13,9	98,1
E152	1 metro	El Vicario	1,4	263	<0.03	0,12	1,604	0,089	13,2	98,7
E152	Fondo	El Vicario	1,4	263	<0.03	0,1	0,128	0,072	11,1	101
E161	Superficie	Cijara	0,053	22,5	<0.03	<0.05	0,394	0,072	0,735	58,5
E161	10 metros	Cijara	0,031	21,3	<0.03	<0.05	0,598	0,069	0,979	56,6
E161	16 m	Cijara	0,029	22,6	<0.03	<0.05	1,502	0,069	2	58,1
E161	Fondo	Cijara	0,098	25,2	<0.03	<0.05	1,409	0,167	4,2	65,8
E162	Superficie	Cijara	0,075	18,7	<0.03	<0.05	0,120	0,053	1,3	51,1
E162	2 metros	Cijara	0,032	19,1	<0.03	<0.05	<0.11	0,033	0,452	50,7
E162	Fondo	Cijara	0,16	18,3	<0.03	<0.05	0,244	0,056	1,6	50,5
E163	Superficie	Cijara	0,039	25,8	<0.03	<0.05	2,069	0,066	0,318	63,4
E163	8 metros	Cijara	0,056	25,9	<0.03	<0.05	0,111	0,076	0,651	66,2
E163	15 metros	Cijara	0,031	25	<0.03	<0.05	0,930	0,062	2,5	63,4
E163	Fondo	Cijara	0,04	25	<0.03	<0.05	1,648	0,059	3,8	62,2
E164	Superficie	Cijara	0,046	25,4	<0.03	<0.05	<0.11	0,046	0,376	65,3
E164	7 metros	Cijara	0,16	26,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	0,528	69,7
E164	11 metros	Cijara	0,04	27,3	<0.03	<0.05	0,137	0,023	2,1	68,4
E164	Fondo	Cijara	0,27	25,3	<0.03	<0.05	1,356	0,023	4	67,7
E165	Superficie	Cijara	0,11	18,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,039	2	51,9
E165	5 metros	Cijara	0,1	19,1	<0.03	<0.05	<0.11	0,056	0,992	51,2
E165	Fondo	Cijara	0,12	18,8	<0.03	<0.05	0,128	<0.016	1,9	51,2
E171	Superficie	García de Sola	0,03	18,8	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,561	51,5
E171	6 metros	García de Sola	0,061	18,9	<0.03	<0.05	0,354	0,059	0,821	49,9
E171	19 metros	García de Sola	0,033	21,4	<0.03	<0.05	1,240	0,089	1,9	49,9
E171	Fondo	García de Sola	0,071	21,9	<0.03	0,06	1,249	0,089	1,5	55,6
E172	Superficie	García de Sola	0,041	19,5	<0.03	<0.05	<0.11	0,043	0,306	50,6
E172	7 metros	García de Sola	0,085	21,7	<0.03	<0.05	0,195	0,043	0,737	53,6
E172	17 metros	García de Sola	0,039	23	<0.03	<0.05	1,112	0,049	2,4	57,1
E172	Fondo	García de Sola	0,035	24,6	<0.03	<0.05	1,174	0,072	4,1	58,9
E173	Superficie	García de Sola	0,052	18,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,026	0,333	42,3
E173	7 metros	García de Sola	0,03	19,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,030	0,668	20,6
E173	11 metros	García de Sola	0,035	22,3	<0.03	<0.05	0,727	0,062	2,1	56,5
E173	Fondo	García de Sola	0,066	23,7	<0.03	0,05	0,713	0,072	2,3	<20
E174	Superficie	García de Sola	0,035	17,6	<0.03	<0.05	<0.11	0,043	0,715	49,3
E174	6 metros	García de Sola	0,098	18,1	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	1,7	52
E174	Fondo	García de Sola	0,099	19,5	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	2,3	57,4
E181	Superficie	Orellana	0,031	24,5	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	4,9	69,5
E181	4 metros	Orellana	<0.02	23,5	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	5,1	58,4
E181	15 metros	Orellana	<0.02	22,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	3,2	50,2
E181	Fondo	Orellana	0,085	24,4	<0.03	<0.05	0,638	0,030	3,7	64,7
E182	Superficie	Orellana	0,037	20,9	<0.03	<0.05	0,124	0,033	0,522	65,3
E182	7 metros	Orellana	0,059	23,1	<0.03	<0.05	0,554	<0.016	1,2	63,8
E182	17 metros	Orellana	0,077	20,6	<0.03	<0.05	0,886	0,046	2,3	34,7
E182	Fondo	Orellana	0,081	20,4	<0.03	<0.05	0,842	0,079	3,8	62
E183	Superficie	Orellana	0,078	23,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,026	0,879	64,3
E183	5 metros	Orellana	0,03	23,4	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	2,6	62,7
E183	Fondo	Orellana	0,11	20,2	<0.03	<0.05	0,678	0,046	3,9	52,7
E184	Superficie	Orellana	0,069	20,6	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	2,7	61,7
E184	8 metros	Orellana	0,048	21,7	<0.03	<0.05	0,633	0,069	1,5	59,6
E184	13 metros	Orellana	0,038	23	<0.03	<0.05	0,580	0,059	1,7	52,6
E184	Fondo	Orellana	0,089	21,7	<0.03	0,081	0,248	<0.016	2,5	63,1

Tabla 128. Parámetros fisico-químicos analizados en el laboratorio de la Red de Control Biológico en embalses de la cuenca del Guadiana. Verano 2006 (Continuación).

