

Valoración del potencial ecológico en los embalses

de la cuenca
hidrográfica del Tago

[2008-2010]



Valoración del potencial ecológico en los embalses

de la cuenca hidrográfica del Tago

[2008-2010]

DATOS GENERALES DE LA PUBLICACIÓN

Año de publicación: 2012

Publicador: Confederación Hidrográfica del Tajo

VALORACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN LOS EMBALSES DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO [2008-2010]

Copyright © 2012 Confederación Hidrográfica del Tajo

- **EDITA**

Confederación Hidrográfica del Tajo
Avenida de Portugal, nº 81
28011 Madrid

- **DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN DEL INFORME POR LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO**



- **ELABORACIÓN Y REDACCIÓN DEL INFORME POR LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO**

Raquel Garza Garrido
Alberto Orío Hernández

Con la colaboración de
INTERLAB, S.A.

- **DISEÑO Y MAQUETACIÓN**

IPROMA, S.L.
Artes Gráficas San Miguel, S.A.

- **IMPRESIÓN**

Artes Gráficas San Miguel, S.A.

- **DEPÓSITO LEGAL:** AB-331-2012

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. RED DE CONTROL DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES.....	12
2.1 EMBALSES. ESTACIONES DE MUESTREO.....	13
2.2 RESUMEN DE CAMPAÑAS.....	19
3. INDICADORES DE CALIDAD ESTUDIADOS.....	22
3.1 INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS.....	23
3.2 INDICADORES BIOLÓGICOS.....	27
3.2.1 Biovolumen fitoplanctónico.....	27
3.2.1.1 Definición y valor indicador.....	27
3.2.1.2 Protocolo de muestreo.....	28
3.2.1.2.a Selección del punto de muestreo.....	28
3.2.1.2.b Directrices para la toma de muestras.....	29
3.2.2 Clorofila a planctónica.....	30
3.2.2.1 Definición y valor indicador.....	30
3.2.2.2 Selección del punto de muestreo.....	31
3.2.2.3 Protocolo de muestreo.....	31
3.2.3 Índice de Grupos Algales: IGA.....	32
3.2.4 Porcentaje de biovolumen de cianobacterias.....	33
4. RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE CALIDAD.....	34
4.1 INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS.....	35
4.1.1 Comparativa de valores físicoquímicos entre los años 2008, 2009 y 2010.....	39
4.1.2 Contraste de valores físicoquímicos entre embalses eutróficos y oligotróficos.....	40
4.2 INDICADORES BIOLÓGICOS.....	44
4.2.1 Evolución temporal y espacial de los indicadores clorofila a y biovolumen.....	45
4.3 ESTUDIO TAXONÓMICO DEL FITOPLANCTON.....	48
5. EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO.....	66
5.1 EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DEL BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO.....	67
5.2 EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CLOROFILA A.....	71
5.3 EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL DISCO DE SECCHI.....	74
6. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO.....	78
6.1 CONDICIONES DE REFERENCIA.....	79
6.2 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO INDICADOR A INDICADOR.....	82
6.3 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO PROMEDIANDO LOS CUATRO INDICADORES.....	87
6.4 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES QUE NO TIENEN CONDICIONES DE REFERENCIA, SIN INCLUIR EN EL PROMEDIO LOS INDICADORES CUALITATIVOS.....	102
7. BIBLIOGRAFÍA.....	106

F I G U R A S

Figura 1.	Moléculas de clorofila a y b	30
Figura 2.	Ejemplo de ficha de perfiles fisicoquímicos.	36
Figura 3.	Comparativa de los valores promedio de todos embalses para los parámetros fisicoquímicos temperatura, pH y oxígeno disuelto, medidos en 2008, 2009 y 2010.	39
Figura 4.	Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Buendía (río Guadiela), perteneciente a la tipología 9 (Monomítico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal). Años 2008-2010.	41
Figura 5.	Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse del Atazar (río Lozoya), perteneciente a la tipología 1 (Monomítico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos). Años 2008-2010.	41
Figura 6.	Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Alcorlo (río Bornova) perteneciente a la tipología 7 (Monomítico, calcáreo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos). Años 2008-2010.	42
Figura 7.	Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Castrejón (río Tajo) perteneciente a la tipología 11 (Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de ejes principales). Años 2008-2010.	42
Figura 8.	Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Rosarito (río Tiétar) perteneciente a la tipología 11 (Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal). Años 2008-2010	43
Figura 9.	Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Cedillo (río Tajo) perteneciente a la tipología 6 (Monomítico, silíceo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de los ejes principales). Años 2008-2010.	43
Figura 10.	Comparativa de los valores promedio de todos los embalses para los parámetros biológicos medidos en las campañas de verano de 2008, 2009 y 2010	44
Figura 11.	Grado de eutrofización en función del biovolumen fitoplanctónico (Willen 2000) en cada una de las campañas de muestreo realizadas.	68
Figura 12.	Representación del grado de eutrofización en función del biovolumen fitoplanctónico en las campañas de muestreo realizadas en verano.	69
Figura 13.	Representación del grado de eutrofización en función de la clorofila en las campañas de muestreo realizadas en verano.	71
Figura 14.	Grado de eutrofización en función de la concentración de clorofila (máxima anual, OCDE) en cada una de las campañas de muestreo realizadas.	72
Figura 15.	Grado de eutrofización en función del disco de Secchi (OCDE) en cada una de las campañas de muestreo realizadas.	75
Figura 16.	Representación del grado de eutrofización en función del disco de Secchi en cada una de las campañas de muestreo realizadas.	75
Figura 17.	Gráficos con ecuaciones de normalización de EQR para tipologías 1, 2, 3, 4, 5 y 6	88
Figura 18.	Gráficos con ecuaciones de normalización de EQR para tipologías 7, 8, 9, 10, 11 y 12	88
Figura 19.	Potencial ecológico en cada una de las campañas de verano de muestreo realizadas y su valor promedio final.	100
Figura 20.	Potencial ecológico promedio de las tres campañas teniendo en cuenta el criterio 1, es decir, utilizando tanto los indicadores cuantitativos como los cualitativos (Potencial Ecológico 1).	102
Figura 21.	Potencial ecológico promedio de las tres campañas teniendo en cuenta el criterio 2, es decir, utilizando únicamente los indicadores cuantitativos en embalses sin C.R. (Potencial Ecológico 2).	102



F O T O G R A F Í A S

Fotografía 1.	Embalse de Santillana, en el río Manzanares (Madrid).....	10
Fotografía 2.	Embalse de Cazalegas en el río Alberche (Toledo).	16
Fotografía 3.	Embalse de Rivera de Gata (Cáceres). Agosto 2009.....	19
Fotografía 4.	Perfil con sonda multiparamétrica.....	24
Fotografía 5.	Fases del muestreo mediante disco de Secchi.....	25
Fotografía 6.	Cola del embalse de Picadas (Madrid). Noviembre 2009.	27
Fotografía 7.	Equipos para la toma de muestra integrada de la zona fótica	29
Fotografía 8.	Red de plancton	30
Fotografía 9.	Muestras obtenidas con la red de plancton	30
Fotografía 10.	Criovial con nitrógeno líquido.	31
Fotografía 11.	Embalse de El Pardo en el río Manzanares (Madrid).	33
Fotografía 12.	Bloom de cianobacterias en el embalse de Cedillo, en el río Tajo (Cáceres).....	48
Fotografía 13.	Embalse de Torrejón – Tajo (Cáceres). Octubre 2008.	53

M A P A S

Mapa 1.	Localización y tipologías de los embalses de la cuenca del Tajo	18
Mapa 2.	Eutrofización en función del biovolumen fitoplanctónico.	70
Mapa 3.	Eutrofización en función de la clorofila a	73
Mapa 4.	Eutrofización en función de la profundidad del disco de Secchi	76
Mapa 5.	Embalses con condiciones de referencia y sin condiciones de referencia en la IPH	81
Mapa 6.	Evaluación del Potencial Ecológico con la Clorofila a.	83
Mapa 7.	Evaluación del Potencial Ecológico con Biovolumen	84
Mapa 8.	Evaluación del Potencial Ecológico con Cianobacterias.	85
Mapa 9.	Evaluación del Potencial Ecológico con el IGA.	86
Mapa 10.	Evaluación del potencial ecológico a partir del EQR Normalizado Promedio	101
Mapa 11.	Potencial ecológico en embalses, año 2008	103
Mapa 12.	Potencial ecológico en embalses, año 2009	104
Mapa 13.	Potencial ecológico en embalses, año 2010	105

T A B L A S

Tabla 1.	Embalses que componen la actual red de control biológico en el Tajo.	13
Tabla 2.	Tipologías de embalses en la cuenca del Tajo.. . . .	17
Tabla 3.	Fechas en las que se han realizado las distintas campañas de muestreo.	19
Tabla 4.	Embalses muestreados por campaña de muestreo.	20
Tabla 5.	Parámetros analizados en los perfiles con la sonda multiparamétrica.	24
Tabla 6.	Directrices dadas por el Ministerio para el muestreo del indicador fitoplancton.	28
Tabla 7.	Resultados de clorofila a (µg/l) analizada en laboratorio.	37
Tabla 8.	Número y porcentaje de taxones de cada filo encontrados.. . . .	49
Tabla 9.	Taxones de fitoplancton más abundantes.. . . .	50
Tabla 10.	Abundancia y biovolumen medios de cada filo para el conjunto de muestras (Verano 2008)..	51
Tabla 11.	Relación de embalses en función del porcentaje de abundancia de clorofíceas (Verano 2008)..	51
Tabla 12.	Número de taxones de diatomeas, cianobacterias y clorofíceas en cada punto de muestreo (Verano 2008).	54
Tabla 13.	Taxones fitoplanctónicos potencialmente tóxicos (Verano 2008)..	56
Tabla 14.	Abundancia y biovolumen medios de cada filo para el conjunto de muestras (Verano 2009).	57
Tabla 15.	Relación de embalses en función del porcentaje de abundancia de clorofíceas (Verano 2009).	57
Tabla 16.	Número de taxones de diatomeas, cianobacterias y clorofíceas en cada punto de muestreo (Verano 2009).	59
Tabla 17.	Taxones fitoplanctónicos potencialmente tóxicos (Verano 2009)..	61
Tabla 18.	Abundancia y biovolumen medios de cada filo para el conjunto de muestras (Verano 2010).	62
Tabla 19.	Relación de embalses en función del porcentaje de abundancia de clorofíceas (Verano 2010)..	63
Tabla 20.	Número de taxones de diatomeas, cianobacterias y clorofíceas en cada embalse (Verano 2010).	64
Tabla 21.	Taxones fitoplanctónicos potencialmente tóxicos (Verano 2010)..	65
Tabla 22.	Tabla de valoración del grado de eutrofización en función del biovolumen (Willen 2000).	68
Tabla 23.	Eutrofización en función de la media anual de clorofila a.. . . .	71
Tabla 24.	Eutrofización en función de la profundidad mínima anual del disco de Secchi (OCDE).	74
Tabla 25.	Valores de condiciones de referencia y límite EQR entre potencial bueno y moderado de los indicadores de los elementos de calidad de embalses de las tipologías 1-3 (utilizados también para 4, 5 y 6) y de las tipologías 7-11 (utilizados también para 12).	80
Tabla 26.	Ecuaciones para la normalización de EQR en embalses	87
Tabla 27.	Escala de clasificación del potencial ecológico en embalses según los valores de los EQR normalizados promedio.	89
Tabla 28.	Representación gráfica del potencial ecológico según la DMA.	89
Tabla 29.	Valoración global del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2008, 2009 y 2010. Tipologías 4, 5 y 6 valoradas según condiciones de referencia para embalses silíceos (tipologías 1- 3). Tipología 12 valorada según condiciones de referencia para embalses calcáreos (tipologías 7-11).	90

[1]

Introducción



Embalse de La Tosca en Santa María del Val, Cuenca.

EL OBJETO DE ESTE INFORME es presentar los resultados obtenidos durante el periodo 2008-2010 en los embalses de la cuenca hidrográfica del Tajo, que es la cuenca española con mayor capacidad de embalse (12.000 hm³) y que cuenta con más de 250 presas.

Se consideran embalses a las masas de agua de la categoría río, cuyas características hidromorfológicas han resultado muy modificadas por la construcción de una presa. El artículo 40bis.h del Texto Refundido de la Ley de Aguas define masa de agua muy modificada como una masa de agua superficial que, como consecuencia de alteraciones físicas producidas por la actividad humana, ha experimentado un cambio sustancial en su naturaleza.

La construcción de una presa es, posiblemente, la acción física de origen antrópico que produce la alteración más importante en un río, convirtiendo a éste en una masa de agua embalsada, cuyo régimen hidráulico es mucho más parecido al de un lago que al del río original. Consecuentemente, su ecosistema sufre una alteración tan importante, que no puede compararse con el del río antes de haber sido embalsado.

Por ello, en el caso de masas de agua muy modificadas, la Directiva 2000/60/CE (DMA) habla de potencial ecológico en lugar de estado ecológico. En los embalses, debido a la alteración de origen antrópico que soportan, es imposible que se alcance un “muy buen” o “buen estado” ecológico. El término potencial ecológico considera implícitamente la existencia y el mantenimiento de una determinada alteración.

De acuerdo con la DMA, para obtener el potencial ecológico hay que evaluar en cada embalse los diferentes indicadores de calidad contenidos en su anexo V. Dicha evaluación debe realizarse en términos relativos, es decir, como desviación respecto a unas condiciones de referencia asociadas a la tipología del embalse. Estas tipologías y los valores de referencia para el fitoplancton se establecen en los Anexos II y III de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) que, junto con el texto refundido de la Ley de Aguas y el Reglamento de Planificación Hidrológica, transpone a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva Marco de Aguas.

Como resultado de este proceso se obtiene la clasificación del potencial ecológico de los embalses en una de las cuatro clases que propone la DMA: bueno o superior, moderado, deficiente y malo. Si bien este es el objetivo principal del presente informe (capítulo 6), también se ha querido presentar el estado trófico de los embalses durante estos años (capítulo 5), así como un estudio taxonómico del fitoplancton (capítulo 4), mediante el que se ha obtenido una información muy valiosa sobre las especies fitoplanctónicas más abundantes en esta cuenca hidrográfica.



Fotografía 1. Embalse de Santillana, en el río Manzanares (Madrid)

[2]

Red de control del potencial
ecológico en embalses



Embalse de Azután en Azután, Toledo.

2.1 EMBALSES. ESTACIONES DE MUESTREO

Actualmente la red de control se encuentra formada por un total de 74 embalses distribuidos a lo largo de toda la cuenca hidrográfica del Tajo. En la Tabla 1 se muestran los embalses pertenecientes a la red de control clasificados por comunidad autónoma y por provincia.

Tabla 1. Embalses que componen la actual red de control biológico en el Tajo.

COMUNIDAD	PROVINCIA	CODIGO INTERNO	NOMBRE ESTACIÓN	TIPOLOGÍA	TIPO MASA
Castilla y León	Ávila	TA20709	E. BURGUILLO - ALBERCHE	5	MUY MODIFICADA
		TA20693	E. CHARCO DEL CURA - ALBERCHE	5	MUY MODIFICADA
		TA20706	E. LA ACEÑA - ACEÑA	1	MUY MODIFICADA
	Salamanca	TA20689	E. NAVAMUÑO - FUENTE SANTA	1	ARTIFICIAL

COMUNIDAD	PROVINCIA	CODIGO INTERNO	NOMBRE ESTACIÓN	TIPOLOGÍA	TIPO MASA
Castilla-La Mancha	Cuenca	TA20710A	E. BUENDÍA - GUADIELA	11	MUY MODIFICADA
		TA20710B	E. BUENDÍA - GUADIELA	11	MUY MODIFICADA
		TA20679	E. LA TOSCA - CUERVO	7	MUY MODIFICADA
	Guadalajara	TA20697	E. ALCORLO - BORNOVA	7	MUY MODIFICADA
		TA20684	E. ALMOGUERA - TAJO	11	MUY MODIFICADA
		TA20701	E. BELEÑA - SORBE	7	MUY MODIFICADA
		TA20708A	E. BOLARQUE - TAJO	11	MUY MODIFICADA
		TA20708B	E. BOLARQUE - TAJO	11	MUY MODIFICADA
		TA20695	E. EL ATANCE - SALADO	7	MUY MODIFICADA
		TA20698	E. EL VADO - JARAMA	1	MUY MODIFICADA
		TA20705A	E. ENTREPEÑAS - TAJO	11	MUY MODIFICADA
		TA20705B	E. ENTREPEÑAS - TAJO	11	MUY MODIFICADA
		TA20690	E. ESTREMERAS - TAJO	11	MUY MODIFICADA
		TA20675	E. LA TAJERA - TAJUÑA	7	MUY MODIFICADA
		TA20696	E. PÁLMACES - CAÑAMARES	7	MUY MODIFICADA
		TA20691	E. ZORITA - TAJO	11	MUY MODIFICADA
	Toledo	TA20682	E. AZUTÁN - TAJO	12	MUY MODIFICADA
		TA20722	E. CASTREJÓN - TAJO	12	MUY MODIFICADA
		TA20723	E. CASTRO - ALGODOR	11	MUY MODIFICADA
		TA20718	E. CAZALEGAS - ALBERCHE	5	MUY MODIFICADA
		TA20686	E. FINISTERRE - ALGODOR	10	MUY MODIFICADA
		TA20750	E. GÉVALO - GÉVALO	10	MUY MODIFICADA
		TA20724	E. GUAJARAZ - GUAJARAZ	4	MUY MODIFICADA
		TA20685	E. NAVALCÁN - GUADYERBAS	1	MUY MODIFICADA
		TA20760	E. PORTIÑA - PORTIÑA	4	ARTIFICIAL
		TA20717	E. ROSARITO - TIÉTAR	3	MUY MODIFICADA
		TA20688	E. TORCÓN - TORCÓN	10	MUY MODIFICADA

COMUNIDAD	PROVINCIA	CODIGO INTERNO	NOMBRE ESTACIÓN	TIPOLOGÍA	TIPO MASA
Extremadura	Cáceres	TA20761	E. AHIGAL - PALOMERO	1	ARTIFICIAL
		TA20719A	E. ALCÁNTARA II - TAJO	6	MUY MODIFICADA
		TA20719B	E. ALCÁNTARA II - TAJO	6	MUY MODIFICADA
		TA20740	E. ALCUÉSCAR - AYUELA	4	ARTIFICIAL
		TA20728	E. ALDEA DEL CANO - SANTIAGO	4	MUY MODIFICADA
		TA20721	E. ARROCAMPO - ARROCAMPO	10	MUY MODIFICADA
		TA20729	E. AYUELA - AYUELA	4	MUY MODIFICADA
		TA20738	E. BAÑOS - BAÑOS	1	ARTIFICIAL
		TA20716	E. BORBOLLÓN - ARRAGO	1	MUY MODIFICADA
		TA20739	E. CASAR DE CÁCERES - VILLALUENGO	4	ARTIFICIAL
		TA20725A	E. CEDILLO - TAJO	6	MUY MODIFICADA
		TA20725B	E. CEDILLO - TAJO	6	MUY MODIFICADA
		TA20692A	E. GABRIEL Y GALÁN - ALAGÓN	3	MUY MODIFICADA
		TA20692B	E. GABRIEL Y GALÁN - ALAGÓN	3	MUY MODIFICADA
		TA20726	E. GUADILoba - GUADILoba	4	MUY MODIFICADA
		TA20713	E. GUIJO DE GRANADILLA - ALAGÓN	3	MUY MODIFICADA
		TA20763	E. MOLANO - PONTONES	4	ARTIFICIAL
		TA20762	E. PETIT I - PANTONES	4	ARTIFICIAL
		TA20680	E. PLASENCIA - JERTE	1	MUY MODIFICADA
		TA20681	E. PORTAJE - FRESNEDOSA	4	MUY MODIFICADA
		TA20714	E. RIVERA DE GATA - GATA	1	MUY MODIFICADA
		TA20727	E. SALOR - SALOR	4	MUY MODIFICADA
		TA20687	E. TORREJÓN - TIÉTAR	11	MUY MODIFICADA
		TA20683	E. TORREJÓN PRESA - TAJO	12	MUY MODIFICADA
		TA20720A	E. VALDECAÑAS 1 - TAJO	12	MUY MODIFICADA
		TA20720B	E. VALDECAÑAS 1 - TAJO	12	MUY MODIFICADA
		TA20715	E. VALDEOBISPO - ALAGÓN	3	MUY MODIFICADA