Estación	Profundidad muestra	Embalses	Amonio (mg NH ₄ /l)	Calcio (mg/l)	Fosfatos (mg PO ₄ /l)	Fósforo total (mg P/l)	Nitratos (mg NO ₃ /l)	Nitritos (mg NO ₂ /l)	Silice (mg SiO ₂ /l)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)
E191	Superficie	Montijo	0,5	35,2	0,1	0,12	<0.11	0,033	3	133
E191	2 metros	Montijo	0,4	36	0,082	0,1	0,124	0,026	5,4	132
E191	5 metros	Montijo	0,38	35,3	0,09	0,17	1,422	0,043	6,7	132
E191	Fondo	Montijo	0,57	36,8	0,15	0,38	1,054	0,076	3,7	130
E201	Superficie	Puerto Vallehermoso	0,088	176	<0.03	<0.05	<0.11	0,076	5,6	89
E201	3 metros	Puerto Vallehermoso	0,12	177	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	9,7	89,8
E201	6 metros	Puerto Vallehermoso	0,4	184	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	13,5	103
E201	Fondo	Puerto Vallehermoso	0,79	184	<0.03	0,06	0,177	0,062	1,1	148
E211	Superficie	La Cabezueta	0,035	126	<0.03	<0.05	<0.11	0,062	0,46	119
E211	6 metros	La Cabezueta	0,16	125	<0.03	<0.05	<0.11	0,056	0,46	122
E211	7,5 metros	La Cabezueta	0,11	127	<0.03	<0.05	0,722	0,059	0,616	127
E211	Fondo	La Cabezueta	0,89	126	<0.03	<0.05	<0.11	0,053	6,7	159
E221	Superficie	Vega del Jabalón	0,84	67,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,056	3,3	95,2
E221	2 metros	Vega del Jabalón	0,88	67,2	<0.03	0,05	0,354	0,066	5,9	102
E221	7 metros	Vega del Jabalón	4,4	76,6	0,12	0,19	2,264	0,062	6,5	157
E221	Fondo	Vega del Jabalón	7,4	76,2	0,24	0,46	<0.11	0,128	8,1	200
E231	Superficie	La Serena	0,034	24,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,030	3,1	82,1
E231	9 metros	La Serena	0,035	23,7	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	2,6	84,4
E231	19 metros	La Serena	0,034	24,8	<0.03	<0.05	0,492	0,076	2,9	81,5
E231	Fondo	La Serena	0,3	25	<0.03	0,23	<0.11	0,020	4,4	85,3
E232	Superficie	La Serena	0,18	25,5	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	0,308	85,7
E232	9 metros	La Serena	0,035	26,1	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3,1	85,7
E232	16 metros	La Serena	0,064	23,5	<0.03	<0.05	0,948	0,049	1,6	82,2
E232	Fondo	La Serena	0,1	21,7	<0.03	0,09	0,961	0,115	2,9	81,9
E233	Superficie	La Serena	0,11	24,4	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	3,9	86,8
E233	4 metros	La Serena	0,035	23,7	<0.03	<0.05	0,111	0,020	0,583	86,9
E233	Fondo	La Serena	0,22	22,6	<0.03	0,06	<0.11	<0.016	1,4	87,2
E234	Superficie	La Serena	0,081	25,2	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,881	83,8
E234	8 metros	La Serena	0,12	25,5	<0.03	<0.05	0,115	0,053	0,538	84,2
E234	15 metros	La Serena	0,053	23	<0.03	<0.05	0,151	0,089	1,4	83,5
E234	Fondo	La Serena	0,25	23,4	<0.03	0,19	0,133	<0.016	3,5	86,5
E235	Superficie	La Serena	0,047	23,6	<0.03	<0.05	0,168	0,023	0,224	45,3
E235	5 metros	La Serena	0,057	23,7	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,445	86,8
E235	12 metros	La Serena	0,16	23,3	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,683	87,7
E235	Fondo	La Serena	0,6	23,9	<0.03	0,18	<0.11	0,020	2,3	94,3
E236	Superficie	La Serena	0,17	23,2	<0.03	0,082	1,006	0,046	0,659	80,9
E236	4 metros	La Serena	0,05	25,3	<0.03	0,05	<0.11	<0.016	3,4	86,7
E236	Fondo	La Serena	0,17	23,3	<0.03	<0.05	0,385	0,026	0,668	87,5
E241	Superficie	Zújar	0,033	21,6	<0.03	<0.05	<0.11	0,030	5,7	77,4
E241	7 metros	Zújar	0,17	21,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	9,1	80,2
E241	27 metros	Zújar	0,028	21,6	<0.03	<0.05	0,452	0,046	9,9	77,7
E241	Fondo	Zújar	0,18	21,1	0,04	0,09	0,890	0,049	4,8	78,3
E242	Superficie	Zújar	0,03	21,8	<0.03	<0.05	<0.11	0,023	4	79,8
E242	5 metros	Zújar	0,041	22	<0.03	<0.05	0,124	0,043	3,5	78,2
E242	14 metros	Zújar	0,032	20,8	<0.03	<0.05	0,341	0,033	1,4	80,4
E242	Fondo	Zújar	0,037	20,6	<0.03	<0.05	0,957	0,033	1,1	79,2
E251	Superficie	Los Molinos	0,087	18,8	<0.03	<0.05	0,164	0,036	7,4	124
E251	5 metros	Los Molinos	0,11	18,8	<0.03	<0.05	<0.11	0,053	9,7	131
E251	10 metros	Los Molinos	1,4	33	0,07	0,11	<0.11	0,056	5,7	175
E251	Fondo	Los Molinos	2,4	34,6	0,081	0,22	<0.11	0,043	9,6	187
E261	Superficie	Alange	0,037	30,2	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	3,2	140
E261	7 metros	Alange	0,028	30,4	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	5,9	141
E261	18 metros	Alange	0,041	23,4	<0.03	<0.05	0,399	0,076	4,1	155
E261	Fondo	Alange	0,11	36,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,072	6	159
E262	Superficie	Alange	0,039	30,1	<0.03	<0.05	<0.11	0,030	5,9	142
E262	7 metros	Alange	0,033	29,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,026	10,1	143
E262	13 metros	Alange	0,033	34,5	<0.03	<0.05	<0.11	0,043	8,6	149
E262	Fondo	Alange	0,058	35,1	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	7,5	151
E263	Superficie	Alange	0,044	27,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	7,3	136
E263	6 metros	Alange	0,035	28,2	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	7	135
E263	10 metros	Alange	0,075	31	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	6,2	144
E263	Fondo	Alange	0,2	34	<0.03	<0.05	<0.11	0,026	7,3	152
E264	Superficie	Alange	0,06	30,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,036	6,8	144
E264	4 metros	Alange	0,035	29,9	<0.03	<0.05	<0.11	0,046	7,5	142
E264	Fondo	Alange	0,037	30,8	0,04	<0.05	<0.11	<0.016	5,1	144

Tabla 128. Parámetros físico-químicos analizados en el laboratorio de la Red de Control Biológico en embalses de la cuenca del Guadiana. Verano 2006 (Continuación).

Estación	Profundidad muestra	Embalses	Amonio (mg NH ₄ /l)	Calcio (mg/l)	Fosfatos (mg PO ₄ /l)	Fósforo total (mg P/l)	Nitratos (mg NO ₃ /l)	Nitritos (mg NO ₂ /l)	Silice (mg SiO ₂ /l)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)
E271	Superficie	Tentudía	0,067	12,4	0,05	0,083	<0.11	0,033	2,7	60,6
E271	3 metros	Tentudía	0,3	13,8	0,1	0,12	<0.11	0,030	9,4	65,2
E271	9 metros	Tentudía	2,7	14,5	0,11	0,15	<0.11	0,049	5,8	85,6
E271	Fondo	Tentudía	6,1	15,5	0,14	0,31	<0.11	0,026	5,1	97,2
E341	Superficie	Valdecaballeros	0,033	7,1	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,417	35,3
E341	3,5 metros	Valdecaballeros	0,23	9,3	<0.03	0,09	0,190	0,023	1	21
E341	Fondo	Valdecaballeros	0,21	9,4	0,04	0,15	<0.11	0,020	7,9	49,5
E342	Superficie	Valdecaballeros	0,066	7,3	<0.03	<0.05	<0.11	<0.016	0,943	34,7
E342	Fondo	Valdecaballeros	0,13	7,7	<0.03	<0.05	<0.11	0,020	1	35,6
E351	Superficie	Piedra Aguda	0,21	17	<0.03	<0.05	<0.11	0,046	6,7	118
E351	3 metros	Piedra Aguda	0,33	18,4	<0.03	0,05	<0.11	0,049	6,9	122
E351	7 metros	Piedra Aguda	2,9	25,7	<0.03	0,29	<0.11	0,053	11,5	150
E351	Fondo	Piedra Aguda	6,2	37,5	<0.03	1,1	<0.11	0,059	13,4	222
E361	Superficie	El Aguijón	0,15	14,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,030	6,8	94,1
E361	3 metros	El Aguijón	0,081	16,2	<0.03	<0.05	<0.11	0,033	6,8	97,8
E361	10 metros	El Aguijón	2,4	24,2	<0.03	0,29	<0.11	0,043	8,9	134
E361	Fondo	El Aguijón	11,2	24,8	<0.03	0,35	<0.11	0,039	6,8	143
E371	Superficie	Valuengo	0,52	20,5	0,1	0,18	<0.11	0,026	5,8	157
E371	2 metros	Valuengo	0,33	21	0,07	0,21	<0.11	0,023	4,1	154
E371	8 metros	Valuengo	2,2	27,8	<0.03	0,42	<0.11	0,043	5,5	185
E371	Fondo	Valuengo	5,9	33,6	0,76	0,83	<0.11	0,049	5,9	222
E381	Superficie	Azud del Rucas	0,04	5,8	<0.03	<0.05	<0.11	0,016	9,6	<20
E381	2 metros	Azud del Rucas	0,11	5,2	<0.03	<0.05	1,400	0,026	6,5	24,6
E381	5 metros	Azud del Rucas	0,21	5,4	<0.03	<0.05	1,085	0,108	6,7	27,5
E381	Fondo	Azud del Rucas	0,06	6,8	0,1	0,15	<0.11	0,020	7,2	36,9

3.2.2. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Según lo establecido en el artículo 4 y en el anexo V de la Directiva Marco del Agua los embalses, en tanto que masas de agua fuertemente modificadas, deben alcanzar un buen potencial ecológico, definido por unas condiciones que no difieran más que levemente de las correspondientes al tipo de masa de agua superficial más estrechamente comparable, en este caso los lagos.

En estos momentos no se dispone todavía de una metodología de referencia para la determinación del potencial ecológico en embalses. Los trabajos de intercalibración a nivel europeo no están ni mucho menos terminados, y desde España se está trabajando todavía en un documento borrador de la tipificación de los embalses (CEDEX, 2006). Aun así ha habido algunos trabajos de valoración del potencial ecológico de los embalses en las cuencas del Tajo (Confederación Hidrográfica del Tajo, 2002) y en las internas de Catalunya (Agència Catalana de l'Aigua, 2003). En base a la metodología de esos trabajos y a la información disponible a través de los muestreos realizados, se ha establecido un método de valoración del potencial ecológico de cada embalse.