COMUNIDAD	PROVINCIA	CODIGO INTERNO	NOMBRE ESTACIÓN	TIPOLOGÍA	TIPO MASA
Madrid	Madrid	TA20730	E. AULENCIA - AULENCIA	1	MUY MODIFICADA
		TA20702A	E. EL ATAZAR - LOZOYA	1	MUY MODIFICADA
		TA20702B	E. EL ATAZAR - LOZOYA	1	MUY MODIFICADA
		TA20678	E. EL PARDO - MANZANARES	4	MUY MODIFICADA
		TA20703	E. EL VELLÓN - GUADALIX	1	MUY MODIFICADA
		TA20673	E. EL VILLAR - LOZOYA	1	MUY MODIFICADA
		TA20677	E. LA JAROSA - LA JAROSA	1	MUY MODIFICADA
		TA20676	E. NAVACERRADA - NAVACERRADA	1	MUY MODIFICADA
		TA20712	E. PICADAS 1 - ALBERCHE	5	MUY MODIFICADA
		TA20674	E. PINILLA - LOZOYA	1	MUY MODIFICADA
		TA20699	E. PUENTES VIEJAS - LOZOYA	1	MUY MODIFICADA

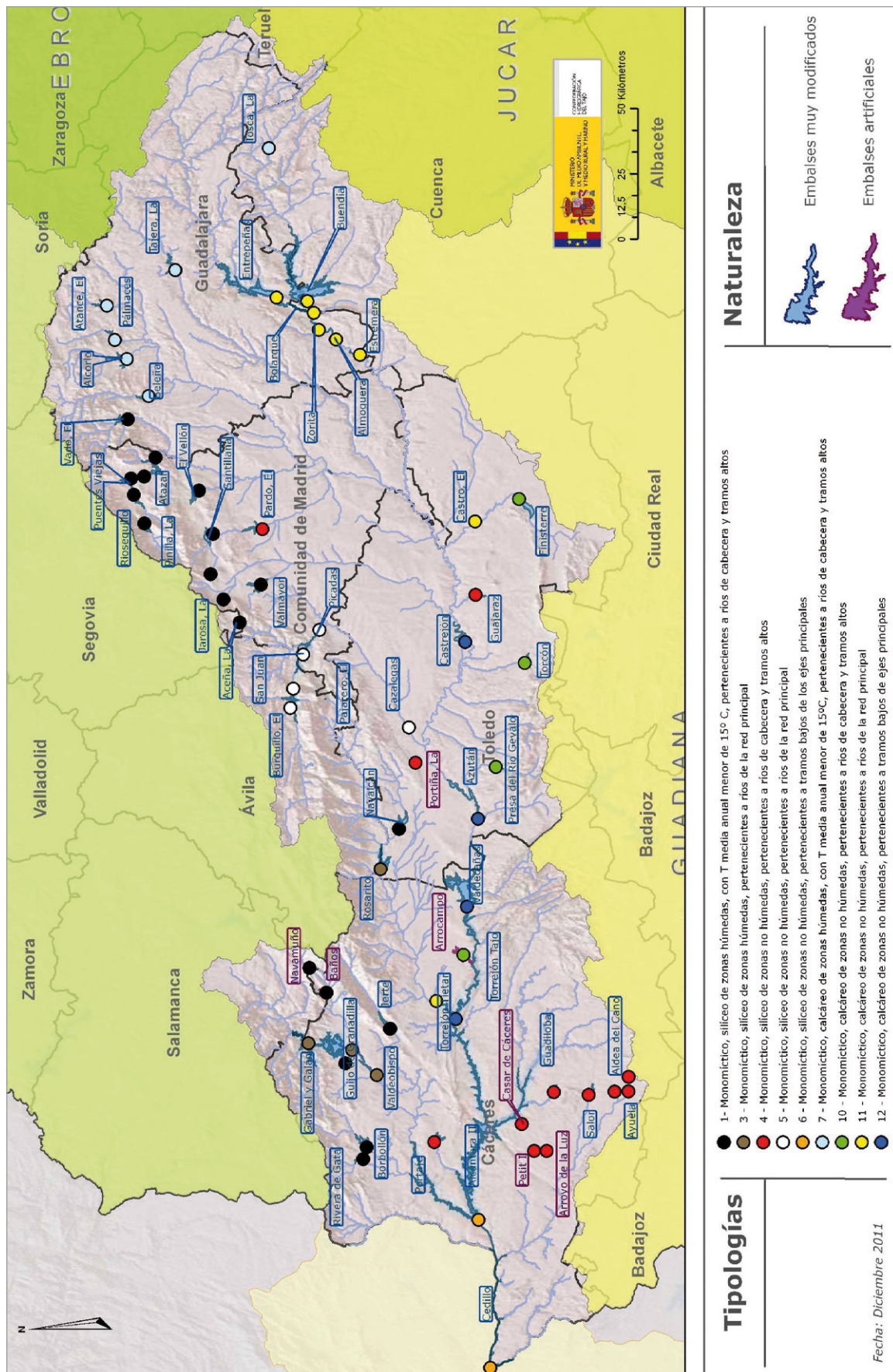


Fotografía 2. Embalse de Cazalegas en el río Alberche (Toledo).

Tabla 2. Tipologías de embalses en la cuenca del Tajo.

TIPOLOGÍA	Régimen de mezcla	Geología Climatología	Ubicación en la Red Hidrográfica
1	Monomíctico	Silíceo de zonas húmedas con temperatura media anual menor de 15°C	Ríos de cabecera y tramos altos
3	Monomíctico	Silíceo de zonas húmedas	Ríos de la red principal
4	Monomíctico	Silíceo de zonas no húmedas	Ríos de cabecera y tramos altos
5	Monomíctico	Silíceo de zonas no húmedas	Ríos de la red principal
6	Monomíctico	Silíceo de zonas no húmedas	Tramos bajos de los ejes principales
7	Monomíctico	Calcáreo de zonas húmedas temperatura media anual menor de 15°C	Ríos de cabecera y tramos altos
8	Monomíctico	calcáreo de zonas húmedas temperatura media anual superior a 15°C	Ríos de cabecera y tramos altos
9	Monomíctico	Calcáreo de zonas húmedas	Ríos de la red principal
10	Monomíctico	Calcáreo de zonas no húmedas	Ríos de cabecera y tramos altos
11	Monomíctico	Calcáreo de zonas no húmedas	Ríos de la red principal
12	Monomíctico	Calcáreo de zonas no húmedas	Tramos bajos de ejes principales

Mapa 1. Localización y tipologías de los embalses de la cuenca del Tago.



2.2 RESUMEN DE CAMPAÑAS

Uno de los datos principales a tener en cuenta a la hora de realizar la comparación de los resultados, es la fecha de realización de cada una de las campañas de muestreo, ya que el mes, la estación y el año en el que se ha llevado a cabo cada una de ellas va a influir de forma determinante en los resultados finales obtenidos. El protocolo de fitoplancton aplicable para la evaluación del potencial ecológico de embalses, establece la obligación de muestrear durante el periodo de máxima estratificación estival; es por esto por lo que se ha decidido suprimir de este informe las campañas realizadas en primavera o invierno de los años 2007 y 2008.

Tabla 3. Fechas en las que se han realizado las distintas campañas de muestreo.

FECHA INICIO	FECHA FIN	PERIODO
05/08/2008	22/09/2008	Verano 2008
01/07/2009	21/09/2009	Verano 2009
02/06/2010	13/08/2010	Verano 2010



Fotografía 3. Embalse de Rivera de Gata (Cáceres). Agosto 2009.

En la tabla siguiente se recogen las campañas de muestreo realizadas por embalse:

Tabla 4. Embalses muestreados por campaña de muestreo.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	2008	2009	2010
20706	La Aceña	1	x	x	
20761	Ahigal	1	x	x	x
20719A	Alcántara II	6	x	x	x
20697	Alcorlo	7	x	x	x
20740	Alcuéscar	4	x	x	x
20728	Aldea del Cano	4	x	x	x
20684	Almoguera	11	x	x	
20763	Arroyo de la Luz o Molano	4	x	x	x
20695	El Atance	7	x	x	
20702A	Atazar	1	x	x	x
20729	Ayuela	4	x	x	x
20682	Azután	12	x	x	x
20738	Baños	1	x	x	x
20701	Beleña	7	x	x	
20708A	Bolarque	11	x	x	x
20716	Borbollón	1	x	x	x
20710A	Buendía	11	x	x	x
20709	El Burguillo	5	x	x	x
20739	Casar de Cáceres	4	x	x	x
20722	Castrejón	12	x	x	x
20723	El Castro	11	x	x	x
20718	Cazalegas	5	x	x	x
20725A	Cedillo	6	x	x	x
20705A	Entrepeñas	11	x	x	x
20686	Finisterre	10	x	x	x
20692A	Gabriel y Galán	3	x	x	x
20726	Guadiloba	4	x	x	x
20724	Guajaraz	4	x	x	x
20713	Guijo de Granadilla	3	x	x	
20677	La Jarosa	1	x	x	
20680	Jerte o Plasencia	1	x	x	x
20676	Navacerrada	1	x	x	

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	2008	2009	2010
20685	Navalcán	1	x	x	x
20689	Navamuño	1	x	x	x
20696	Pálmaces	7	x	x	
20678	El Pardo	4	x	x	
20712	Picadas	5	x	x	x
20674	La Pinilla	1	x	x	x
20681	Portaje	4	x	x	x
20760	La Portiña	4	x	x	
20750	Presa Río Gévalo	10	x	x	
20699	Puentes Viejas	1	x	x	x
20700	Riosequillo	1	x	x	x
20714	Rivera de Gata	1	x	x	x
20717	Rosarito	3	x	x	x
20727	Salor	4	x	x	x
20711	San Juan	5	x	x	x
20704	Santillana/ Manzanares	1	x	x	x
20675	La Tajera	7	x	x	
20688	Torcón	10	x	x	
20683	Torrejón Tajo	12	x	x	x
20687	Torrejón Tiétar	11	x	x	x
20679	La Tosca	7	x	x	
20698	El Vado	1	x	x	
20720A	Valdecañas	12	x	x	x
20715	Valdeobispo	3	x	x	
20707	Valmayor	1	x	x	x
20703	El Vellón/Pedrezuela	1	x	x	
20673	El Villar	1	x	x	
20691	Zorita	11	x	x	
20690	Estremera	11	x	x	
20762	Petit I	4	x	x	x
20693	Puente Nuevo o Charco del Cura	5	x	x	
20721	Arrocampo	10		x	x

[3]

Indicadores de calidad
estudiados



Embalse de El vellón en Pedrezuela, Madrid.

3.1 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

Se ha llevado a cabo la determinación “in situ” de los siguientes parámetros fisicoquímicos:

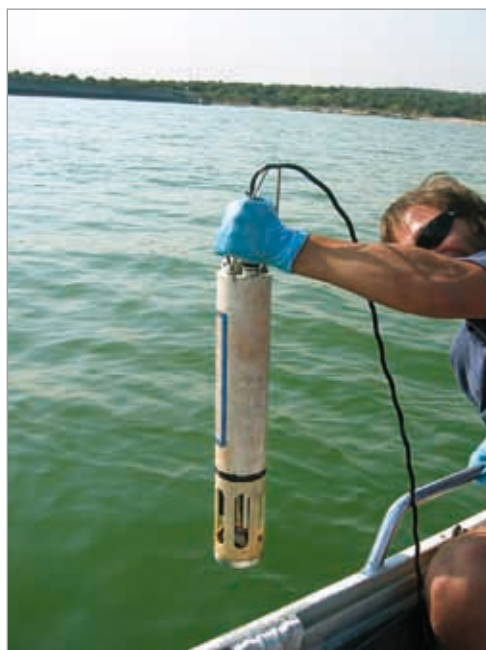
- pH
- Oxígeno disuelto
- Conductividad
- Temperatura
- Transparencia

Junto a la determinación de estos parámetros “In situ”, se realiza una inspección sensorial (observación visual y apreciación olfativa) en los puntos de control para determinar la presencia de los siguientes parámetros en el agua:

Color:	No debe existir ningún cambio anormal en la zona de baño
Fenoles:	Sin olor específico presente en la zona
Aceites Minerales:	Sin película en la superficie del agua y ausencia de olor
Sustancias Tensioactivas	No debe existir una presencia de espumas persistentes

Se realiza un perfil vertical de los parámetros fisicoquímicos desde una embarcación mediante el empleo de una sonda multiparamétrica acoplada a un cable alargador de 25 ó 75 metros, que mide simultáneamente temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez y clorofila a, entre otros parámetros, cada segundo y el disco de Secchi para determinar la transparencia.

De los parámetros que se muestran en la tabla siguiente se obtiene un perfil vertical con determinaciones cada segundo.



Fotografía 4. Perfil con sonda multiparamétrica.

Tabla 5. Parámetros analizados en los perfiles con la sonda multiparamétrica.

Parámetro	Método	Rango de medida	Resolución	Unidades
Temperatura	Sensor HACH	-5 - 50	0,1	°C
Turbidez	Sensor HACH	0 - 1000	1	NTU
Conductividad	Sensor HACH	0 - 100	0,001	mS/cm
pH	Sensor HACH	0 - 14	0,2	Unidades
Oxígeno disuelto	Sensor HACH	0 - 50	0,01	mg/L
Clorofila a	Sensor HACH	0 - 500	0,01	µg/L

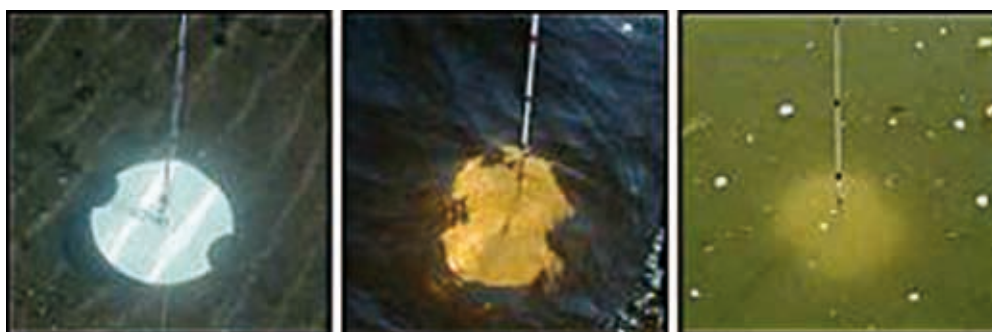
Asimismo, se cuenta con diferentes procedimientos operativos dentro del sistema para asegurar la calidad de sus trabajos en campo, en los que se determina la incertidumbre de medida anual de cada uno de los equipos y la aceptación o rechazo del mismo para la realización de las tareas de campo.

- **Determinación de pH:** Se han tomado como referencia las especificaciones contempladas en el método 150.1 de análisis de pH recogido en “Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes” de la United States Environmental Protection Agency (EPA). Mediante la utilización del método potenciométrico no se producen, en términos generales, interferencias debidas

a coloración de la muestra, turbidez, presencia de materia coloidal, oxidantes, reductores ni salinidad alta.

Así mismo, se dispone de los siguientes reactivos: agua destilada para el lavado del electrodo del pH-metro y soluciones estándar para calibración a diferentes pH (4.01, 7.00 y 10.00 normalmente).

- **Determinación de la conductividad:** Se han tomado como referencia el método EPA 120.1 de medida de la conductividad eléctrica recogido en “Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes” de la United States Environmental Protection Agency (EPA) y la Norma UNE-EN 27888 de “Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica”.
- **Determinación del oxígeno disuelto:** Las mediciones de este parámetro se realizan tomando como referencia la Norma UNE-EN 25814 “Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método Electroquímico”.
- **Transparencia. Secchi:** La determinación de transparencia se realiza mediante la medición de la profundidad con el disco de Secchi. Para ello se sumerge lentamente el disco, unido a su cadena o cuerda, en el agua hasta que apenas sea visible visto desde arriba. Se anota esa profundidad o se procede a marcarla para su posterior medida, considerando desde la superficie del agua. Una vez que no se aprecia el disco se sumerge algo más antes de hacerlo ascender lentamente hacia la superficie. Dicho ascenso se realiza también lentamente. Cuando se vuelve a observar el disco se anota esa profundidad o se procede a marcarla para su posterior medida. Si la diferencia entre las dos profundidades medidas es inferior a 10 cm se considera una medida correcta. Si por el contrario la diferencia es superior debe repetirse.



Fotografía 5. Fases del muestreo mediante disco de Secchi.

Hay que tener en cuenta que:

- La determinación se efectúe con unas condiciones adecuadas de iluminación.
- Si es posible, las lecturas del disco de Secchi se realizarán cuando el sol no se encuentre oculto por las nubes.
- Es recomendable realizar las medidas dejando el sol a la espalda del técnico que las lleva a cabo.
- Si se observa la presencia de turbulencias que pudieran influir en la realización de la medida se recomienda la ejecución de ésta en una zona próxima donde no existan dichas turbulencias.



- **Definición del parámetro aspecto.** Para la definición de este parámetro se sigue el código utilizado de forma histórica en la publicación periódica, por parte del Ministerio correspondiente, de los datos de calidad de las aguas (Red COCA) y cuya interpretación es la siguiente:

- Aguas claras sin aparente contaminación
- Aguas débilmente coloreadas. Con espuma y ligera turbidez
- Aguas con apariencia de contaminación y olor
- Aguas negras, con fermentaciones y olores.

3.2 INDICADORES BIOLÓGICOS

3.2.1 Biovolumen fitoplanctónico

3.2.1.1 DEFINICIÓN Y VALOR INDICADOR

El fitoplancton constituye una parte muy importante del plancton (organismos acuáticos microscópicos que viven en suspensión en la columna de agua), englobando todas aquellas especies de algas microscópicas unicelulares, filamentosas o coloniales, generalmente con capacidad fotosintética y que contienen, entre otros, pigmentos clorofílicos.

La estructura de estas poblaciones fotosintéticas de los ecosistemas acuáticos es dinámica y se encuentra en constante cambio tanto en su composición taxonómica como en su actividad fisiológica. Estos cambios en abundancia y composición de las comunidades fitoplanctónicas dependen además en gran medida de una serie de factores: físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, mineralización, etc.) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico, etc.)



Fotografía 6. Cola del embalse de Picadas (Madrid). Noviembre 2009.

Estos cambios afectan a la capacidad de asimilar los nutrientes, a la producción de la energía química necesaria para mantener la estructura trófica y a la productividad del sistema. Su papel ecológico es fundamental puesto que representan la “llave” que regula la entrada de energía al sistema, constituyendo la **base de la pirámide trófica**.

Así, el estudio del fitoplancton permite obtener una información más precisa y detallada del estado trófico y de la calidad de las aguas, que la obtenida a partir de un simple estudio de las condiciones hidroquímicas. De hecho, ha sido considerado en la Directiva 2000/60 de aguas, como uno de los indicadores biológicos de calidad para la clasificación del estado ecológico en lagos y humedales por lo que su estudio se ha convertido en esencial en la actualidad en cualquier proyecto de caracterización ecológica de una masa de agua.

3.2.1.2 PROTOCOLO DE MUESTREO

Para el estudio de este elemento de calidad se han tenido en cuenta los métodos de muestreo propuestos para la toma de muestras de fitoplancton y clorofilas en sistemas acuáticos tales como la norma CEN/TC230/WG2/TG: “Draft proposal for Water Quality – Guidance on quantitative and qualitative sampling of phytoplankton from inland waters”, el “Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses”. Versión final. 6 de abril de 2010 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, así como el “Protocolo de muestreo y análisis para Fitoplancton”, redactado por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

En el protocolo del Ministerio, de obligada aplicación en la explotación de las redes oficiales de evaluación del estado ecológico en aplicación de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua, se establecen las directrices para la toma de muestras según la profundidad y el grado de estratificación de los lagos o embalses.

Tabla 6. Directrices dadas por el Ministerio para el muestreo del indicador fitoplancton.

Masa de agua	Directrices de muestreo indicadas
Masas de agua someras (≤ 3 m de prof. máx.)	Se toma una muestra integrada de la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo, evitando acercarse excesivamente al sedimento o a la cobertura de macrófitos.
Masas de agua de profundidad >3 m no estratificadas	Se toma una muestra integrada desde la superficie hasta la profundidad correspondiente a 2,5 DS (2,5 veces la profundidad de visión del Disco de Secchi). Cuando la profundidad es inferior a 2,5 DS se toma una muestra integrada de toda la columna de agua desde la superficie hasta unos 20-30 cm del fondo, evitando acercarse al sedimento o a la cobertura de macrófitos.
Masas de agua de profundidad >3 m estratificadas	Existen dos opciones según el programa de control: Control de vigilancia: se realiza del mismo modo que para los no estratificados. Control operativo, control de investigación y red de referencia: se procede igual que en el control de vigilancia, y además se toman muestras discretas en las profundidades en las que la sonda fluorimétrica detecte picos de clorofila-a, donde las concentraciones son al menos 10 veces superiores a las detectadas a 1 metro de profundidad.

3.2.1.2.A SELECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

En el protocolo del Ministerio se establece que se seleccione siempre, como mínimo, un punto de muestreo localizado en la vertical de la parte más profunda de la masa de agua, evitándose las muestras litorales salvo razón específica que lo justifique (nunca sustituyendo al punto de muestreo de la zona más profunda). Se realiza de este modo para evitar la influencia de las comunidades algales propias del perífiton en el listado taxonómico obtenido para el plancton, así como para evitar la influencia de las diversas sustancias excretadas por la vegetación y que pueden alterar significativamente los análisis químicos de los que será objeto la muestra. Además, en embalses, en los que se muestrea un único punto, éste se ubica suficientemente separado de la presa para quedar aguas arriba de la ataguía.

3.2.1.2.B DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

A continuación se describen las indicaciones para la toma de muestras cuantitativas y cualitativas.

- Muestras **cuantitativas**: permiten el cálculo de la abundancia y biomasa de cada taxón identificado en la muestra, así como de las métricas e índices que se derivan de este tipo de datos. Las muestras integradas pueden ser obtenidas mediante 2 metodologías:
 - Mediante muestreador tipo tubo. Muestreador de plástico flexible de 20 mm de diámetro lastrado en uno de sus extremos. El tubo se sumerge hasta la máxima profundidad, se tapa el extremo superior y se sube. Una vez en la superficie, el extremo inferior se vacía en un recipiente, para dar lugar a la muestra integrada de la que luego se toman las alícuotas mediante un recipiente adecuado, manteniendo bien la mezcla.



Fotografía 7. Equipos para la toma de muestra integrada de la zona fótica.

- Mediante una botella hidrográfica. Se toman submuestras de manera equidistante en la columna de agua. En sistemas leníticos cuya zona fótica ($2,5 \times DS$) sea inferior a 10 metros, la toma de muestras se realiza metro a metro, mientras que en aquellos sistemas cuya zona fótica sea mayor a 10 metros, la equidistancia no debe superar los 2 metros. Se toman volúmenes iguales a cada una de las profundidades y se homogenizan correctamente en un recipiente de mezcla, para dar lugar a la muestra integrada de la que luego se toman las alícuotas necesarias.
- Muestras **cualitativas**: para obtener material adicional que permita ayudar en la identificación de taxones, se realiza un muestreo cualitativo utilizando una red de 20 μm de luz de malla. Para ello, se sumerge la red verticalmente hasta la profundidad deseada y se tira de ella hacia arriba de forma lenta y suave (aproximadamente de 0,15 m/s a 0,2 m/s). Dado que las muestras se analizan únicamente de forma cualitativa, es importante que obtener suficiente cantidad de material. En ocasiones resulta necesario llevar a cabo recorridos verticales para cada punto de muestreo. Si se realiza esta repetición, ha de vaciarse la red entre recorrido y recorrido. El volumen que queda recogido en el contenido del copo de la manga de plancton se almacena en un recipiente de 250 ml de vidrio borosilicatado.



Fotografía 8.
Red de plancton.



**Fotografía 9. Muestras obtenidas
con la red de plancton.**

3.2.2 Clorofila a planctónica

3.2.2.1 DEFINICIÓN Y VALOR INDICADOR

La clorofila es el pigmento fotorreceptor responsable de la primera etapa en la transformación de la energía de la luz solar en energía química (fotosíntesis), y consecuentemente la molécula responsable de la formación inicial de materia orgánica (producción primaria) en los ecosistemas a partir de luz, materia inorgánica y agua. Se encuentra en orgánulos específicos, los cloroplastos, asociada a lípidos y lipoproteínas.

La concentración de clorofila a (C_{la}) planctónica es por tanto una medida indirecta de la producción primaria fitoplanctónica así como de la biomasa del fitoplancton. De este modo su determinación es un instrumento importante de vigilancia de los procesos de eutrofización en ecosistemas leníticos, donde el fitoplancton, especialmente en las masas de agua con escasa vegetación macrofítica, es el principal productor primario del ecosistema.

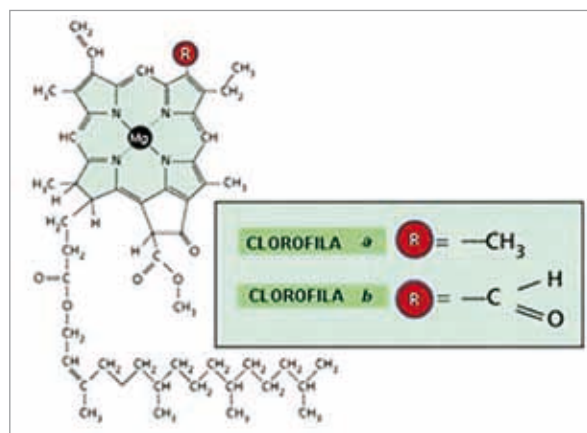


Figura 1.
**Moléculas
de clorofila a
y b.**

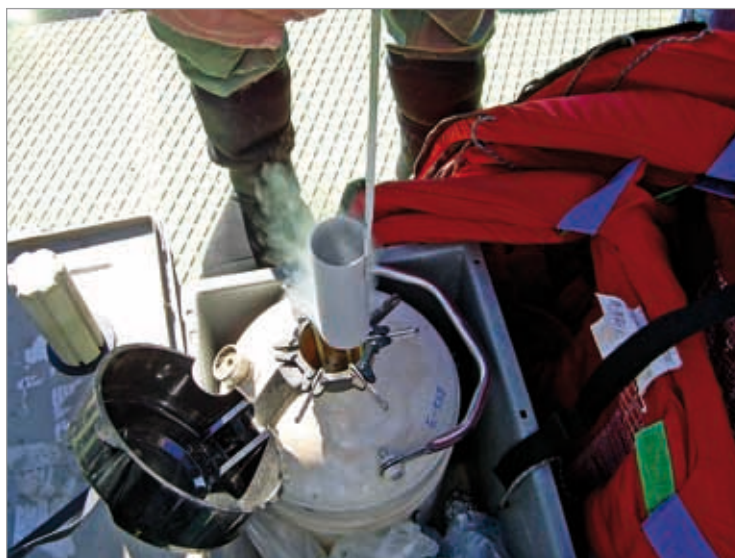
3.2.2.2 SELECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El punto de muestreo de clorofila ha coincidido durante el desarrollo de las distintas campañas con el seleccionado para el muestreo de las comunidades fitoplanctónicas.

3.2.2.3 PROTOCOLO DE MUESTREO

En el caso de la clorofila a planctónica, se toma un volumen suficiente de la muestra integrada que se filtra en campo mediante el empleo de una bomba de vacío. Se hace pasar previamente una suspensión acuosa de carbonato magnésico al 1%, sobre el filtro previo al filtrado de la muestra ya que, aunque este paso es opcional, aumenta la eficiencia de retención del filtro y evita la degradación de la clorofila (APHA 1998). Posteriormente se hace pasar un volumen de la muestra conocido a través de un filtro de Whatman de fibra de vidrio (GF/F) de 47 mm de diámetro y 0,7 μm de tamaño de poro. Cuando se retira el filtro del dispositivo de filtración se hace con unas pinzas de punta roma, quedando el filtro lo mas escurrido posible. Si el filtro retiene un exceso de agua, ésta altera el volumen final del solvente de extracción añadido y también su concentración, lo cual no debe suceder de manera incontrolada. Por ello, tras levantar el filtro del soporte de filtración, este se deposita, con el filtrado boca arriba, sobre un papel de absorbente blanco, seco y limpio durante unos segundos para que por capilaridad pierda el agua sobrante.

Finalmente, se coloca el filtro cuidadosamente en un criovial (como el de la fotografía siguiente) para su conservación a baja temperatura.



Fotografía 10. Criovial con nitrógeno líquido.

3.2.3 Índice de Grupos Algales: IGA

Este índice fue creado originalmente para su aplicación en lagos oligotróficos de alta montaña de Cataluña. Se fundamenta en la observación de que, ante el aumento de nutrientes en dichos sistemas oligotróficos, se produce un cambio en la estructura de la comunidad, dando paso de las poblaciones no coloniales (mayoritariamente flageladas) a poblaciones coloniales de algas planctónicas. Más tarde (BOE, 2008) se propuso como métrica recomendada para establecer la calidad del agua de los embalses.

Por todo esto se realiza el cálculo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se ha utilizado en nuestro país tanto para lagos de montaña de los Pirineos como para algunos lagos cársticos dentro de las redes de seguimiento de la ACA y de la Confederación Hidrográfica del Ebro
- En embalses, presenta un buen grado de correlación con la concentración total de fósforo, principal indicador de presión por eutrofización (De Hoyos et al., 2005).
- Es bastante coherente con el resto de métricas que se están utilizando en el resto de países europeos para evaluar la composición de fitoplancton.
- No se ha aplicado en humedales ni lagos someros, por lo que su generalización para los distintos tipos de lagos naturales (CEDEX, 2009a) requeriría estudios específicos al respecto, que actualmente aún no se han realizado.

Según el documento del CEDEX (CEDEX, 2009a) se tiene en proyecto probar este índice para todo tipo de lagos así como para embalses, introduciendo las debidas modificaciones (la inclusión de otros grupos taxonómicos, validación del valor indicador de cada uno de ellos, etc.).

Este índice se basa en los porcentajes de biovolúmenes sobre el biovolumen total que en una muestra tienen ciertos grupos algales, teniendo en cuenta si éstos son coloniales o no.

La información necesaria de cada uno de los taxones que se identifican en una muestra cuantitativa para aplicar esta métrica es:

- Abundancia celular de cada taxón identificado en la muestra.
- Biovolumen medio del taxón.
- Información de su posición taxonómica.
- Si dicho taxón se desarrolla formando colonias o no.

3.2.4 Porcentaje de biovolumen de cianobacterias

Una vez calculado el biovolumen fitoplanctónico total de la muestra, y teniéndose los resultados de biovolumen de los principales grupos algales, se procede a determinar el porcentaje de biovolumen perteneciente al grupo de las cianobacterias.

$$\% \text{ Biovolumen cianobacterias: } \frac{\text{Biovolumen cianobacterias}}{\text{Biovolumen fitoplanctónico total}} \cdot 100$$



Fotografía 11. Embalse de El Pardo en el río Manzanares (Madrid).

[4]

Resultados de los
indicadores de calidad



Embalse de Estremera en Leganiel, Cuenca.

4.1 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

Para el estudio de los elementos de calidad fisicoquímicos se ha realizado, por campaña, un perfil fisicoquímico en cada embalse en el que se ha medido a intervalos de un segundo:

- Conductividad
- Temperatura
- pH
- Oxígeno
- Clorofila a

Los resultados se han recogido en distintas fichas que además del perfil fisicoquímico contienen gráficas con las variaciones del pH y la temperatura con la profundidad, de la conductividad y de la clorofila a y el oxígeno disuelto a lo largo del perfil (Figura 2). Además, se completa la información con una tabla resumen que recoge, metro a metro, los valores medidos de todos los parámetros. Todas las fichas se encuentran disponibles en la web de la Confederación Hidrográfica del Tajo (www.chtajo.es). A modo de ejemplo se muestra la ficha de resultados del embalse de Riosequillo en la campaña de verano de 2010.

Durante el muestreo se han tomado asimismo muestras integradas de la columna de agua, para su posterior análisis fisicoquímico en laboratorio. Los resultados obtenidos exceden de los contenidos de este informe, por lo que no se detallan, pero están también disponibles en la página web de la Confederación.

A lo largo de las campañas de muestreo se han realizado diversos análisis de determinación de clorofila a en laboratorio. Las variaciones en la metodología de muestreo que se han llevado a cabo a lo largo de las diferentes campañas hacen que los resultados disponibles procedan de tres tipos distintos de muestras:

- SUP: Muestra de agua tomada en superficie
- INF: Muestra de agua tomada en la zona más profunda de la zona fótica (profundidad de 2,5 x disco de Secchi)
- INT: Muestra integrada de la zona fótica (desde 0 hasta la profundidad de 2,5 x disco de Secchi).

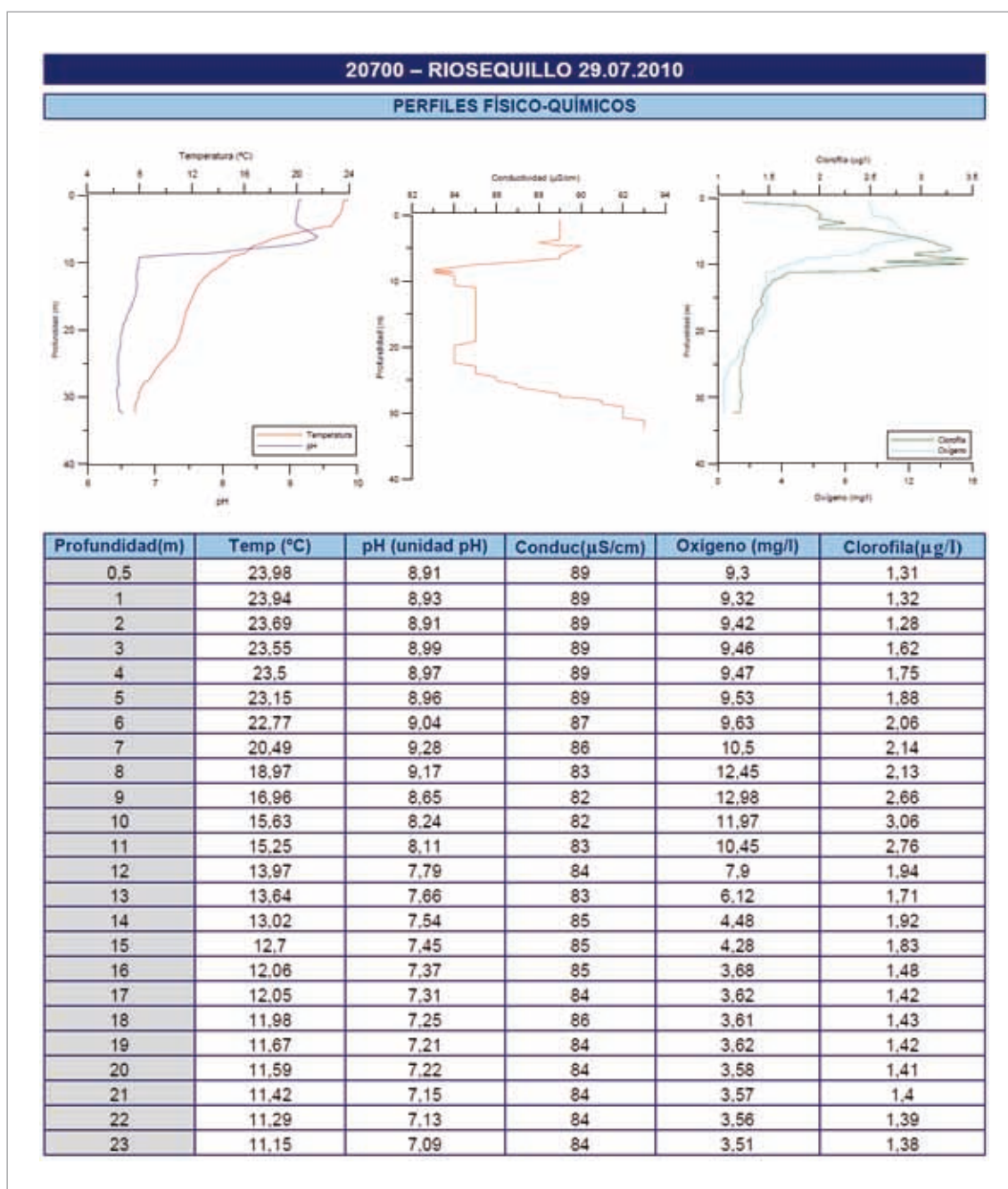


Figura 2. Ejemplo de ficha de perfiles fisicoquímicos.

La tabla 7 muestra los resultados de todos estos análisis de clorofila para las campañas en las que se han realizado.

Tabla 7. Resultados de clorofila a (µg/l) analizada en laboratorio.