3.2.2.1. TIPOS DE EMBALSES

A partir de la tipología preliminar de embalses realizada por el CEDEX (CEDEX, 2006) se ha llevado a cabo una simplificación consistente en utilizar solamente el régimen de mezcla, la geología y el área de cuenca como variables de diferenciación entre tipos. Se ha optado por esta simplificación porque las otras variables utilizadas en el trabajo del CEDEX, índice de humedad y temperatura media anual, daban casos de clasificación en grupos diferentes de embalses de características muy similares. Para evitar que algunos grupos quedaran representados por 1 solo embalse, se ha realizado otra simplificación respecto a la propuesta del documento borrador del CEDEX consistente en diferenciar solamente dos categorías dentro de la variable del área de cuenca. La Tabla 129 muestra una comparativa entre las variables utilizadas en el documento borrador del CEDEX y las utilizadas en este trabajo:

Tabla 129. Variables utilizadas en los trabajos de tipificación de embalses del documento borrador del CEDEX (CEDEX, 2006) y en este trabajo.

	VARIABLES UTILIZADAS	GRUPOS
CEDEX	Régimen de mezcla	Dimícticos
		Monomícticos
	Geología	Silíceos (Alc < 1 meq / l)
		Calcáreos (Alc > 1 meq / l)
	Índice de humedad	Zona húmeda (índice > 075)
		Zona no húmeda (índice < 075)
	Área de cuenca	Tramos altos (área cuenca < 1000 km ²)
		Red Principal (área cuenca entre 1000 y 20.000 km ²)
		Tramos bajos de Ejes Principales (área cuenca > 20.000 km ²)
	Temperatura media anual	Superior a 15 °C
Inferior a 15 °C		
Trabajo actual	Régimen de mezcla	Dimícticos
		Monomícticos
	Geología	Silíceos (Alc < 1 meq / l)
		Calcáreos (Alc > 1 meq / l)
	Área de cuenca	Tramos altos (área cuenca < 1000 km ²)
		Red Principal (área cuenca > 1000 km ²)

Según esta simplificación, la relación entre los tipos descritos por el CEDEX y los tipos utilizados en este trabajo es la siguiente:

Tabla 130. Relación entre las tipologías de embalses establecidas por el CEDEX en el documento borrador de caracterización de embalses (CEDEX, 2006) y las establecidas en este trabajo.

TIPO CEDEX	TIPO TRABAJO ACTUAL
1	Síliceos de tramos altos
2	
4	
3	Síliceos de la Red Principal
5	
6	
7	Calcáreos de tramos altos
8	
10	
9	Calcáreos de la Red Principal
11	
12	

De esta forma, los embalses con estaciones pertenecientes a la Red de Control Biológico pasan de estar clasificados en 7 tipos diferentes según el documento borrador del CEDEX a agruparse en solamente 4 tipos. En la Tabla 131 se muestra para cada embalse el tipo asignado por el CEDEX y el tipo al que pertenece según las simplificaciones descritas.

Tabla 131. Tipología a la que pertenece cada embalse de la Red de Control Biológico del Guadiana según la clasificación del documento borrador del CEDEX (CEDEX, 2006) y del presente trabajo.

TIPO TRABAJO ACTUAL	TIPO CEDEX	EMBALSES
Síliceos de tramos altos	2	Cubilar; Cancho del Fresno; Rucas; Tentudía; Jarrama
	4	Torre de Abraham; Valdecaballeros; Azud del Rucas; Gargáligas; Sierra Brava; Cornalbo; Proserpina; El Boquerón; Horno Tejero; Los Canchales*; Andévalo: Corumbel Bajo; Piedras*; Los Machos*
Síliceos de la Red Principal	5	Villar del Rey; La Serena; Zújar; Chanza
	6	Cijara, García de Sola; Orellana
Calcáreos de tramos altos	10	Gasset; Peñarroya; Puerto de Vallehermoso; La Cabezuela; Piedra Aguda*; El Aguijón*
Calcáreos de la Red Principal	11	El Vicario; Vega del Jabalón; Los Molinos; Alange; Valuengo*
	12	Montijo

* Embalses reasignados de tipo según los datos de alcalinidad medidos

Los embalses de Los Canchales, Piedras y Los Machos pertenecen al tipo 10 según el documento borrador del CEDEX y sin embargo han sido asignados en este trabajo a embalses síliceos de tramos altos. Esto se debe a que los datos de alcalinidad obtenidos en los

muestreos realizados (véase apartado 3.2.1.3.2) correspondían a rangos de embalses silíceos, contradiciendo la alcalinidad estimada en el documento borrador del CEDEX.

Lo mismo sucede con los embalses de Piedra Aguda (tipo 4 CEDEX), El Aguijón (tipo 4 CEDEX) y Valungo (tipo 5 CEDEX), clasificados como silíceos en el documento borrador del CEDEX y considerados como calcáreos en este trabajo en base a los resultados de alcalinidad obtenidos.

3.2.2.2. SELECCIÓN DE INDICADORES

Del conjunto de indicadores que contempla la Directiva Marco del Agua en su Anexo V para la valoración del potencial ecológico, se han tenido en cuenta todos aquellos de los que se ha recabado información en los muestreos realizados en este trabajo.

A partir de los antecedentes existentes en la valoración del potencial ecológico de embalses en España (Confederación Hidrográfica del Tajo, 2002) y a la espera de que avancen los trabajos de intercalibración y se establezcan los indicadores que deben utilizarse para dicha valoración, se han seleccionado, de entre todos los indicadores y parámetros analizados, aquellos que mejor explican el nivel de calidad ecológica que alcanza cada embalse.