COD_EST	NOMBRE	VER08	VER09		VER10	
		INT	INT	SUP	INT	SUP
20706	Aceña, La	N.D.	8,3	10,6		
20761	Ahigal	11,9	7,2	7,7	2,8	
20719A	Alcántara II (Presa)	12	21,8	7,4	15,6	
20719B	Alcántara II (Cola)	15,1	36	38,7		
20697	Alcorlo	<1,8	2,4	< 1,8	2,6	
20740	Alcuéscar	<1,8		12,5 ●	52,8	
20728	Aldea del Cano	39,4	4,3	3,9	50,6	
20684	Almoguera	<1,8	2,5	3,5		
20721	Arrocampo		80,5	53,8	11,1	
20763	Arroyo de la Luz	18,1		1,8 ●	34,5	
20695	El Atance	N.D.	4,2	3,6		
20702A	El Atazar (Presa)	N.D.	<1,8	< 1,8	< 1,8	
20702B	El Atazar (Cola)	<1,8	<1,8	< 1,8		
20729	Ayuela	49,5		22,7 ●	64,0	
20682	Azután	56,5	12,6	13,9	94,9	
20738	Baños	3	5,8	8,9	3,6	
20701	Beleña	N.D.	<1,8	< 1,8		
20708A	Bolarque (Presa)	N.D.	2,1	2	< 1,8	
20708B	Bolarque (Cola)	N.D.	2,7	2,2		
20716	Borbollón	N.D.	6,6	4,4	6,6	
20710A	Buendía	N.D.	<1,8	< 1,8	< 1,8	
20710B	Buendía	N.D.	<1,8	< 1,8		
20709	El Burguillo	<1,8	5,6	4,7	2,6	
20739	Casar de Cáceres	9,7		33,7 ●	38,8	
20722	Castrejón	39,5		57,5 ●	109,0	
20723	El Castro	17,4	23,7	15,6	105,8	
20718	Cazalegas	8	9,6	3,8	22,5	
20725A	Cedillo (Presa)	16,5	3,1	3,7	29,8	
20725B	Cedillo (Cola)	24,5				
20693	Charco del Cura	<1,8	18,3	7,7		
20705A	Entrepeñas (Presa)	N.D.	<1,8	< 1,8	< 1,8	
20705B	Entrepeñas (Cola)	N.D.	<1,8	< 1,8		
20690	Estremera	<1,8	<1,8	< 1,8		
20686	Finisterre	7,2	2,5	< 1,8	8,2	
20692A	Gabriel y Galán (Presa)	<1,8	3,3	3,2	3,2	
20692B	Gabriel y Galán (Cola)	<1,8	4,3	3,3		
20750	Gévalo	4	N.D.	N.D.		

COD_EST	NOMBRE	VER08	VER09		VER10	
		INT	INT	SUP	INT	SUP
20726	Guadiloba	27,2	3,4	4,4	3,1	
20724	Guajaraz	5	N.D.	< 1,8	11,7	
20713	Guijo de Granadilla	3	4,3	4,1		
20677	La Jarosa	<1,8	9,1	8,1		
20680	Jerte	<1,8	10,4	9,7	5,5	
20676	Navacerrada	<1,8	2	< 1,8		
20685	Navalcán	5,8		66,5 ●	86,3	
20689	Navamuño	<1,8	<1,8	< 1,8	< 1,8	
20696	Pálmaces	<1,8	2,3	< 1,8		
20678	El Pardo	7	18,6	14,2		
20762	Petit I	24,3		7,8 ●	181,7	
20712	Picadas	2,8	2,3	< 1,8	20,9	12,1
20674	La Pinilla	<1,8	<1,8	N.D.	4,5	
20681	Portaje	9,3	8,8	12,8	13,7	
20760	La Portiña	3,3	2,7	4,3		
20694	Presa del Rey					
20699	Puentes Viejas	N.D.	47,1	51,9	< 1,8	
20700	Riosequillo	N.D.	1,8	< 1,8	1,8	
20714	Rivera de Gata	<1,8	<1,8	< 1,8	3,6	
20717	Rosarito	<1,8	29,9	21,4	44,0	
20727	Salor	31,9		12,9 ●	53,9	
20711	San Juan	<1,8	<1,8	N.D.	20,2	31,6
20704	Santillana	<1,8	<1,8	< 1,8	13,4	
20675	La Tajera	<1,8	2,1	2		
20688	Torcón	7,6	14,1	17,5		
20683	Torrejón Tajo	8,2	52,2	39,2	17,1	
20687	Torrejón Tiétar	28,7	33,1	19,7	23,5	
20679	La Tosca	1,8	2,3	2,4		
20698	EL Vado	N.D.	3,4	2,7		
20720A	Valdecañas (Presa)	82,2	53,2	34,9	15,2	
20720B	Valdecañas (Cola)		18,1	21,9		
20715	Valdeobispo	2,8	<1,8	2,5		
20707	Valmayor	7,6	2,2	< 1,8	10,5	
20703	El Vellón	5	<1,8	< 1,8		
20673	El Villar	N.D.	3,4	2,8		
20691	Zorita	N.D.	2,1	4,1		

● Se tomó una muestra superficial de clorofila porque la zona fótica tenía muy poca profundidad.

SUP: Muestra de agua tomada en superficie; INF: Muestra de agua tomada en la zona más profunda de la zona fótica; INT: Muestra integrada de la zona fótica.

4.1.1 Comparativa de valores fisicoquímicos entre los años 2008, 2009 y 2010.

A continuación se muestra, para cada indicador fisicoquímico, la media de los resultados de todos los embales obtenidos en los veranos de 2008, 2009 y 2010, de forma que se puede apreciar la evolución que estos parámetros sufren en el tiempo. Se representan en gráficas distintas los valores obtenidos en superficie (SUP) y los obtenidos en el límite inferior de la zona fótica del embalse (INF).

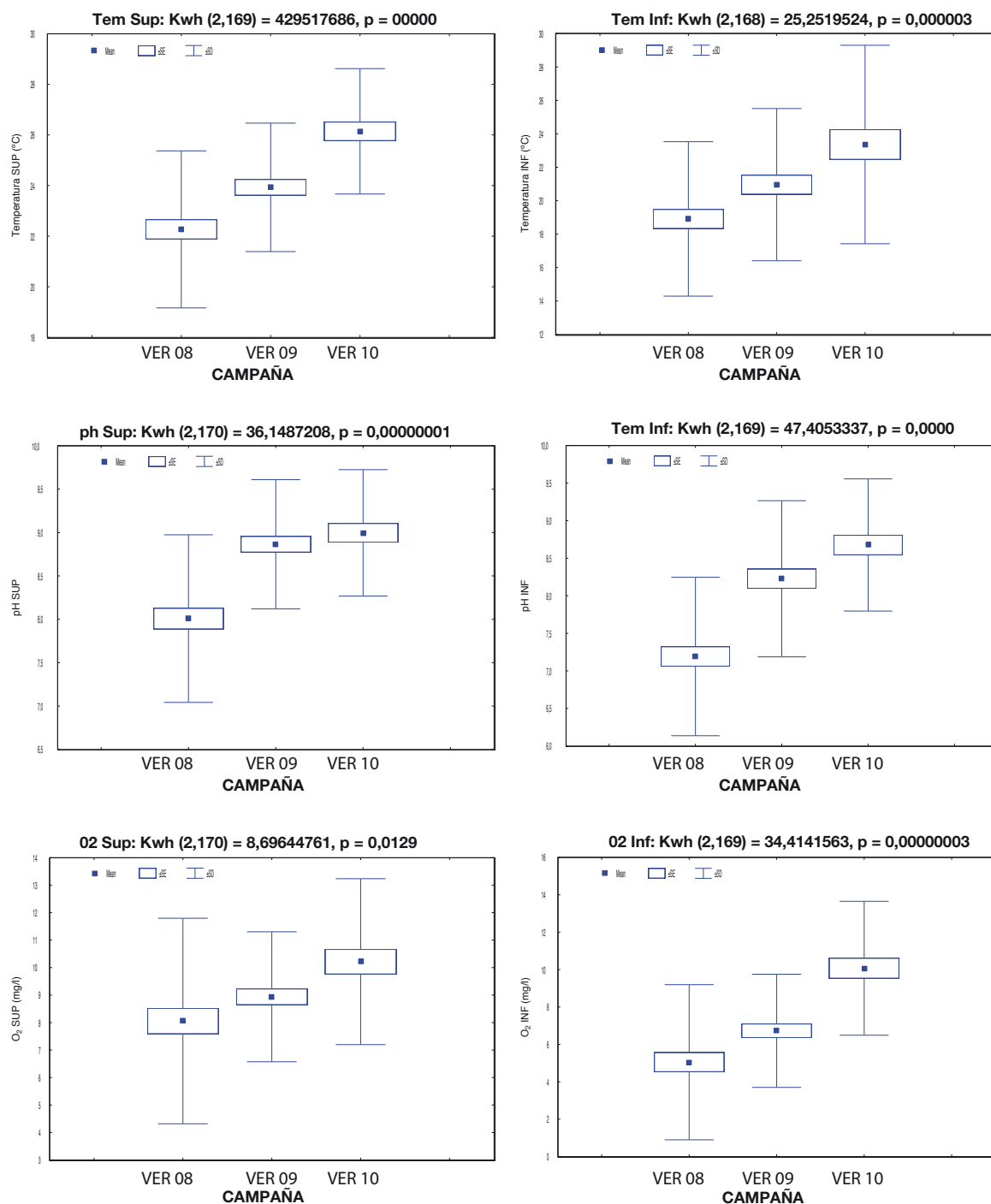


Figura 3. Comparativa de los valores promedio de todos embales para los parámetros fisicoquímicos temperatura, pH y oxígeno disuelto, medidos en 2008, 2009 y 2010.

Como puede observarse en las figuras anteriores, existen diferencias significativas entre las distintas campañas de verano para los parámetros de temperatura, pH y oxígeno, tanto a nivel superficial como en profundidad.

En cuanto a la temperatura se observa un aumento gradual a medida que avanzan las campañas, pasando de unos valores medios de 22,2 °C de temperatura superficial en verano de 2008 a una media de 26,1°C en el verano de 2010. En el caso de la temperatura medida en profundidad, también se observa la misma evolución pasando de 18,9°C en 2008 a 23,4°C en 2010.

Hay que destacar que el aumento de la temperatura del agua viene acompañado por un aumento en la cantidad de oxígeno disuelto en esta, tanto a nivel superficial como en profundidad.

Destaca también el aumento del pH en la columna de agua, pasando de unos valores medios de 8,00 y 7,19 en 2008 a unos valores de 9,00 y 8,68 en 2010, en superficie y profundidad, respectivamente.

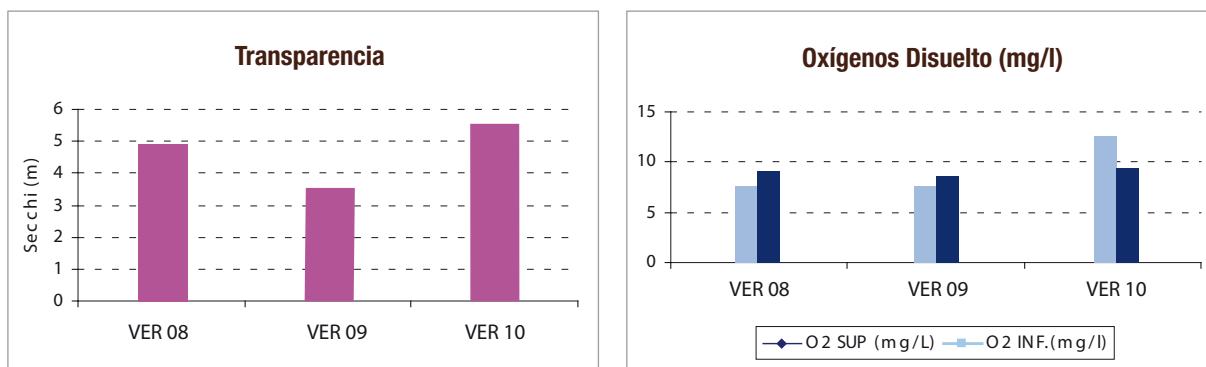
Esta tendencia ascendente de la temperatura, pH y oxígeno disuelto, especialmente el aumento sufrido en el verano de 2010, puede deberse a la mayor cantidad de agua embalsada durante este año 2010, en el que los embalses estaban a un 65% de capacidad frente al 35% del año anterior (2009). No obstante, durante el año 2010 se redujo considerablemente el número de embalses muestreados, por lo que rigurosamente, sólo serían comparables los años 2008 y 2009.

4.1.2 Contraste de valores fisicoquímicos entre embalses eutróficos y oligotróficos

A continuación se muestra para varios embalses, de distintas características, la evolución anual en cuanto a la concentración de clorofila a, oxígeno disuelto (en superficie y en el límite de la zona fótica) y profundidad del disco de Secchi (transparencia). Los primeros embalses (oligotróficos) comparten características comunes en cuanto a baja concentración de clorofila a, elevada transparencia y oxígeno disuelto. Por el contrario, los embalses eutróficos presentan baja transparencia y elevados valores de clorofila a.

a) Embalses oligotróficos:

Embalse de Buendía



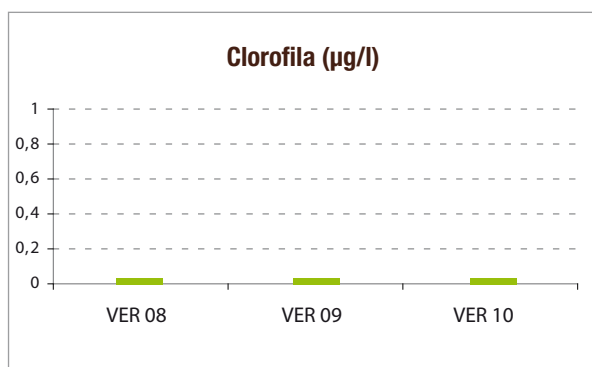


Figura 4. Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Buendía (río Guadiela), perteneciente a la tipología 9 (Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal). Años 2008-2010.

Embalse del Atazar

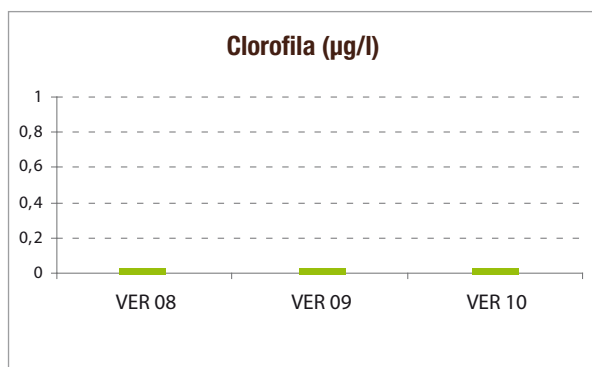
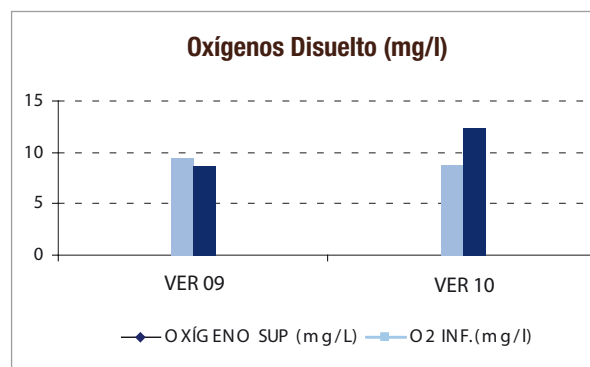
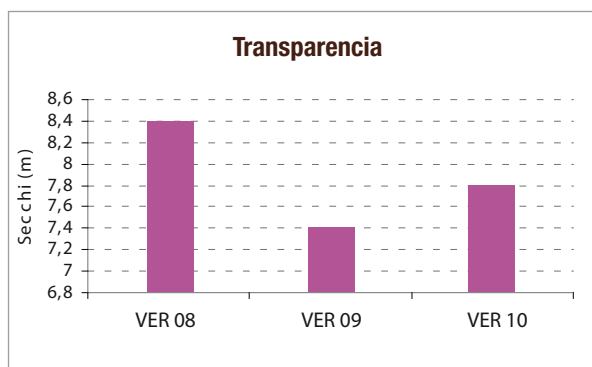


Figura 5. Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse del Atazar (río Lozoya), perteneciente a la tipología 1 (Monomíctico, silíceo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos). Años 2008-2010.

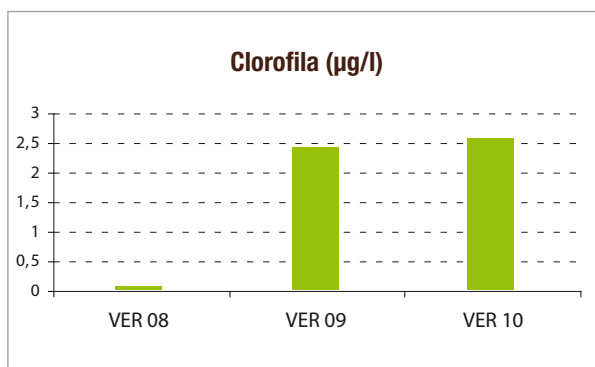
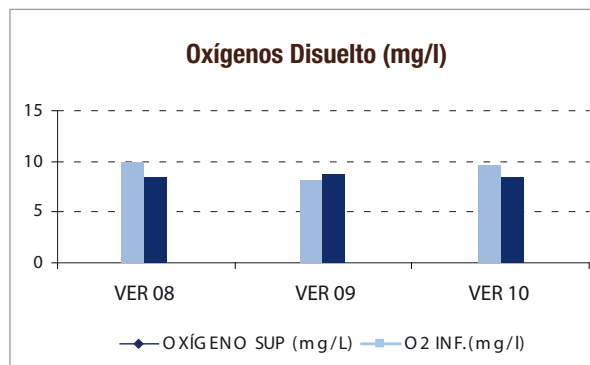
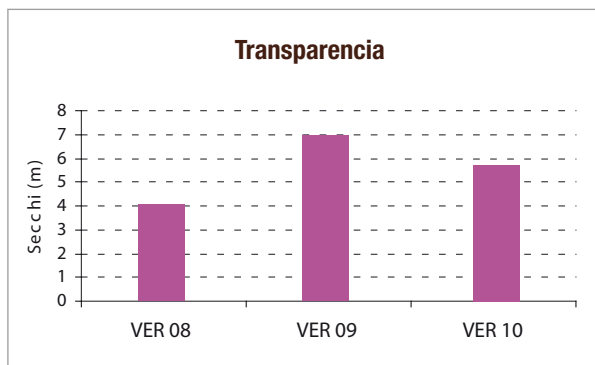
Embalse de Alcorlo

Figura 6. Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Alcorlo (río Bornova) perteneciente a la tipología 7 (Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos). Años 2008-2010.

b) Embalses eutróficos:

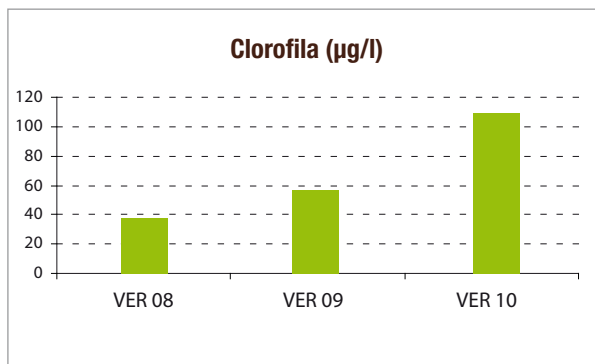
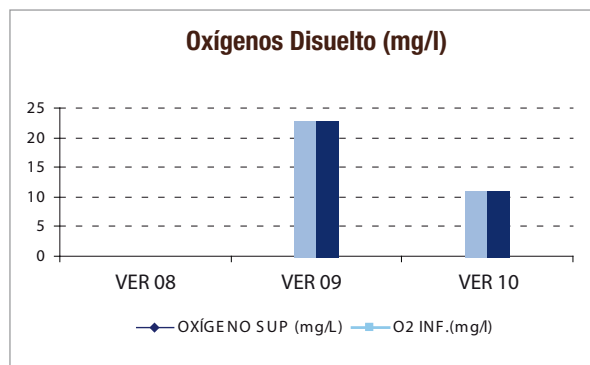
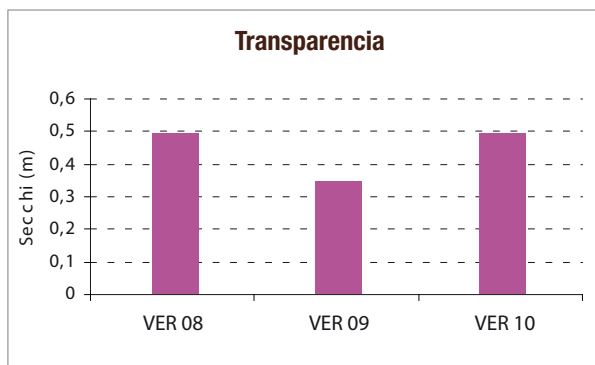
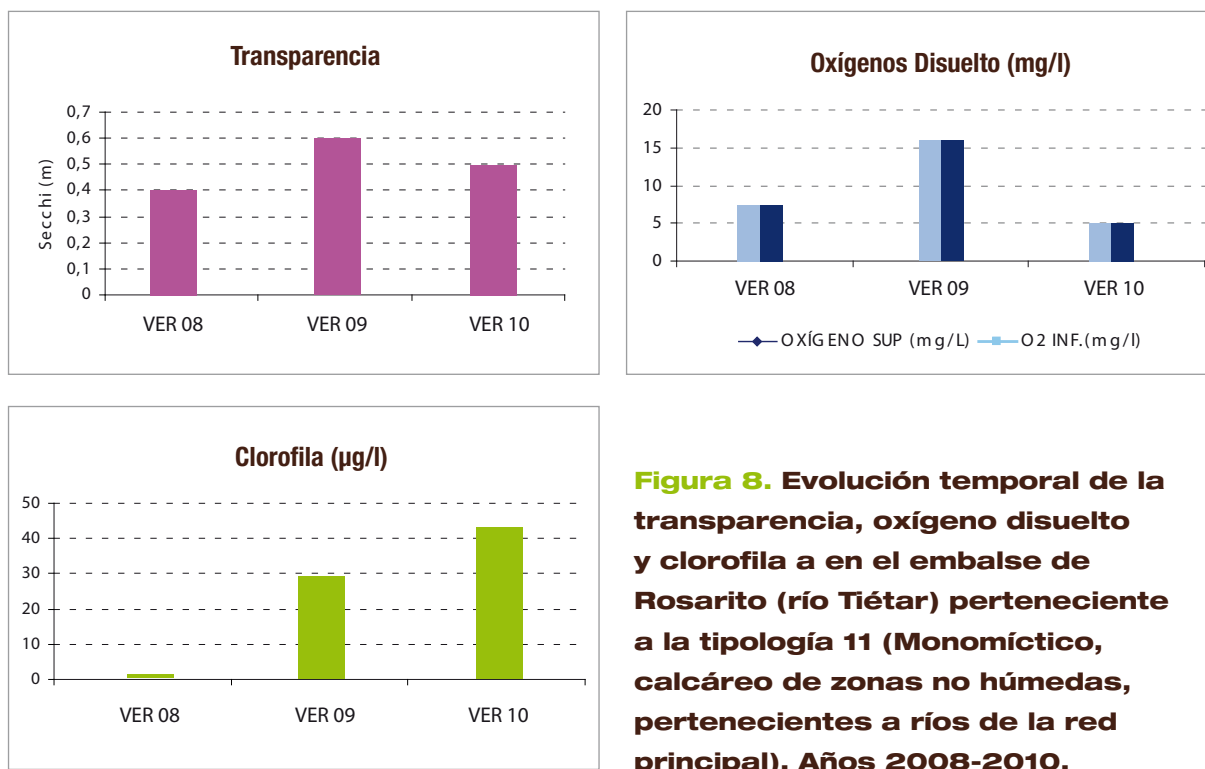
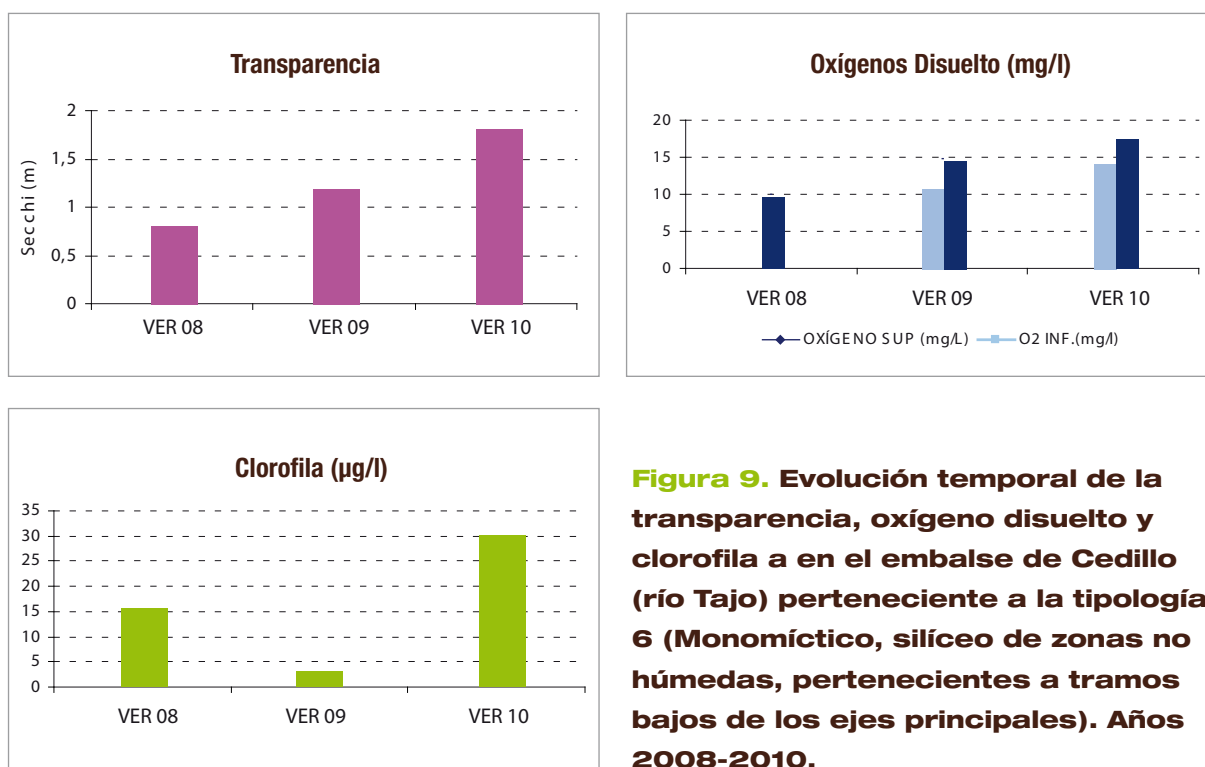
Embalse de Castrejón

Figura 7. Evolución temporal de la transparencia, oxígeno disuelto y clorofila a en el embalse de Castrejón (río Tago) perteneciente a la tipología 11 (Monomíctico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a tramos bajos de ejes principales). Años 2008-2010.

Embalse de Rosarito



Embalse de Cedillo



4.2 INDICADORES BIOLÓGICOS

A continuación se muestra, para cada indicador biológico, la media de los valores obtenidos en los veranos de 2008, 2009 y 2010, de forma que se puede apreciar la evolución que estos parámetros sufren en el tiempo.

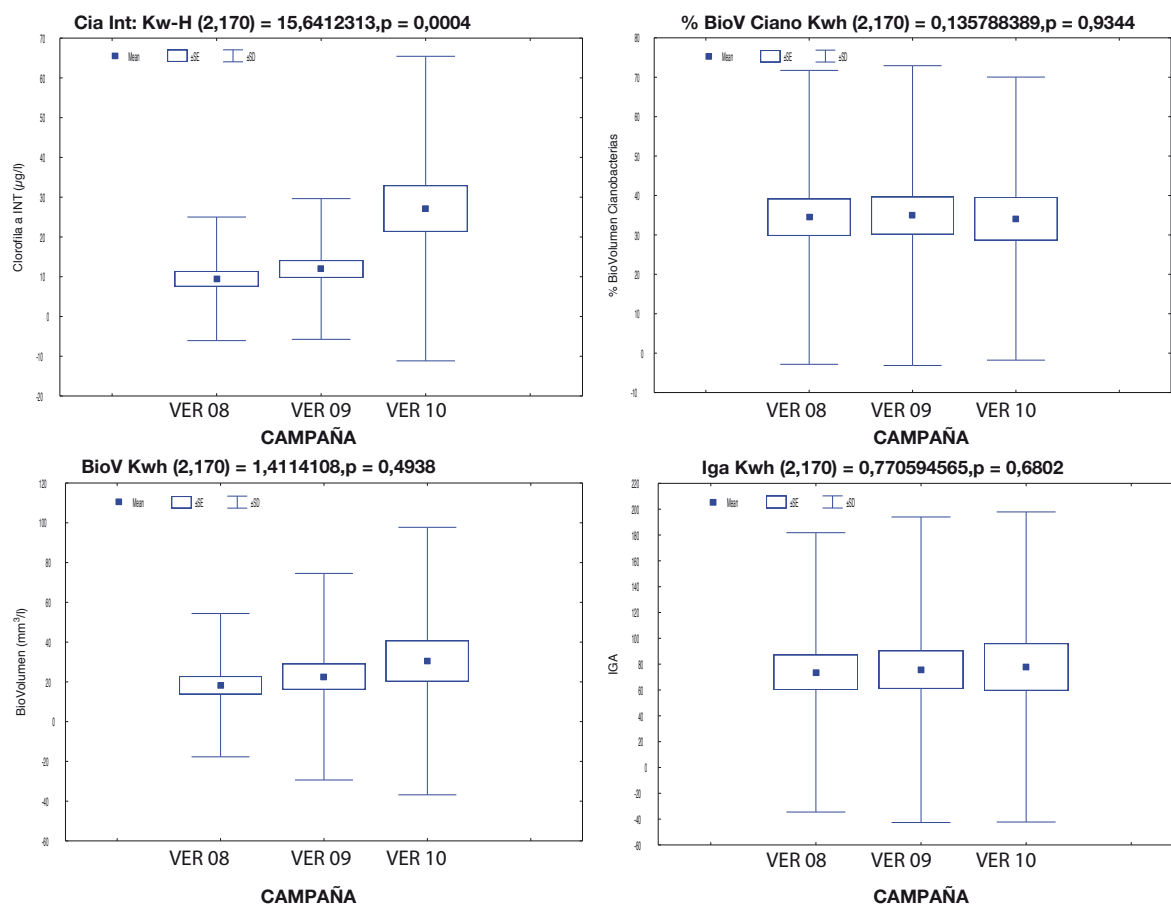


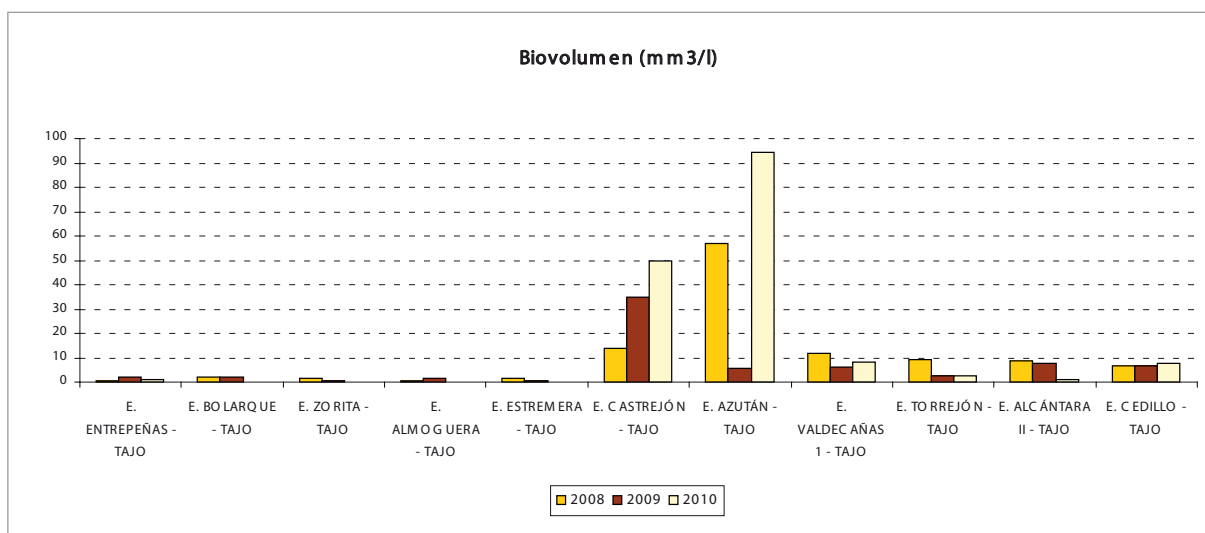
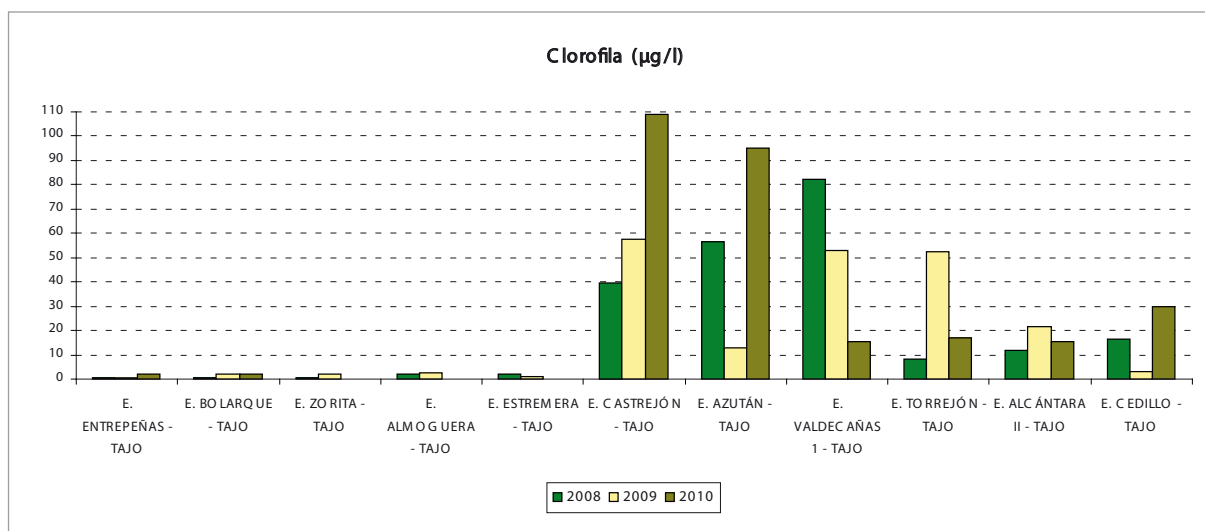
Figura 10. Comparativa de los valores promedio de todos los embalses para los parámetros biológicos medidos en las campañas de verano de 2008, 2009 y 2010

Realizando el estudio de los indicadores biológicos a lo largo de las tres campañas de embalses efectuadas en verano se observa como ninguno de sus parámetros sufre variaciones importantes con el tiempo, a excepción de la clorofila a, la cual aumenta considerablemente durante el verano de 2010, pasando de 9,47 µg/l en 2008 a 27,14 µg/l en 2010. Este incremento puede estar relacionado con la reducción en el número de embalses muestreados en 2010, al quedar excluidos gran parte de los que obtenían buena calidad.

4.2.1 Evolución temporal y espacial de los indicadores clorofila a y biovolumen

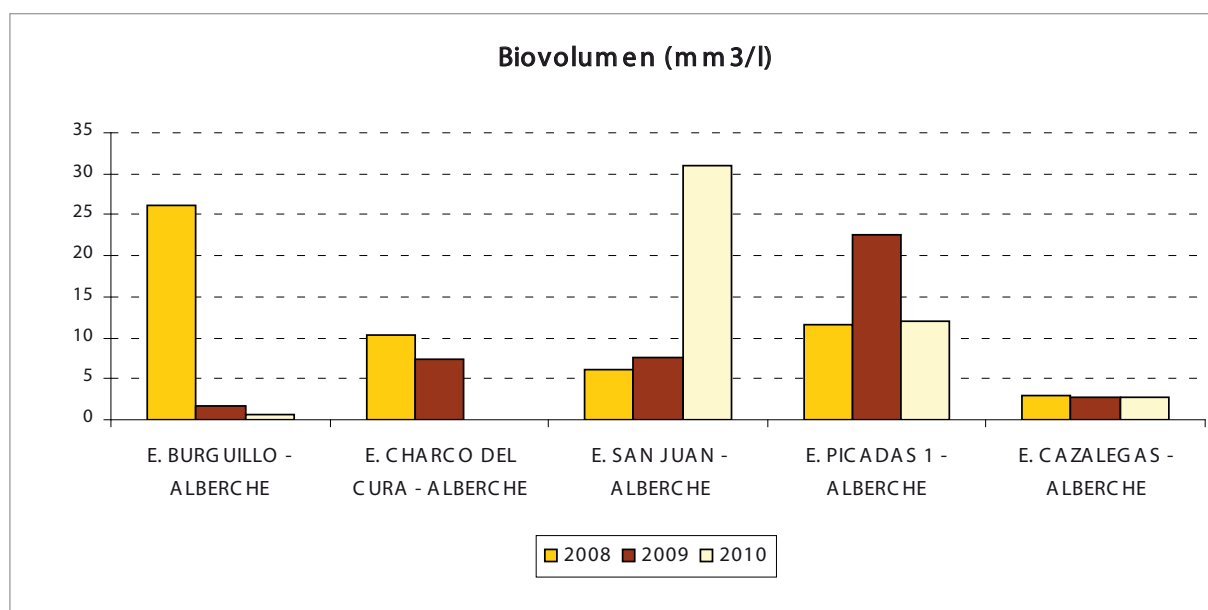
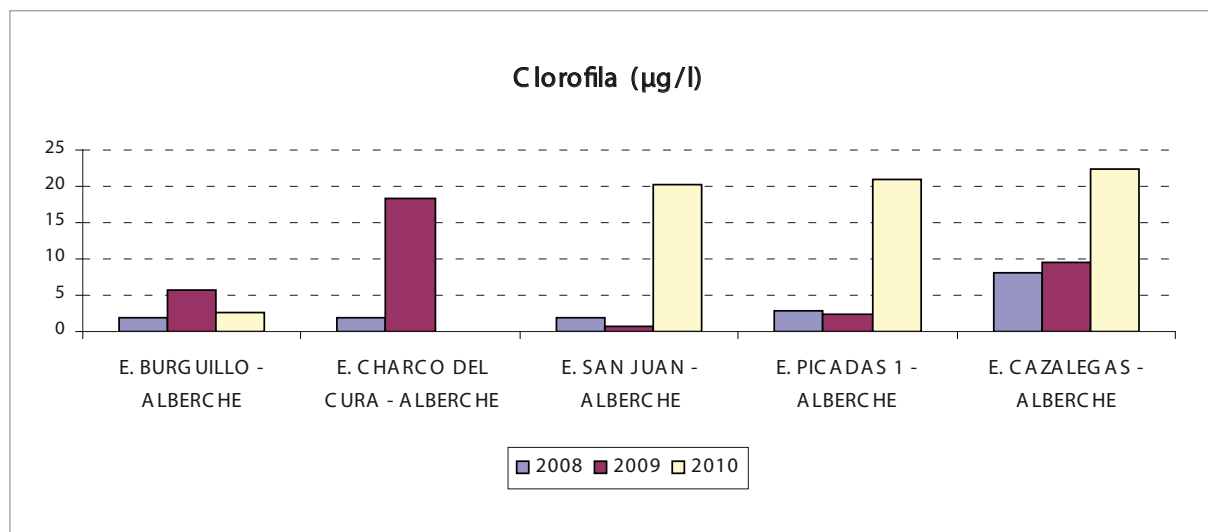
En las gráficas siguientes se ha querido representar la evolución espacial de los indicadores de clorofila y biovolumen en algunos cauces de la cuenca del Tajo en los que se da una sucesión de embalses.