Indicadores utilizados en la valoración del potencial ecológico

Los **indicadores biológicos** seleccionados para la valoración del potencial ecológico son todos relativos al fitoplancton. Esto es porque el fitoplancton constituye un buen descriptor de las condiciones tróficas del embalse y permite identificar diferentes situaciones dentro de la evolución trófica de la masa de agua.

- **Concentración de clorofila:** Se ha utilizado la concentración más elevada (entre muestreos de invierno y verano) de los datos correspondientes a la estación de presa de cada embalse.
- **Grupos funcionales del fitoplancton:** De todas las especies de fitoplancton que aparecen en las muestras recolectadas en verano de 2006 se han seleccionado las que son significativas de un grupo funcional siguiendo la clasificación establecida por Reynolds (Reynolds *et al.*, 2002). (Tabla 171 del Anexo II.VI). En base a los trabajos de Reynolds (Reynolds *et al.*, 2002) se han asociado los grupos funcionales a un determinado nivel de eutrofia según su mayor afinidad a aguas eutróficas-hipereutróficas, mesotróficas u oligotróficas (Tabla 172 del Anexo II.VI). Mediante esta clasificación, se ha podido determinar del total de células de fitoplancton obtenidas en la muestra de cada estación el porcentaje asociable a cada nivel de eutrofia en base al grupo funcional al que pertenecen las diferentes especies presentes (Tabla 173 y Figuras 120 y 121 del Anexo II.VI). Finalmente se ha

asignado a cada estación un nivel de eutrofia, que corresponde al nivel al que se asocian un mayor porcentaje de las células encontradas. (Tabla 171 del Anexo II.VI). Este indicador se ha valorado solamente con los datos de los muestreos de verano de 2006, con lo que no se ha podido utilizar para la determinación del potencial ecológico en los embalses con un único muestreo en invierno.

- **Densidad de cianobacterias tóxicas:** En todas las estaciones se han calculado las densidades de cianobacterias tóxicas. Para la valoración del potencial ecológico se han tenido en cuenta las densidades máximas halladas en cada embalse, correspondieran o no a estaciones de presa. Los resultados se presentan en las Tablas 174, 175 y 176, y Figura 122 del Anexo II.VI.

En cuanto a los **indicadores fisicoquímicos**, se han tenido en cuenta fundamentalmente las condiciones de oxigenación.

- **Concentración de oxígeno en hipolimnion:** A partir del perfil de oxígeno se ha determinado la concentración media de oxígeno en el hipolimnion de aquellas estaciones en las que la columna de agua estaba estratificada.
- **Concentración de H₂S y NH₄ en el fondo:** En los casos en que existe anoxia en el fondo se ha considerado la concentración de sulfhídrico y amonio.

Los resultados de estos indicadores para cada embalse se encuentran también en la Tabla 176 del Anexo II.VI.

Indicadores descartados en la valoración del potencial ecológico

Los siguientes indicadores, aunque han sido determinados y analizados, se han descartado a la hora de valorar el potencial ecológico de los embalses.

- **Grado trófico según OCDE y TSI de Carlson:** Se ha determinado el estado trófico de las estaciones de presa de cada embalse según las concentraciones de clorofila, los niveles de fósforo, y las profundidades del Disco de Secchi. Los resultados se muestran en la Tabla 174. del Anexo II.VI. Se ha descartado su utilización en la valoración del potencial ecológico puesto que los resultados obtenidos son poco consistentes, y se ha preferido utilizar la concentración de clorofila como indicador fundamental del grado trófico.
- **Densidad de células de fitoplancton:** Se ha realizado el recuento total de células de fitoplancton en todas las estaciones muestreadas (Tabla 174 en Anexo II.VI). Se ha descartado su utilización en la valoración del potencial ecológico por considerarse en buena medida redundantes con la concentración de clorofila.
- **Porcentaje de grupos algales:** Se ha analizado la composición de la comunidad fitoplanctónica de verano de cada estación para determinar el peso de los diferentes

grupos algales. Los resultados, en forma de tablas y gráficos, se presentan en el Anexo II.VI (Tabla 174 y 175 y Figura 122). Se ha descartado su utilización en la valoración del potencial ecológico puesto que los resultados no permitían establecer una relación clara con el nivel trófico del embalse.

- **Índice de peces:** En este trabajo se ha determinado un índice de calidad basado en la comunidad piscícola de cada embalse (véase apartado 3.2.1.1.5). Se ha considerado oportuno esperar a contar con una versión más desarrollada de este índice, en la cual se está trabajando actualmente desde la Universidad de Huelva, para su utilización en la valoración del potencial ecológico.

3.2.2.3. DETERMINACIÓN DEL MÁXIMO POTENCIAL ECOLÓGICO

Para cada una de las tipologías de embalses se han establecido unas condiciones de máximo potencial ecológico (MPE), definidas por valores o rangos de los indicadores seleccionados en base a las condiciones halladas en los embalses que se consideran en mejor estado dentro de cada tipo, salvo en algunos casos en los que se ha utilizado el criterio de experto.

Tabla 132. Condiciones de Máximo Potencial Ecológico para los indicadores utilizados en cada tipología de embalses.