Río Tajo



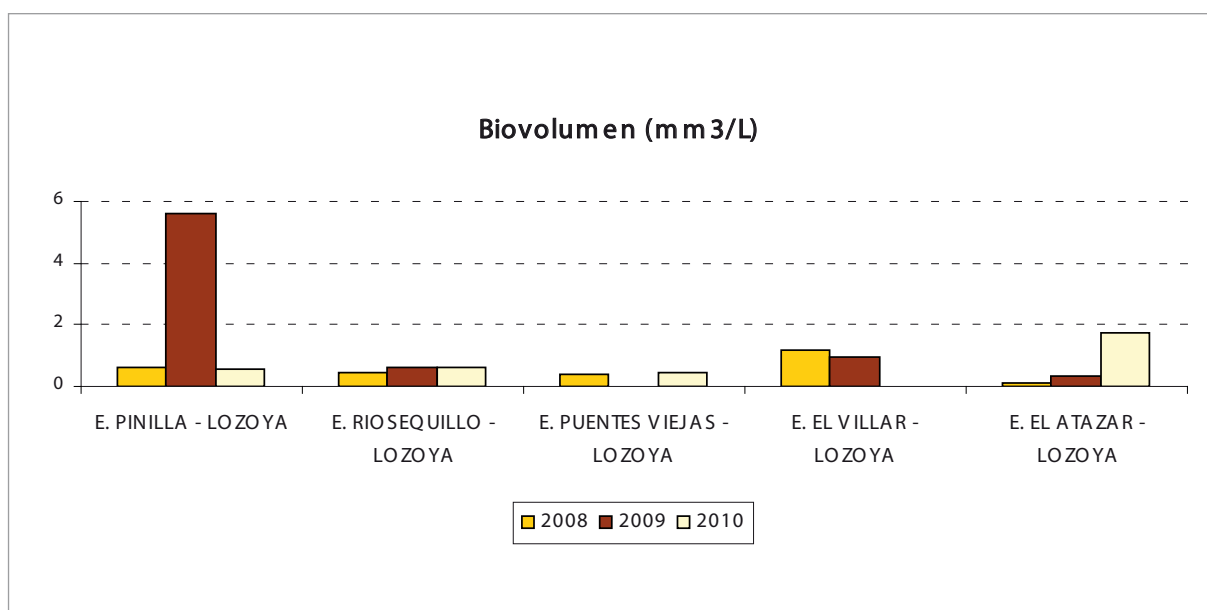
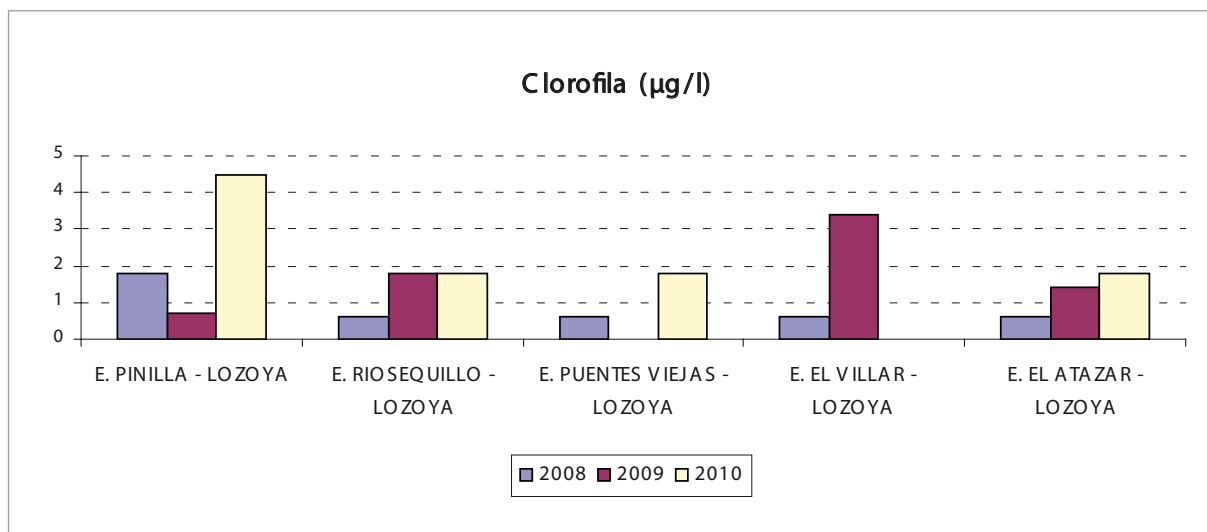
* Los embalses de Zorita, Almoquera y Estremera no disponen de datos en 2010.

Río Alberche



* El embalse de Charco del Cura no dispone de datos en 2010

Río Lozoya



* El embalse del Villar no dispone de datos en 2010

4.3 ESTUDIO TAXONÓMICO DEL FITOPLANCTON

El fitoplancton es considerado en la DMA como un elemento de calidad fundamental para el establecimiento del estado ecológico en lagos y del potencial ecológico en embalses.

La estructura de las poblaciones de fitoplancton de los ecosistemas acuáticos es dinámica y se encuentra en constante cambio tanto en su composición taxonómica como en su actividad fisiológica. Estos cambios en abundancia y composición de las comunidades fitoplanctónicas dependen además de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, mineralización, etc.) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico, etc.).



Fotografía 12. Bloom de cianobacterias en el embalse de Cedillo, en el río Tajo (Cáceres).

Todos estos cambios afectan a la capacidad de asimilar los nutrientes, a la producción de la energía química necesaria para mantener la estructura trófica y a la productividad del sistema. El papel ecológico de estos productores primarios es fundamental por cuanto representan la “llave” que regula la entrada de energía al sistema, constituyendo la base de la red trófica.

De este modo el estudio del fitoplancton permite obtener una información más precisa y detallada del estado trófico del ecosistema y de la calidad de las aguas que la obtenida a partir de un simple estudio de las condiciones fisicoquímicas.

Para este estudio se han realizado análisis cuantitativos de las muestras integradas tomadas mediante la botella hidrográfica. Los resultados cuantitativos aportan información de abundancia y biovolumen. El biovolumen fitoplanctónico se analiza inicialmente para cada taxón. Para ello se calcula el volumen celular medio (V) de cada taxón mediante la medición sistemática de un número suficiente de individuos. A partir de este análisis de las medidas principales del taxón (normalmente longitud y anchura) se calcula el volumen celular asignando a cada taxón la forma geométrica más adecuada. El biovolumen para un determinado taxón sería el resultado de multiplicar su volumen celular medio por la abundancia del mismo (A ; células ml⁻¹) en la muestra. Así, el biovolumen fitoplanctónico de una muestra será (MARM 2008a):

$$BIOV = \sum_{i=1}^{i=n} V * A$$

siendo i el número de taxones de la muestra.

En la siguiente tabla se recogen de forma general, en las 3 campañas analizadas el número de taxones encontrados y qué porcentaje suponen con respecto al total de taxones hallados.

Tabla 8. Número y porcentaje de taxones de cada filo encontrados.

Filo	2008		2009		2010	
	Nº Taxones	% del total de taxones	Nº Taxones	% del total de taxones	Nº Taxones	% del total de taxones
Chlorophyta	105	35,35	104	38,66%	103	51,76%
Bacillariophyta	87	29,29	60	22,30%	28	14,07%
Cyanobacteria	47	15,82	42	15,61%	34	17,09%
Charophyta	21	7,07	21	7,81%		
Ochrophyta	12	4,04	14	5,20%		
Cryptophyta	9	3,03	9	3,35%	10	5,03%
Myxozoa	8	2,69	8	2,97%	7	3,52%
Euglenozoa	7	2,36	8	2,97%	6	3,02%
Haptophyta	1	0,34	1	0,37%	1	0,50%
Craspedophyceae			2	0,74%	1	0,50%
Heterokontophyta					9	4,52%
TOTAL	297	100	269	100	199	100

Analizando los datos, los filos con más número de taxones diferentes fueron el filo Chlorophyta, el filo Bacillariophyta, y el filo Cyanobacteria para todas las campañas.

Si se analizan los taxones más abundantes, los mostrados en la siguiente tabla son los que se encuentran presentes en un mayor número de embalses:

Tabla 9. Taxones de fitoplancton más abundantes.

Filo	Taxón	2008	2009	2010
		Nº estaciones en los que aparece	Nº estaciones en los que aparece	Nº estaciones en los que aparece
Cryptophyta	<i>Cryptomonas erosa</i>	62	59	38
Cryptophyta	<i>Rhodomonas lacustris</i>	56	49	30
Chlorophyta	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	38	32	19
Cryptophyta	<i>Cryptomonas ovata</i>	35		14
Bacillariophyta	<i>Fragilaria capucina</i>	33	25	12
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	32	34	22
Chlorophyta	<i>Tetradion minimum</i>	30	30	11
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	29	29	11
Chlorophyta	<i>Elakathrix gelatinosa</i>	27	32	18
Myxozoa	<i>Ceratium hirundinella</i>	27	32	16
Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	26	28	29
Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	25		
Chlorophyta	<i>Oocystis lacustris</i>	25	31	18
Chlorophyta	<i>Oocystis parva</i>	25	20	
Chlorophyta	<i>Scenedesmus semipulcher</i>	23		12
Chlorophyta	<i>Scenedesmus sempervirens</i>	22		
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira granulata</i>	21	25	15
Chlorophyta	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	20		
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria limnetica</i>		22	
Bacillariophyta	<i>Achnanthes minutissima</i>		21	
Chlorophyta	<i>Sphaerocystis planctonica</i>		20	21
Chlorophyta	<i>Staurastrum planctonicum</i>			21
Cyanobacteria	<i>Woronichinia naegeliana</i>			16
Chlorophyta	<i>Coelastrum astroideum</i>			12
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria agardhii</i>			12
Euglenozoa	<i>Trachelomonas volvocina</i>			12
Chlorophyta	<i>Coelastrum reticulatum</i>			11
Chlorophyta	<i>Ankyra judayi</i>			10
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira distans</i>			10
Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>			10

A continuación se recogen de forma más detallada los resultados de fitoplancton en las distintas campañas:

CAMPAÑA DE VERANO 2008

En la Tabla 10 se indican la abundancia y el biovolumen medio de cada filo, así como los porcentajes medios de abundancia y biovolumen para el conjunto de muestras de la cuenca.

Tabla 10. Abundancia y biovolumen medios de cada filo para el conjunto de muestras (Verano 2008).

FILO	Abundancia media		Biovolumen medio	
	(cél/ml)	(%)	(mm ³ /l)	(%)
Bacillariophyta	127,86	2,01	0,049	4,20
Charophyta	3,83	0,06	0,107	9,15
Chlorophyta	298,29	4,69	0,039	3,30
Cryptophyta	48,84	0,77	0,124	10,54
Cyanobacteria	5877,02	92,36	0,823	70,19
Euglenozoa	1,39	0,02	0,002	0,17
Haptophyta	0,89	0,01	0,000	0,00
Myxozoa	0,82	0,01	0,027	2,33
Ochromyxa	4,13	0,06	0,001	0,12

La mayor abundancia media correspondió al filo Cyanobacteria, que a su vez fue el filo con mayor biovolumen medio.

Respecto al filo Chlorophyta, se ha observado que se encuentra presente en todas las estaciones exceptuando el embalse de Alcorlo. En la Tabla 11 se han distinguido las estaciones que presentan un porcentaje de abundancia superior al 50%, inferior al 10% y un porcentaje de abundancia comprendido entre ambos valores.

Tabla 11. Relación de embalses en función del porcentaje de abundancia de clorofíceas (Verano 2008).

Masa de Agua	Abundancia media de Clorofíceas (%)	Masa de Agua	Abundancia media de Clorofíceas (%)
El Atance	95,4	Picadas	4,9
Puente Nuevo	90,1	Baños	4,8
El Pardo	80,6	Riosequillo	4,7
La Tajera	78,7	Rosarito	4,6
Zorita	76,7	Navalcán	4,2
Buendía	73,4	Gabriel y Galán	4,1
El Vado	70,2	Puentes Viejas	4,1
Presa Río Gévalo	62,0	Portaje	3,8
Santillana/ Manzanares	56,1	Navacerrada	3,7
Cazalegas	52,0	Petit I	3,4
Bolarque	48,0	Guijo de Granadilla	3,2
La Aceña	47,9	Ahigal	2,4

Masa de Agua	Abundancia media de Clorofíceas (%)	Masa de Agua	Abundancia media de Clorofíceas (%)
Azután	46,0	El Vellón / Pedrezuela	2,3
Estremera	44,7	Alcuéscar	1,8
Alcántara II	44,0	Valdecañas	1,2
Torrejón Tiétar	37,9	Atazar	0,9
Borbollón	37,0	Beleña	0,8
Castrejón	24,6	El Castro	0,6
Cedillo	21,9	Guadiloba	0,3
Entrepeñas	21,0	Valmayor	0,3
La Pinilla	18,2	Rivera de Gata	0,2
Almoguera	17,6	Casar de Cáceres	0,1
Aldea del Cano	16,8	Ayuela	0,1
Finisterre	15,8	Torcón	0,1
Torrejón Tajo	13,3	Salor	0,1
Navamuño	12,3	Jerte	0,1
San Juan	10,7	Valdeobispo	0,1
El Burguillo	10,6	Alcorlo	0,0
Arroyo de la Luz o Molano	8,6		
La Portiña	8,0		
El Villar	7,3		
La Tosca	7,3		
Guajaraz	6,5		
Pálmaces	5,7		
La Jarosa	4,9		

COLOR	ABUNDANCIA (%)
	>50
	10-50
	<10

La Tabla 12 hace referencia al número de taxones fitoplanctónicos pertenecientes a diatomeas, cianobacterias y clorofíceas, presentes en las diferentes masas de agua. En algunos embalses se obtuvo muestra de dos puntos, en presa y cola. En aquellas masas de agua en las que se dispone de dato en la presa y en la cola (Alcántara II, Atazar, Bolarque, Buendía, Cedillo, Entrepeñas y Gabriel y Galán) no se aprecian diferencias significativas en cuanto al número de taxones por muestra o la presencia de taxones potencialmente tóxicos.



Fotografía 13. Embalse de Torrejón - Tajo (Cáceres). Octubre 2008.

Los embalses que presentan un mayor número de taxones son el embalse de Finisterre y el de Aldea del Cano, encontrándose 52 taxones en cada uno. Estos dos embalses son los únicos que presentan más de 50 taxones. Respecto a la presencia de taxones potencialmente tóxicos, los embalses de Cedillo (estación localizada en presa) y Alcantara II (cola) son los que albergan un mayor porcentaje de taxones potencialmente tóxicos (50 y 42,86%, respectivamente), si bien los embalses con un mayor número de taxones tóxicos (6) fueron Alcántara II, Ayuela, Rosarito, Navalcán y Torrejón Tiétar.

Se puede observar que 38 de las 74 estaciones muestreadas presentaron un porcentaje de taxones potencialmente tóxicos superior al 10%, mientras que en los embalses de El Atance, Buendía (cola), Castrejón, Entrepeñas (presa) y Santillana no se ha encontrado ningún taxón potencialmente tóxico en esta campaña.

Tabla 12. Número de taxones de diatomeas, cianobacterias y clorofíceas en cada punto de muestreo (Verano 2008).

NOMBRE	CÓD	Nº Taxones	Taxones Diatomeas	Taxones Ciano	Taxones Clorofíceas	Taxones tóxicos	% Tax. tóxicos
La Aceña	20706	26	9	1	13	1	3,8
Ahigal	20761	19	3	3	8	3	15,8
Alcántara II (Presa)	20719A	31	4	2	21	1	3,2
Alcántara II (Cola)	20719B	14	0	7	3	6	42,9
Alcorlo	20697	9	3	2	0	3	33,3
Alcuéscar	20740	19	6	4	4	4	21,1
Aldea del Cano	20728	52	1	7	37	5	9,6
Almoguera	20684	29	7	0	13	1	3,4
Arroyo de la Luz	20763	48	9	6	26	5	10,4
El Atance	20695	13	3	1	6	0	0,0
Atazar (Presa)	20702A	15	3	4	4	3	20,0
Atazar (Cola)	20702B	14	6	3	1	2	14,3
Ayuela	20729	16	1	6	4	6	37,5
Azután	20682	43	1	5	30	4	9,3
Baños	20738	21	6	2	7	3	14,3
Beleña	20701	14	4	2	3	1	7,1
Bolarque (Presa)	20708A	21	7	0	10	1	4,8
Bolarque (Cola)	20708B	37	19	2	15	1	2,7
Borbollón	20716	22	6	3	9	3	13,6
Buendía (Presa)	20710A	14	3	1	5	1	7,1
Buendía (Cola)	20710B	10	4	0	1	0	0,0
Burguillo, El	20709	17	4	3	5	2	11,8
Casar de Cáceres	20739	11	3	2	4	2	18,2
Castrejón	20722	35	9	0	19	0	0,0
El Castro	20723	13	0	6	6	3	23,1
Cazalegas	20718	36	14	4	12	3	8,3
Cedillo (Presa)	20725A	8	0	5	0	4	50,0
Cedillo (Cola)	20725B	32	20	1	8	1	3,1
Entrepeñas (Presa)	20705A	21	8	0	6	0	0,0
Entrepeñas (Cola)	20705B	22	6	1	8	1	4,5
Estremera	20690	44	22	1	12	2	4,5
Finisterre	20686	52	6	5	28	4	7,7
Gabriel y Galán (Presa)	20692A	12	3	4	2	3	25,0
Gabriel y Galán (Cola)	20692B	20	4	5	7	4	20,0
Guadiloba	20726	17	1	4	6	4	23,5
Guajaraz	20724	28	3	2	16	2	7,1
Guijo de Granadilla	20713	19	3	4	5	4	21,1
La Jarsa	20677	15	4	2	2	2	13,3
Jerte o Plasencia	20680	16	6	4	1	4	25,0

NOMBRE	CÓD	Nº Taxones	Taxones Diatomeas	Taxones Ciano	Taxones Clorofíceas	Taxones tóxicos	% Tax. tóxicos
Navacerrada	20676	24	12	1	6	1	4,2
Navalcán	20685	36	5	9	18	6	16,7
Navamuño	20689	24	9	5	4	3	12,5
Pálmaces	20696	17	3	1	8	2	11,8
El Pardo	20678	40	4	2	28	2	5,0
Petit I	20762	36	5	7	17	4	11,1
Picadas	20712	26	7	4	10	4	15,4
La Pinilla	20674	25	6	3	5	2	8,0
Portaje	20681	29	4	3	13	2	6,9
La Portiña	20760	33	4	4	18	3	9,1
Presa río Gévalo	20750	43	6	5	25	5	11,6
Puente Nuevo	20693	30	10	3	12	1	3,3
Puentes Viejas	20699	29	7	3	7	4	13,8
Riosequillo	20700	23	11	4	4	3	13,0
Rivera de Gata	20714	12	4	1	2	1	8,3
Rosarito	20717	33	5	8	16	6	18,2
Salor	20727	12	1	4	3	4	33,3
San Juan	20711	26	10	1	8	1	3,8
Santillana/ Manzanares	20704	20	2	1	11	0	0,0
La Tajera	20675	28	6	0	9	1	3,6
Torcón	20688	15	3	5	5	3	20,0
Torrejón Tajo	20683	27	2	5	14	5	18,5
Torrejón Tiétar	20687	36	1	6	23	6	16,7
La Tosca	20679	34	7	5	15	3	8,8
El Vado	20698	39	7	1	23	1	2,6
Valdecañas	20720A	19	2	5	11	3	15,8
Valdeobispo	20715	8	1	2	3	1	12,5
Valmayor	20707	17	4	5	5	5	29,4
El Vellón / Pedrezuela	20703	19	4	3	7	2	10,5
El Villar	20673	25	6	2	7	3	12,0
Zorita	20691	32	12	0	11	1	3,1

En la Tabla 13 se presenta una lista de los taxones tóxicos. La mayoría de los taxones tóxicos pertenecen al filo Cyanobacteria y, en menor medida, al filo Ochrophyta.