	SILÍCEOS TRAMOS ALTOS	SILÍCEOS RED PRINCIPAL	CALCÁREOS TRAMOS ALTOS	CALCÁREOS RED PRINCIPAL
Embalses de referencia	Cancho del Fresno; Horno Tejero	Cijara; Zújar	Peñarroya; Puerto de Vallehermoso	Alange; criterio experto
INDICADORES BIOLÓGICOS				
Concentración de clorofila	< 3 mg/m ³	< 2 mg/m ³	< 3 mg/m ³	< 2 mg/m ³
Grado trófico (grupos funcionales del fitopláncton)	Mesotrofia	Mesotrofia	Mesotrofia	Mesotrofia
Densidad de cianobacterias tóxicas	0	0	0	0
INDICADORES FISICOQUÍMICOS				
Condiciones de oxigenación del hipolimnion	Oxigenado (>2 mg/l) sin anoxia de fondo	Oxigenado (>5 mg/l) sin anoxia de fondo	Oxigenado (>4 mg/l) sin anoxia de fondo	Oxigenado (>3 mg/l) sin anoxia de fondo
H ₂ S de fondo	NO	NO	NO	NO
NH ₄ de fondo	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l

A partir de estas condiciones de MPE se han establecido, también para cada tipo, los umbrales de los diferentes indicadores que determinan el límite entre los niveles de calidad y permiten llevar a cabo una valoración del potencial ecológico de cada embalse. Estos

umbrales se han fijado según criterio experto, tomando como referencia los trabajos realizados en la cuenca del Tajo (Confederación Hidrográfica del Tajo, 2002), basados a su vez en estudios extensivos de embalses españoles (Margalef et al., 1976; Morguá, 1991; Riera, 1993; Armengol & García, 1997).

Tabla 133. Tabla de valoración del potencial ecológico en embalses silíceos de tramos altos.

INDICADORES DE CALIDAD	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
BIOLÓGICOS					
Concentración de clorofila	< 3 mg/m ³	3-5 mg/m ³	5-10 mg/m ³	10-25 mg/m ³	>25 mg/m ³
Grado trófico (grupos funcionales del fitopláncton)	Mesotrofia	Mesotrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia
Densidad de cianobacterias tóxicas	> 15 000 cél/ml resta 0,5 punto > 50 000 cél/ml resta 1 punto				
FISICOQUÍMICOS					
Concentración media de oxígeno en hipolimnion	> 2 mg/l	1,5-2 mg/l	0,5-1,5 mg/l	0-0,5 mg/l	Anóxico
H ₂ S de fondo	0	0	0-1 mg/l	1-2 mg/l	> 2 mg/l
NH ₄ de fondo	< 0,5 mg/l	0,5-1 mg/l	1-2 mg/l	2-3 mg/l	> 3 mg/l

Tabla 134. Tabla de valoración del potencial ecológico en embalses silíceos de la red principal.

INDICADORES DE CALIDAD	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
BIOLÓGICOS					
Concentración de clorofila	< 2 mg/m ³	2-5 mg/m ³	5-10 mg/m ³	10-25 mg/m ³	>25 mg/m ³
Grado trófico (grupos funcionales del fitopláncton)	Mesotrofia	Mesotrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia
Densidad de cianobacterias tóxicas	> 15 000 cél/ml resta 0,5 punto > 50 000 cél/ml resta 1 punto				
FISICOQUÍMICOS					
Concentración media de oxígeno en hipolimnion	>5 mg/l	2-5 mg/l	1-2 mg/l	0-1 mg/l	Anóxico
H ₂ S de fondo	0	0	0-1 mg/l	1-2 mg/l	> 2 mg/l
NH ₄ de fondo	< 0,5 mg/l	0,5-1 mg/l	1-2 mg/l	2-3 mg/l	> 3 mg/l

Tabla 135. Tabla de valoración del potencial ecológico en embalses calcáreos de tramos altos.

INDICADORES DE CALIDAD	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
BIOLÓGICOS					
Concentración de clorofila	< 3 mg/m ³	3-5 mg/m ³	5-10 mg/m ³	10-25 mg/m ³	>25 mg/m ³
Grado trófico (grupos funcionales del fitopláncton)	Mesotrofia	Mesotrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia
Densidad de cianobacterias tóxicas	> 15 000 cél/ml resta 0,5 punto > 50 000 cél/ml resta 1 punto				
FISICOQUÍMICOS					
Concentración media de oxígeno en hipolimnion	>4 mg/l	2-4 mg/l	1-2 mg/l	0-1 mg/l	Anóxico
H ₂ S de fondo	0	0	0-1 mg/l	1-2 mg/l	> 2 mg/l
NH ₄ de fondo	< 0,5 mg/l	0,5-1 mg/l	1-2 mg/l	2-5 mg/l	> 5 mg/l

Tabla 136. Tabla de valoración del potencial ecológico en embalses calcáreos de la red principal.

INDICADORES DE CALIDAD	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
BIOLÓGICOS					
Concentración de clorofila	< 2 mg/m ³	2-10 mg/m ³	10-25 mg/m ³	10-50 mg/m ³	>50 mg/m ³
Grado trófico (grupos funcionales del fitopláncton)	Mesotrofia	Mesotrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia	Eutrofia-Hipereutrofia
Densidad de cianobacterias tóxicas	> 15 000 cél/ml resta 0,5 punto > 50 000 cél/ml resta 1 punto				
FISICOQUÍMICOS					
Concentración media de oxígeno en hipolimnion	>3 mg/l	2-3 mg/l	1-2 mg/l	0-1 mg/l	Anóxico
H ₂ S de fondo	0	0	0-1 mg/l	1-2 mg/l	> 2 mg/l
NH ₄ de fondo	< 0,5 mg/l	0,5-1 mg/l	1-2 mg/l	2-5 mg/l	> 5 mg/l

3.2.2.4. VALORACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES

Para cada embalse se ha establecido una puntuación independiente para los indicadores biológicos y los indicadores fisicoquímicos.