Tabla 13. Taxones fitoplanctónicos potencialmente tóxicos (Verano 2008).

TAXÓN	FILO	LAGO o EMBALSE
<i>Anabaena affinis</i>	Cyanobacteria	Alcántara II, Torrejón Tajo, Presa Río Gévalo.
<i>Anabaena aphanizomenoides</i>	Cyanobacteria	Salor, Ayuela, Torrejón Tiétar.
<i>Anabaena cf. circinalis</i>	Cyanobacteria	El Burguillo, Borbollón.
<i>Anabaena cf. flos-aquae</i>	Cyanobacteria	Picadas, Finisterre, Cazalegas.
<i>Anabaena cf. solitaria</i>	Cyanobacteria	El Vado.
<i>Anabaena cf. spiroides</i>	Cyanobacteria	La Pinilla.
<i>Anabaena flos-aquae</i>	Cyanobacteria	Gabriel y Galán.
<i>Anabaena planctonica</i>	Cyanobacteria	Aldea del Cano, Valmayor, Ahigal, Guijo de Granadilla.
<i>Anabaena solitaria</i>	Cyanobacteria	Alcorlo.
<i>Anabaena sp.</i>	Cyanobacteria	Entrepeñas, Puentes Viejas, Cedillo, Guadiloba, Guajaraz, Rosarito, Portaje, El Pardo, Atazar, Azután.
<i>Anabaena spiroides</i>	Cyanobacteria	Presente en 12 de las 68 masas de agua muestreadas en esta campaña.
<i>Anabaenopsis circularis</i>	Cyanobacteria	Finisterre, El Castro, La Tosca.
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	Cyanobacteria	Presente en 32 de las 68 masas de agua muestreadas en esta campaña.
<i>Aphanizomenon gracile</i>	Cyanobacteria	Valmayor, Torrejón Tajo, Estremera, Arroyo de la Luz o Molano.
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	Cyanobacteria	Salor, Aldea del Cano, Ayuela, Valmayor, Navalcán, Rosarito, Jerte, Torrejón Tajo, Torrejón Tiétar, Arroyo de la Luz o Molano.
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cyanobacteria	Navalcán.
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	Cyanobacteria	Picadas, Torrejón Tiétar.
<i>Aphanocapsa incerta</i>	Cyanobacteria	Puentes Viejas, Petit I, Torrejón Tiétar, Azután.
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	Cyanobacteria	Petit I, Navalcán.
<i>Dinobryon divergens</i>	Ochrophyta	Presente en 12 de las 68 masas de agua muestreadas en esta campaña.
<i>Lyngbya sp.</i>	Cyanobacteria	Guadiloba, Alcántara II.
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Cyanobacteria	Presente en 12 de las 68 masas de agua muestreadas en esta campaña.
<i>Microcystis flos-aquae</i>	Cyanobacteria	Cedillo, Petit I.
<i>Microcystis novacekii</i>	Cyanobacteria	Cedillo.
<i>Microcystis wesenbergii</i>	Cyanobacteria	Valdecañas, La Portiña.
<i>Oscillatoria agardhii</i>	Cyanobacteria	Presente en 13 de las 68 masas de agua muestreadas en esta campaña.
<i>Oscillatoria limnetica</i>	Cyanobacteria	Presente en 13 de las 68 masas de agua muestreadas en esta campaña.
<i>Oscillatoria limosa</i>	Cyanobacteria	Cedillo.
<i>Oscillatoria planctonica</i>	Cyanobacteria	Torcón, Alcántara II, Torrejón Tajo.
<i>Oscillatoria sp.</i>	Cyanobacteria	Gabriel y Galán, Atazar, Navamuelo, Bolarque, Azután, Valdecañas.
<i>Phormidium sp.</i>	Cyanobacteria	Presa Río Gévalo.
<i>Pseudanabaena sp.</i>	Cyanobacteria	Jerte.
<i>Raphidiopsis curvata</i>	Cyanobacteria	Ayuela.
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	Cyanobacteria	Aldea del Cano, Ayuela, Guadiloba, Navalcán, Rosarito, Torrejón Tiétar, Presa Río Gévalo, Arroyo de la Luz o Molano.
<i>Woronichinia naegeliana</i>	Cyanobacteria	El Villar, Riosequillo, Casar de Cáceres, La Jarosa, Ahigal, Guijo de Granadilla, Alcuéscar.

CAMPAÑA DE VERANO 2009

En la Tabla 14 se indican la abundancia y el biovolumen medio de cada filo, así como los porcentajes medios de abundancia y biovolumen para el conjunto de muestras de la cuenca.

Tabla 14. Abundancia y biovolumen medios de cada filo para el conjunto de muestras (Verano 2009).

FILO	Abundancia media		Biovolumen medio	
	(cél/ml)	(%)	(mm ³ /l)	(%)
Bacillariophyta	295,74	1,25%	0,112	1,97%
Charophyta	32,23	0,14%	0,634	11,15%
Chlorophyta	310,83	1,31%	0,067	1,18%
Cryptophyta	367,53	1,55%	0,705	12,39%
Cyanobacteria	22352,83	94,42%	3,750	65,90%
Euglenozoa	12,41	0,05%	0,023	0,40%
Haptophyta	86,69	0,37%	0,002	0,03%
Myxozoa	26,67	0,11%	0,350	6,15%
Ochromyxa	168,13	0,71%	0,049	0,86%
Craspedophyceae	20,68	0,09%	0,001	0,02%

Como se observa en la Tabla 14, con un amplio margen de diferencia la mayor abundancia media correspondió al filo Cyanobacteria, que a su vez fue el filo con mayor biovolumen medio.

Respecto al filo Chlorophyta, se ha observado que se encuentra presente en todas las estaciones exceptuando los embalses de Arrocampo, Casar de Cáceres y el Atance. En la Tabla 15 se han distinguido las estaciones que presentan un porcentaje de abundancia superior al 50%, inferior al 10% y un porcentaje de abundancia comprendido entre ambos valores.

Tabla 15. Relación de embalses en función del porcentaje de abundancia de clorofíceas (Verano 2009).

EMBALSE	Abundancia media de Clorofíceas (%)	EMBALSE	Abundancia media de Clorofíceas (%)
El Pardo	89,48	Valdecañas	5,41
El Atance	78,72	Ayuela	5,05
La Tajera	57,12	El Burquillo	3,66
Guajaraz	56,50	Jerte	3,27
Aldea del Cano	55,29	Valdeobispo	3,03
Finisterre	48,26	Alcorlo	2,72
Almoguera	47,78	Ahigal	2,67
Zorita	44,28	Riosequillo	2,40
Baños	39,08	Arroyo de la Luz o Molano	2,36
Cedillo	35,39	Navacerrada	2,33
San Juan	34,36	Torrejón Tiétar	2,31

EMBALSE	Abundancia media de Clorofíceas (%)	EMBALSE	Abundancia media de Clorofíceas (%)
Puentes Viejas	30,88	Puente Nuevo o Charco del Cura	2,25
Bolarque	27,54	Buendía	2,24
Pálmaces	27,37	Valmayor	2,04
El Vellón/Pedrezuela	27,00	Portaje	1,79
Presa Río Gévalo	26,76	Navalcán	1,54
Navamuño	26,70	Guadiloba	1,45
La Tosca	25,93	Beleña	1,27
La Portiña	25,10	Alcuéscar	1,04
Cazalegas	25,02	Torrejón Tajo	1,03
Castrejón	25,01	El Vado	0,72
Entrepeñas	24,64	Guijo de Granadilla	0,67
Rivera de Gata	24,35	El Castro	0,41
Picadas	20,10	Torcón	0,23
Azután	14,87	Petit I	0,22
La Pinilla	13,46	Alcántara II	0,15
Estremera	13,13	Borbollón	0,04
La Jarosa	12,44	Atazar	0,04
El Villar	10,62		
Rosarito	8,34		
Gabriel y Galán	7,69	COLOR	ABUNDANCIA ()
La Aceña	6,63		>50
Santillana/ Manzanares	6,25		10 - 50
Salor	6,06		<10

La Tabla 16 hace referencia al número de taxones fitoplanctónicos pertenecientes a diatomeas, cianobacterias y clorofíceas, presentes en las diferentes masas de agua. En algunos embalses se obtuvo muestra de dos puntos, en presa y cola. En 6 de las 7 masas en las que se dispone de dato en la presa y en la cola (Alcántara II, Atazar, Bolarque, Buendía, Valdecañas y Gabriel y Galán) no se aprecian diferencias significativas en cuanto al número de taxones por muestra o la presencia de taxones potencialmente tóxicos. Únicamente en el embalse de Entrepeñas se aprecia una diferencia, aunque no de gran magnitud, entre los taxones identificados en la zona de presa (19 taxones) y en la zona de cola del embalse (14 taxones).

Los embalses que presentan un mayor número de taxones son los embalses de Puentes Viejas (51 taxones), Finisterre (46 taxones), Aldea del Cano (42 taxones) y Ayuela (42 taxones).

Respecto a la presencia de taxones potencialmente tóxicos, los embalses de Casar de Cáceres y Alcántara II (presa) son los que albergan un mayor porcentaje de taxones potencialmente tóxicos (60 y 41,67%, respectivamente), si bien en número, el embalse con un mayor número de taxones tóxicos (8) fue el embalse del Villar.

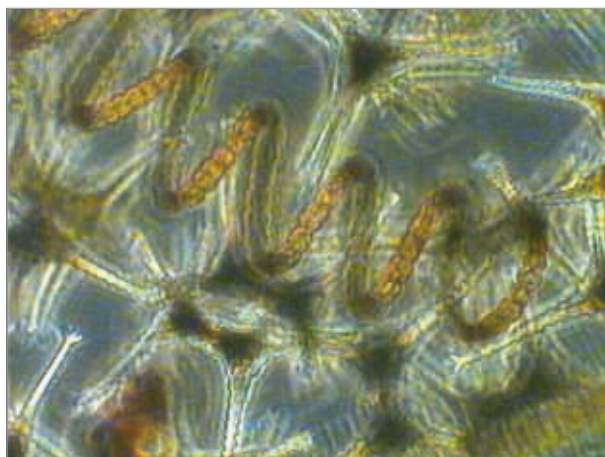
Se puede observar que 47 de las 76 estaciones muestreadas presentaron un porcentaje de taxones potencialmente tóxicos superior o igual al 10%, mientras que en los embalses de Navamuño y el Atance, no se identificó ningún taxón potencialmente tóxico en esta campaña.

Tabla 16. Número de taxones de diatomeas, cianobacterias y clorofíceas en cada punto de muestreo (Verano 2009).

EMBALSE	COD	Nº Taxones	Taxones Diatomeas	Taxones Ciano	Taxones Clorofíceas	Taxones tóxicos	% Tax. tóxicos
La Aceña	20706	24	3	3	13	2	8,33%
Ahigal	20761	32	5	6	13	4	12,50%
Alcántara II (Cola)	20719B	11	0	5	3	3	27,27%
Alcántara II (Presa)	20719A	12	0	6	3	5	41,67%
Alcorlo	20697	13	3	2	3	2	15,38%
Alcuéscar	20740	34	6	4	18	3	8,82%
Aldea del Cano	20728	42	3	5	27	2	4,76%
Almoguera	20684	25	5	0	12	1	4,00%
Arroyo de la Luz o Molano	20763	21	2	6	7	6	28,57%
Atance	20695	14	1	0	10	0	0,00%
El Atazar (Cola)	20702B	15	6	3	1	1	6,67%
El Atazar (Presa)	20702A	13	2	5	1	3	23,08%
Ayuela	20729	42	3	8	24	6	14,29%
Azután	20682	38	3	8	22	7	18,42%
Baños	20738	18	3	5	5	5	27,78%
Beleña	20701	15	7	0	5	1	6,67%
Bolarque (Cola)	20708B	34	10	0	11	1	2,94%
Bolarque (Presa)	20708A	31	9	0	11	1	3,23%
Borbollón	20716	14	4	2	1	1	7,14%
Buendía (Cola)	20710B	15	5	1	5	1	6,67%
Buendía (Presa)	20710A	13	5	1	3	2	15,38%
El Burguillo	20709	26	6	6	9	5	19,23%
Casar de Cáceres	20739	5	1	3	0	3	60,00%
Castrejón	20722	41	0	7	27	4	9,76%
El Castro	20723	13	0	6	4	4	30,77%
Cazalegas	20718	30	4	6	16	4	13,33%
Cedillo	20725A	40	3	9	23	7	17,50%
Entrepeñas (Cola)	20705B	14	5	1	3	1	7,14%
Entrepeñas (Presa)	20705A	19	5	0	5	1	5,26%
Estremera	20690	40	23	3	8	4	10,00%
Finisterre	20686	46	4	3	25	2	4,35%
Gabriel y Galán (Cola)	20692B	38	11	5	15	3	7,89%
Gabriel y Galán (Presa)	20692A	28	10	6	8	4	14,29%
Guadiloba	20726	20	1	8	6	7	35,00%
Guajaraz	20724	19	1	1	10	1	5,26%

EMBALSE	COD	Nº Taxones	Taxones Diatomeas	Taxones Ciano	Taxones Clorofíceas	Taxones tóxicos	% Tax. tóxicos
Guijo de Granadilla	20713	17	5	4	4	3	17,65%
La Jarosa	20677	18	4	2	4	2	11,11%
Jerte	20680	21	3	5	7	5	23,81%
Navacerrada	20676	23	10	5	3	3	13,04%
Navalcán	20685	28	5	7	12	5	17,86%
Navamuño	20689	21	7	1	8	0	0,00%
Pálmaces	20696	27	3	3	14	1	3,70%
El Pardo	20678	35	4	1	25	1	2,86%
Petit I	20762	15	1	6	5	3	20,00%
Picadas	20712	20	1	4	9	3	15,00%
Pinilla	20674	20	3	4	6	3	15,00%
Portaje	20681	33	2	8	16	7	21,21%
Portiña	20760	31	2	4	19	1	3,23%
Presa Río Gévalo	20750	31	8	5	9	4	12,90%
Puente Nuevo o Charco del Cura	20693	24	10	3	4	3	12,50%
Puentes Viejas	20699	51	19	7	17	6	11,76%
Riosequillo	20700	28	8	5	9	4	14,29%
Rivera de Gata	20714	26	6	3	9	2	7,69%
Rosarito	20717	36	5	10	12	7	19,44%
Salor	20727	39	3	8	26	6	15,38%
San Juan	20711	20	4	4	6	4	20,00%
Santillana/ Manzanares	20704	24	3	5	10	4	16,67%
La Tajera	20675	30	3	3	14	3	10,00%
Torcón	20688	17	2	9	5	6	35,29%
Torrejón Tajo	20683	11	2	4	2	4	36,36%
Torrejón Tiétar	20687	33	1	6	20	4	12,12%
La Tosca	20679	28	8	2	10	2	7,14%
El Vado	20698	16	7	1	3	2	12,50%
Valdecañas (Cola)	20720B	26	1	6	15	5	19,23%
Valdecañas (Presas)	20720A	25	2	5	15	3	12,00%
Valdeobispo	20715	21	4	4	7	5	23,81%
Valmayor	20707	24	1	7	12	5	20,83%
El Vellón/Pedrezuela	20703	24	4	4	13	3	12,50%
El Villar	20673	29	4	10	6	8	27,59%
Zorita	20691	33	10	1	11	1	3,03%

En la Tabla 17 se presenta una lista de los taxones tóxicos. Se observa que el 96,77% de los taxones tóxicos pertenecen al filo Cyanobacteria y el 3,23% pertenecen al filo Ochrophyta. En esta tabla se puede apreciar que las especies potencialmente tóxicas más abundantes son *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria limnetica*, *Oscillatoria agardhii*, *Dinobryon divergens*, *Woronichinia naegeliana*, *Aphanizomenon issatschenkoi*, *Anabaena spiroides* y *Microcystis aeruginosa*, pertenecientes a los filos Cyanobacteria y Ochrophyta.



Anabaena spiroides (Cimera)

Tabla 17. Taxones fitoplanctónicos potencialmente tóxicos (Verano 2009).

FILO	TAXÓN	EMBALSE
Cyanobacteria	<i>Anabaena aphanizomenoides</i>	Torcón
Cyanobacteria	<i>Anabaena circinalis</i>	Puentes Viejas, El Burguillo, Atazar, El Villar, Cedillo, Ahigal y Cazalegas
Cyanobacteria	<i>Anabaena flos-aquae</i>	Puente Nuevo o Charco del Cura, Valmayor, Santillana/Manzanares, El Vellón/Pedrezuela, El Villar, Finisterre, El Burguillo, Cedillo y Cazalegas
Cyanobacteria	<i>Anabaena planctonica</i>	Riosequillo, El Villar, Guadiloba, Ahigal y Rivera de Gata
Cyanobacteria	<i>Anabaena solitaria</i>	Puentes Viejas y Portaje
Cyanobacteria	<i>Anabaena sp.</i>	Puentes Viejas, Navacerrada, La Pinilla, Azután, Salor, Castrejón y Alcántara II
Cyanobacteria	<i>Anabaena sphaerica</i>	Torrejón Tiétar y Portaje
Cyanobacteria	<i>Anabaena spiroides</i>	Presente en 12 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis circularis</i>	Alcorlo, Estremera, Torcón, Torrejón Tiétar, Finisterre, Azután, Salor, Rosarito y El Castro
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	Presente en 33 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon gracile</i>	La Tajera, Torrejón Tajo, Ayuela, Arroyo de la Luz o Molano y Valdecañas
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	Presente en 12 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon sp.</i>	Navalcán
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	El Villar, Valmayor, Santillana/Manzanares, Atazar, Rosarito y Picadas
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa incerta</i>	La Aceña, El Pardo, Azután y Ayuela
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa sp.</i>	Jerte
Cyanobacteria	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	Navalcán, Salor y Guadiloba
Ochrophyta	<i>Dinobryon divergens</i>	Presente en 14 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Presente en 11 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Microcystis flos-aquae</i>	Gabriel y Galán, Santillana/Manzanares, Portaje, Baños, Alcuéscar, San Juan y Alcántara II
Cyanobacteria	<i>Microcystis novacekii</i>	Cedillo
Cyanobacteria	<i>Microcystis sp.</i>	Gabriel y Galán, Puentes Viejas, Torrejón Tajo y Castrejón
Cyanobacteria	<i>Microcystis wesenbergii</i>	Jerte, Alcuéscar y Alcántara II
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria agardhii</i>	Presente en 16 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria limnetica</i>	Presente en 22 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria planctonica</i>	Torcón, Torrejón Tajo, Arroyo de la Luz o Molano, Presa Río Gévalo, Rosarito y Castrejón

FILO	TAXÓN	EMBALSE
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria sp.</i>	Entrepeñas, La Tosca, El Villar, Baños, Alcántara II y Valdeobispo
Cyanobacteria	<i>Phormidium tenue</i>	Portaje
Cyanobacteria	<i>Planktolyngbya contorta</i>	El Castro
Cyanobacteria	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	Portaje, Ayuela, Guadiloba, Arroyo de la Luz o Molano y Presa Río Gévalo
Cyanobacteria	<i>Woronichinia naegeliana</i>	Presente en 13 de las 69 masas de agua muestreadas en esta campaña.