Indicadores biológicos

Se ha asignado un nivel de potencial ecológico a la concentración máxima de clorofila en presa y al grado trófico definido por los grupos funcionales del fitoplancton, según el tipo al que pertenece el embalse y a partir de los rangos establecidos en las tablas anteriores. Posteriormente se ha otorgado una puntuación a cada indicador en función del nivel asignado siguiendo la siguiente relación:

	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
PUNTUACIÓN	5	4	3	2	1

Se ha considerado oportuno ponderar el valor de cada indicador, dando mayor peso a la concentración de clorofila puesto que se considera el indicador fundamental en la valoración de la calidad biológica. Los grupos funcionales del fitoplancton se han utilizado como indicador secundario para matizar y dar mayor robustez a la valoración final de la calidad biológica. Después de analizar los resultados obtenidos con diferentes porcentajes de ponderación de los indicadores, estos se han fijado en el 60% para la clorofila y en el 40% para los grupos funcionales del fitoplancton atendiendo a criterios de coherencia de dichos resultados. Así, la puntuación de los indicadores biológicos se determina según la fórmula:

$$P_B = (P_c \times 0,6) + (P_{gf} \times 0,4)$$

Donde:

P_B = Puntuación de los indicadores biológicos

P_c = Puntuación según el nivel de potencial ecológico asignado a la concentración de clorofila;

P_{gf} = Puntuación según el nivel de potencial ecológico asignado al grado trófico definido por los grupos funcionales del fitoplancton

En los embalses sin muestreos de verano no se han utilizado los datos relativos a los grupos funcionales y la puntuación corresponde a la de la concentración de clorofila.

Finalmente, el valor obtenido de la aplicación de esta fórmula se corrige a la baja si existen densidades importantes de cianobacterias tóxicas en el embalse, con una disminución de 0,5 punto (entre 15 000 y 50 000 cél/ml) o de 1 punto (más de 50 000 cél/ml).

Con la puntuación definitiva, se asigna nuevamente un nivel de potencial ecológico general para los indicadores biológicos según la siguiente relación:

	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
PUNTUACIÓN	> 4,5	3,6 -4,5	2,6-3,5	1,6-2,5	< 1,6

Indicadores fisicoquímicos

De forma análoga al procedimiento seguido con los indicadores biológicos, se ha asignado para cada embalse un nivel de potencial ecológico a la concentración media de oxígeno en el hipolimnion y a las concentraciones de H₂S y NH₄ de fondo según las tablas anteriores. A continuación estos niveles de potencial ecológico se han puntuado siguiendo la misma relación que para los indicadores biológicos:

	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
PUNTUACIÓN	5	4	3	2	1

Igualmente, a partir de un análisis idéntico al desarrollado con los indicadores biológicos, se ha considerado oportuno ponderar el valor de los indicadores fisicoquímicos según la siguiente fórmula: $P_{FQ} = (P_o \times 0,6) + (P_s \times 0,2) + (P_a \times 0,2)$ donde

P_{FQ} = Puntuación de los indicadores fisicoquímicos;

P_o = Puntuación según el nivel de potencial ecológico asignado a la concentración media de oxígeno en el hipolimnion;

P_s = Puntuación según el nivel de potencial ecológico asignado a la concentración de H₂S en el fondo;

P_a = Puntuación según el nivel de potencial ecológico asignado a la concentración de NH₄ en el fondo

Con la puntuación obtenida al aplicar esta fórmula se asigna nuevamente un nivel de potencial ecológico general para los indicadores fisicoquímicos según la siguiente relación:

	POTENCIAL ECOLÓGICO				
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO
PUNTUACIÓN	> 4,5	3,6 -4,5	2,6-3,5	1,6-2,5	< 1,6

Potencial ecológico de los embalses

El potencial ecológico asignado a cada embalse corresponde al peor de entre el potencial obtenido según los indicadores biológicos y los indicadores fisicoquímicos.

Resultados

La valoración del potencial ecológico final de cada embalse según la metodología expuesta se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 137. Potencial ecológico de los embalses con estaciones pertenecientes a la Red de Control Biológico del Guadiana.

EMBALSE	POTENCIAL ECOLÓGICO		
	Indicadores Biológicos	Ind. Físicoquímicos	Final
Gasset	MODERADO	BUENO	MODERADO
Torre de Abraham	BUENO	MODERADO	MODERADO
Valdecaballeros	MODERADO	BUENO	MODERADO
Gargáligas	MODERADO	BUENO	MODERADO
Cubilar	DEFICIENTE	BUENO	DEFICIENTE
Cancho del Fresno	MODERADO	ÓPTIMO	MODERADO
Ruecas	DEFICIENTE	MODERADO	DEFICIENTE
Azud de Ruecas	BUENO	BUENO	BUENO
Sierra Brava	DEFICIENTE	MODERADO	DEFICIENTE
Cornalbo	MODERADO	ÓPTIMO	MODERADO
Proserpina	MODERADO	BUENO	MODERADO
El Boquerón	MODERADO	MODERADO	MODERADO
Horno Tejero	ÓPTIMO	MODERADO	MODERADO
Los Canchales	MODERADO	ÓPTIMO	MODERADO
Villar del Rey	MODERADO	DEFICIENTE	DEFICIENTE
Peñarroya	ÓPTIMO	BUENO	BUENO
El Vicario	MALO	DEFICIENTE	MALO
Cijara	BUENO	ÓPTIMO	BUENO
García de Sola	MODERADO	BUENO	MODERADO
Orellana	BUENO	ÓPTIMO	BUENO
Montijo	MALO	ÓPTIMO	MALO
Puerto de Vallehermoso	BUENO	MODERADO	MODERADO
La Cabezueta	ÓPTIMO	MODERADO	MODERADO
Vega del Jabalón	MALO	DEFICIENTE	MALO
La Serena	MODERADO	BUENO	MODERADO
Zújar	ÓPTIMO	ÓPTIMO	ÓPTIMO
Los Molinos de Matachel	DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE
Alange	ÓPTIMO	MODERADO	MODERADO
Piedra Aguda	MALO	MODERADO	MALO
El Agujón	MODERADO	DEFICIENTE	DEFICIENTE
Tentudía	DEFICIENTE	MODERADO	DEFICIENTE
Valuengo	MALO	DEFICIENTE	MALO
Chanza	BUENO	ÓPTIMO	BUENO
Andévalo	ÓPTIMO	ÓPTIMO	ÓPTIMO
Jarrama	ÓPTIMO	ÓPTIMO	ÓPTIMO
Corumbel Bajo	MODERADO	ÓPTIMO	MODERADO
Piedras	DEFICIENTE	ÓPTIMO	DEFICIENTE
Los Machos	BUENO	ÓPTIMO	BUENO

La Tabla 138 muestra los resultados agrupados por tipos de embalses, mientras que la Figura 147 ofrece una representación gráfica del potencial ecológico de cada embalse y un resumen de los resultados en porcentajes.

Tabla 138. Distribución del número de embalses de cada tipología entre las diferentes categorías de Potencial Ecológico.

TIPO	POTENCIAL ECOLÓGICO					TOTAL
	ÓPTIMO	BUENO	MODERADO	DEFICIENTE	MALO	
Silíceos Tramos Altos	2	2	10	5	0	19
Silíceos Red Principal	1	3	2	1	0	7
Calcáreos Tramos Altos	0	1	3	1	1	6
Calcáreos Red Principal	0	0	1	1	4	6
TOTAL	3	6	16	8	5	38

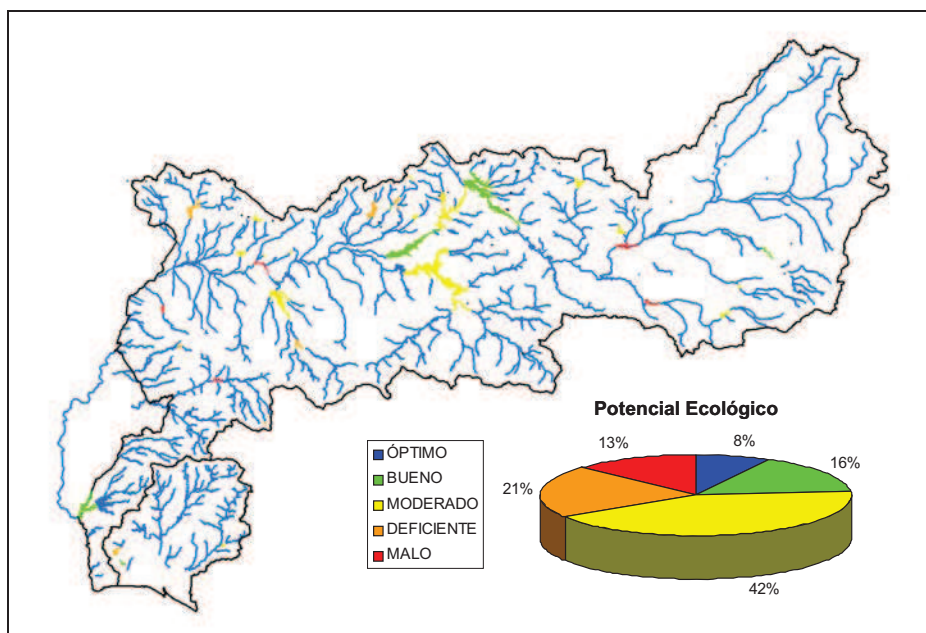


Figura 147. Potencial ecológico de los embalses con estaciones pertenecientes a la Red de Control Biológico del Guadiana.

Según los resultados obtenidos solamente 3 embalses presentan un estado óptimo tanto de los indicadores biológicos como de los fisicoquímicos. Hay que tener en cuenta que en dos de estos embalses (Andévalo y Jarrama) no se realizaron muestreos en verano por lo que el

potencial ecológico se basa estrictamente en datos de invierno. El número de embalses que alcanza el buen potencial ecológico es algo superior. En conjunto, los embalses que alcanzan o superan el buen potencial ecológico y que por consiguiente cumplen con las exigencias ambientales de la Directiva Marco del Agua suponen un 24% del total (Tabla 138 y Figura 147). La mayoría de los embalses (un 42%) presentan un potencial ecológico moderado (Tabla 138 y Figura 147). Con un potencial ecológico deficiente o malo encontramos 13 embalses, casi siempre debido a la calidad biológica (Tablas 137 y 138).

Si se observan los datos por tipos resulta llamativo que, con la única excepción de Peñarroya, todos los embalses que alcanzan o superan el buen potencial ecológico pertenecen a tipos silíceos mientras que todos los que presentan un potencial ecológico malo son de tipos calcáreos (Tabla 138).

Cabe recordar que ésta es una valoración preliminar del potencial ecológico de los embalses, y que en posteriores trabajos será necesario revisar tanto la tipificación (trabajos definitivos del CEDEX), como la selección de indicadores utilizados y los umbrales de corte entre niveles de calidad (trabajos de intercalibración).