CAMPAÑA DE VERANO 2010

En la Tabla 18 se indican la abundancia y el biovolumen medio de cada filo, así como los porcentajes medios de abundancia y biovolumen para el conjunto de muestras de la cuenca.

Tabla 18. Abundancia y biovolumen medios de cada filo para el conjunto de muestras (Verano 2010).

FILO	Abundancia media		Biovolumen medio	
	(cél/ml)	(%)	(mm ³ /l)	(%)
Bacillariophyta	66366,82	1,20%	24,53	1,81%
Heterokontophyta	407,54	0,01%	0,38	0,03%
Chlorophyta	312702,46	5,67%	302,92	22,38%
Cryptophyta	65215,73	1,18%	195,2	14,42%
Cyanobacteria	5067008,09	91,89%	811,92	60,00%
Euglenozoa	969,41	0,02%	5,32	0,39%
Haptophyta	449,07	0,01%	0,01	0,00%
Myxozoa	1065,45	0,02%	13,02	0,96%
Craspedophyceae	120,56	0,00%	0,01	0,00%

Como se ha observado en la Tabla 18, con un amplio margen de diferencia la mayor abundancia media correspondió al filo Cyanobacteria ($5,067 \times 10^6$ células/ml), que a su vez fue el filo con mayor biovolumen medio por embalse.

Respecto al filo Chlorophyta, se ha observado que se encuentra presente en todas las estaciones. En la Tabla 19 se han distinguido las estaciones que presentan un porcentaje de abundancia superior al 50%, inferior al 10% y un porcentaje de abundancia comprendido entre ambos valores.

Tabla 19. Relación de embalses en función del porcentaje de abundancia de clorofíceas (Verano 2010).

Masa de Agua	Abundancia media de Clorofíceas (%)	Masa de Agua	Abundancia media de Clorofíceas (%)
Guajaraz	99,17	Alcorlo	2,57
Baños	72,53	Jerte	2,47
Arroyo de la Luz o Molano	71,07	El Atazar	2,44
Salor	70,61	Rosarito	2,38
Valmayor	67,83	Arrocampo	2,1
Navamuño	67,12	Santillana/ Manzanares	1,89
Picadas	58,18	Alcuéscar	1,88
Finisterre	53,55	Navalcán	1,85
Buendía	51,23	San Juan	1,7
Guadiloba	34,58	Riosequillo	1,51
Azután	32,91	Torrejón Tajo	0,83
Castrejón	32,39	Petit I	0,82
Gabriel y Galán	30,1	Aldea del Cano	0,79
Entrepeñas	28,12	Ayuela	0,4
Cedillo	18,41	Portaje	0,37
Cazalegas	12,75	Puentes Viejas	0,2
Valdecañas	11,68	Borbollón	0,13
San Juan	9,45	El Castro	0,11
Alcántara II	6,98	El Burguillo	0,1
Rivera de Gata	6,61	Casar de Cáceres	0,01
Bolarque	6,14		
La Pinilla	3,99		
Ahigal	3,51		
Torrejón Tiétar	3,44		
Picadas	3,16		

COLOR	ABUNDANCIA
	>50 %
	10 – 50 %
	<10 %

La Tabla 20 hace referencia al número de taxones fitoplanctónicos pertenecientes a cianobacterias (*Cyanobacteria*), clorofíceas (*Chlorophyta*) y diatomeas (*Bacillariophyta*) presentes en las diferentes masas de agua.

Los embalses que presentan un mayor número de taxones son los embalses de Arroyo de la Luz o Molano (55 taxones), Torrejón Tiétar (35 taxones), Rosarito (35 taxones), Castrejón y Finisterre (42 taxones cada uno). Respecto a la presencia de taxones potencialmente tóxicos, los embalses de Torrejón Tiétar y Rosarito son los que albergan un mayor porcentaje de taxones potencialmente tóxicos (38,10 y 33,33%, respectivamente).

Se puede observar que 30 de las 45 estaciones muestreadas presentaron un porcentaje de taxones potencialmente tóxicos superior o igual al 10%, mientras que en los embalses de Valmayor y Guajaraz no se identificó ningún taxón potencialmente tóxico en esta campaña.

Tabla 20. Número de taxones de diatomeas, cianobacterias y clorofíceas en cada embalse (Verano 2010).

Nombre	Código	Nº Taxones Muestra	Taxones Cianobacterias	Taxones Clorofíceas	Taxones Diatomeas	Taxones tóxicos	% Taxones tóxicos
Ahigal	20761	22	5	10	2	4	19,05%
Alcántara II	20719A	18	2	13	0	1	4,76%
Alcorlo	20697	15	1	4	5	1	4,76%
Alcuéscar	20740	18	3	6	3	3	14,29%
Aldea del Cano	20728	9	3	4	0	3	14,29%
Arrocampo	20721	17	7	8	2	4	19,05%
Arroyo de la Luz o Molano	20763	55	5	35	8	3	14,29%
El Atazar	20702A	11	2	1	2	2	9,52%
Ayuela	20729	10	2	6	0	2	9,52%
Azután	20682	33	4	23	1	3	14,29%
Baños	20738	20	1	10	3	1	4,76%
Bolarque	20708A	22	1	7	5	3	14,29%
Borbollón	20716	12	3	3	3	2	9,52%
Buendía	20710A	12	1	3	2	2	9,52%
El Burguillo	20709	10	4	1	1	3	14,29%
Casar de Cáceres	20739	3	2	1	0	2	9,52%
Castrejón	20722	34	5	19	4	5	23,81%
El Castro	20723	16	5	5	2	4	19,05%
Cazalegas	20718	23	2	12	5	1	4,76%
Cedillo	20725A	18	5	8	0	5	23,81%
Entrepeñas	20705A	17	0	7	4	1	4,76%
Finisterre	20686	34	3	21	1	4	19,05%
Gabriel y Galán	20692A	20	4	6	5	5	23,81%
Guadiloba	20726	23	4	11	3	4	19,05%
Guajaraz	20724	23	1	19	0	0	0,00%
Jerte	20680	26	5	14	3	3	14,29%
Navalcán	20685	19	4	7	4	4	19,05%
Navamuño	20689	16	2	6	2	1	4,76%
Petit I	20762	23	3	11	3	2	9,52%
Picadas	20712	17	2	10	2	2	9,52%
Picadas	20712	19	4	8	2	4	19,05%
La Pinilla	20674	21	7	8	3	6	28,57%
Portaje	20681	17	7	5	2	6	28,57%
Puentes Viejas	20699	19	5	3	5	5	23,81%
Riosequillo	20700	26	6	7	7	4	19,05%
Rivera de Gata	20714	19	6	7	2	5	23,81%
Rosarito	20717	35	9	15	7	7	33,33%
Salor	20727	27	6	15	2	4	19,05%
San Juan	20711	22	4	9	3	5	23,81%
San Juan	20711	21	3	7	3	4	19,05%
Santillana/ Manzanares	20704	25	4	13	3	3	14,29%
Torrejón Tajo	20683	14	5	7	0	5	23,81%
Torrejón Tiétar	20687	35	9	21	2	8	38,10%
Valdecañas	20720A	23	5	14	1	3	14,29%
Valmayor	20707	16	0	10	2	0	0,00%

En la Tabla 21 se presenta una lista de los taxones potencialmente tóxicos. Se ha constatado que el 92,31% de los taxones con potencialidad tóxica pertenecen al filo Cyanobacteria y el 7,69% pertenecen a los filos Haptophyta y Heterokontophyta. En esta tabla se puede apreciar que las especies potencialmente tóxicas más abundantes son *Aphanizomenon flos-aquae*, *Woronichinia naegeliana*, *Oscillatoria agardhii*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria limnetica*, *Aphanizomenon issatschenkoi*, *Anabaena spiroides* y *Anabaena sp.*, pertenecientes al filo Cyanobacteria.

Tabla 21. Taxones fitoplanctónicos potencialmente tóxicos (Verano 2010).

Filo	Taxón	Embalses donde aparece
Cyanobacteria	<i>Anabaena aphanizomenoides</i>	Torrejón Tiétar
Cyanobacteria	<i>Anabaena circinalis</i>	La Pinilla, Rivera de Gata y Cedillo
Cyanobacteria	<i>Anabaena flos-aquae</i>	La Pinilla, Picadas, Picadas, Salor y Alcuéscar
Cyanobacteria	<i>Anabaena planctonica</i>	La Pinilla, Portaje, Riosequillo, Rivera de Gata y Guadiloba
Cyanobacteria	<i>Anabaena sp.</i>	Azután, Gabriel y Galán, Puentes Viejas, El Burguillo, San Juan, Rivera de Gata, Rosarito, Arrocampo y Castrejón
Cyanobacteria	<i>Anabaena spiroides</i>	Portaje, Torrejón Tiétar, Gabriel y Galán, Picadas, Guadiloba, Alcuéscar y Ahigal
Cyanobacteria	<i>Anabaenopsis circularis</i>	Finisterre, Rosarito y El Castro
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	La Pinilla, Jerte, Portaje, Navamuño, Gabriel y Galán, Puentes Viejas, Riosequillo, Santillana/Manzanares, San Juan, San Juan, Picadas, Picadas, Rivera de Gata, Borbollón, Valdecañas, El Castro, Cedillo, Guadiloba, Aldea del Cano, Baños, Casar de Cáceres y Ahigal
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon gracile</i>	Torrejón Tajo, Navalcán, Finisterre, Rosarito, Salor, Ayuela, Petit I y Arroyo de la Luz o Molano
Cyanobacteria	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	Portaje, Torrejón Tiétar, Rosarito, Salor, Ayuela y Arroyo de la Luz o Molano
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	La Pinilla, Jerte, Puentes Viejas y El Burguillo
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa incerta</i>	Castrejón
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa sp.</i>	Ahigal
Haptophyta	<i>Chrysochromulina parva</i>	Finisterre, Gabriel y Galán, Bolarque, Buendía, San Juan, San Juan y Castrejón
Cyanobacteria	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	Rosarito
Heterokontophyta	<i>Dinobryon divergens</i>	Atazar, Entrepeñas, Bolarque
Cyanobacteria	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Jerte, Torrejón Tajo, Torrejón Tiétar, Riosequillo, San Juan, Picadas, Cazalegas, Alcántara II, Valdecañas y Cedillo
Cyanobacteria	<i>Microcystis flos-aquae</i>	Torrejón Tajo, Puentes Viejas y Arrocampo
Cyanobacteria	<i>Microcystis novacekii</i>	Torrejón Tajo y Valdecañas
Cyanobacteria	<i>Microcystis sp.</i>	Portaje, Santillana/Manzanares, San Juan, Cedillo y Guadiloba
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria agardhii</i>	Azután, Torrejón Tajo, Navalcán, Finisterre, Torrejón Tiétar, Alcorlo, Atazar, Rosarito, Arrocampo, Castrejón, El Castro y Salor
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria limnetica</i>	Navalcán, Torrejón Tiétar, Buendía, Rosarito, Castrejón, El Castro y Alcuéscar
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria planctonica</i>	Azután y Navalcán
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria sp.</i>	Torrejón Tiétar, Bolarque y Arrocampo
Cyanobacteria	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	Torrejón Tiétar, Aldea del Cano y Petit I
Cyanobacteria	<i>Woronichinia naegeliana</i>	La Pinilla, Portaje, Gabriel y Galán, Puentes Viejas, Riosequillo, Santillana/Manzanares, El Burguillo, San Juan, San Juan, Rivera de Gata, Borbollón, Cedillo, Aldea del Cano, Casar de Cáceres, Ahigal, Arroyo de la Luz o Molano

[5]

Evaluación del
estado trófico



Embalse de El Atance en Sigüenza, Guadalajara

LA EUTROFIZACIÓN NO NATURAL CONSISTE en la incorporación excesiva de nutrientes y materia orgánica alóctonos a un ecosistema acuático. Esto supone la alteración de las condiciones de equilibrio del ecosistema, induciendo desviaciones en sus características, en su composición biótica y en los procesos de sucesión natural (Margalef et al. 1976).

En el siguiente apartado se van a exponer los resultados obtenidos del estado de eutrofización de los embalses en cada una de las campañas de muestreo. Se va a analizar la eutrofización en función de tres parámetros, el biovolumen fitoplanctónico, la clorofila a planctónica y la profundidad del disco de Secchi.

5.1 EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DEL BIOVOLUMEN FITOPLANCTÓNICO

Con los datos de biovolumen se ha estimado el grado de eutrofización siguiendo las directrices marcadas en el protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton, elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, según el cual se establecen los rangos de eutrofización que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Tabla de valoración del grado de eutrofización en función del biovolumen (Willen 2000).

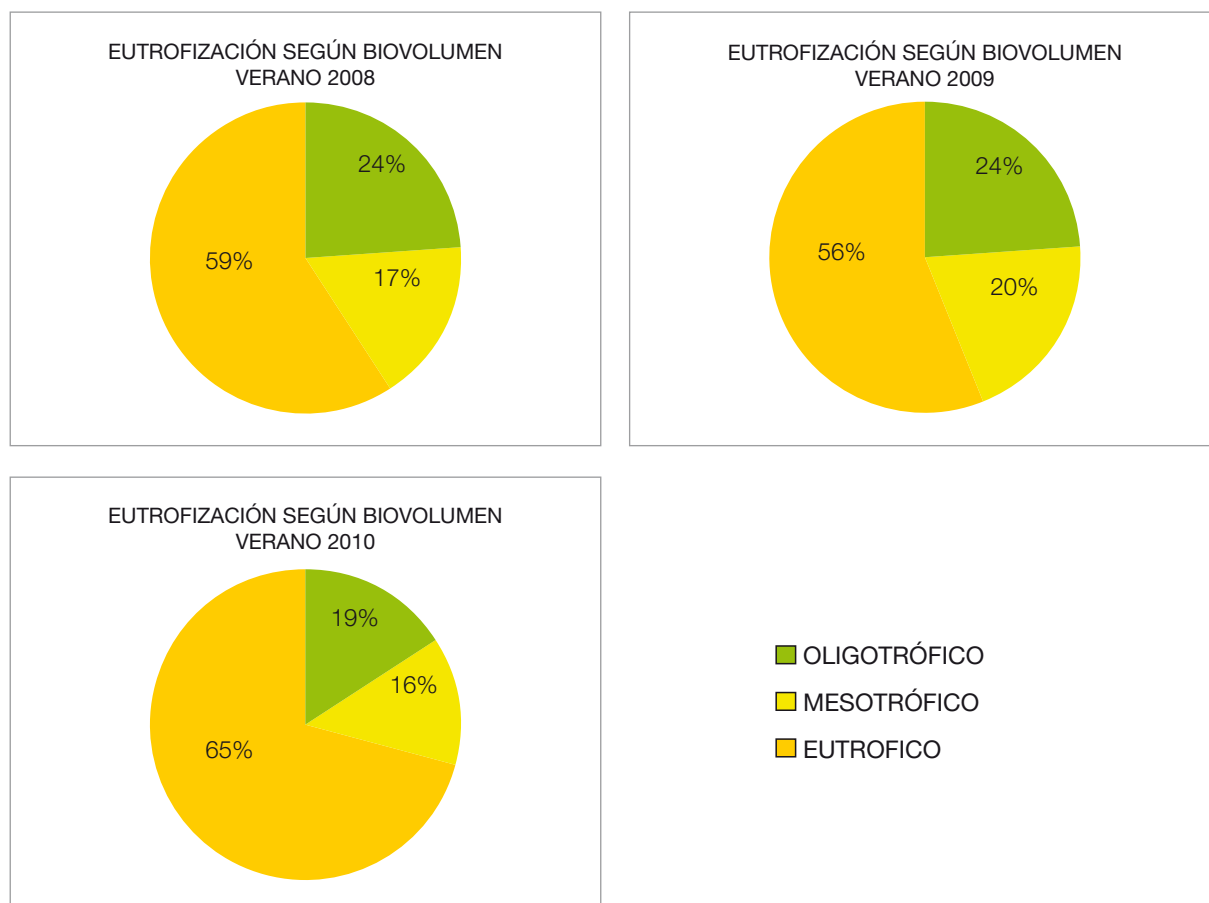
GRADO DE EUTROFIZACIÓN	BIOVOLUMEN (mm ³ /l)
OLIGOTRÓFICO	< 1
MESOTRÓFICO	$2,5 \geq x \geq 1$
EUTRÓFICO	> 2,5

Los límites de los niveles tróficos indicados en la tabla, son una media de los rangos considerados por 7 autores diferentes, recogidos en Willen (2000).

Para valorar el grado de eutrofización de los embalses de la cuenca del Tajo se ha tomado el peor valor obtenido en cada uno de ellos.

La Figura 11 muestra la distribución porcentual de la clasificación trófica obtenida con los valores del biovolumen fitoplanctónico en los embalses de la cuenca para cada una de las campañas.

Hay que tener en cuenta que la clasificación en función del biovolumen que se ha empleado sólo distingue 3 clases de estado trófico, y no 5 como en el caso de la clorofila y el disco de Secchi.

**Figura 11. Grado de eutrofización en función del biovolumen fitoplanctónico (Willen 2000) en cada una de las campañas de muestreo realizadas.**

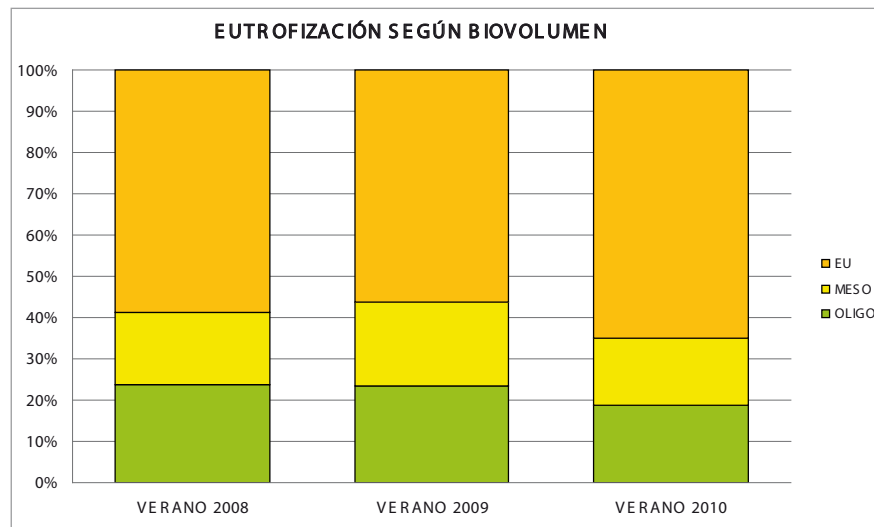
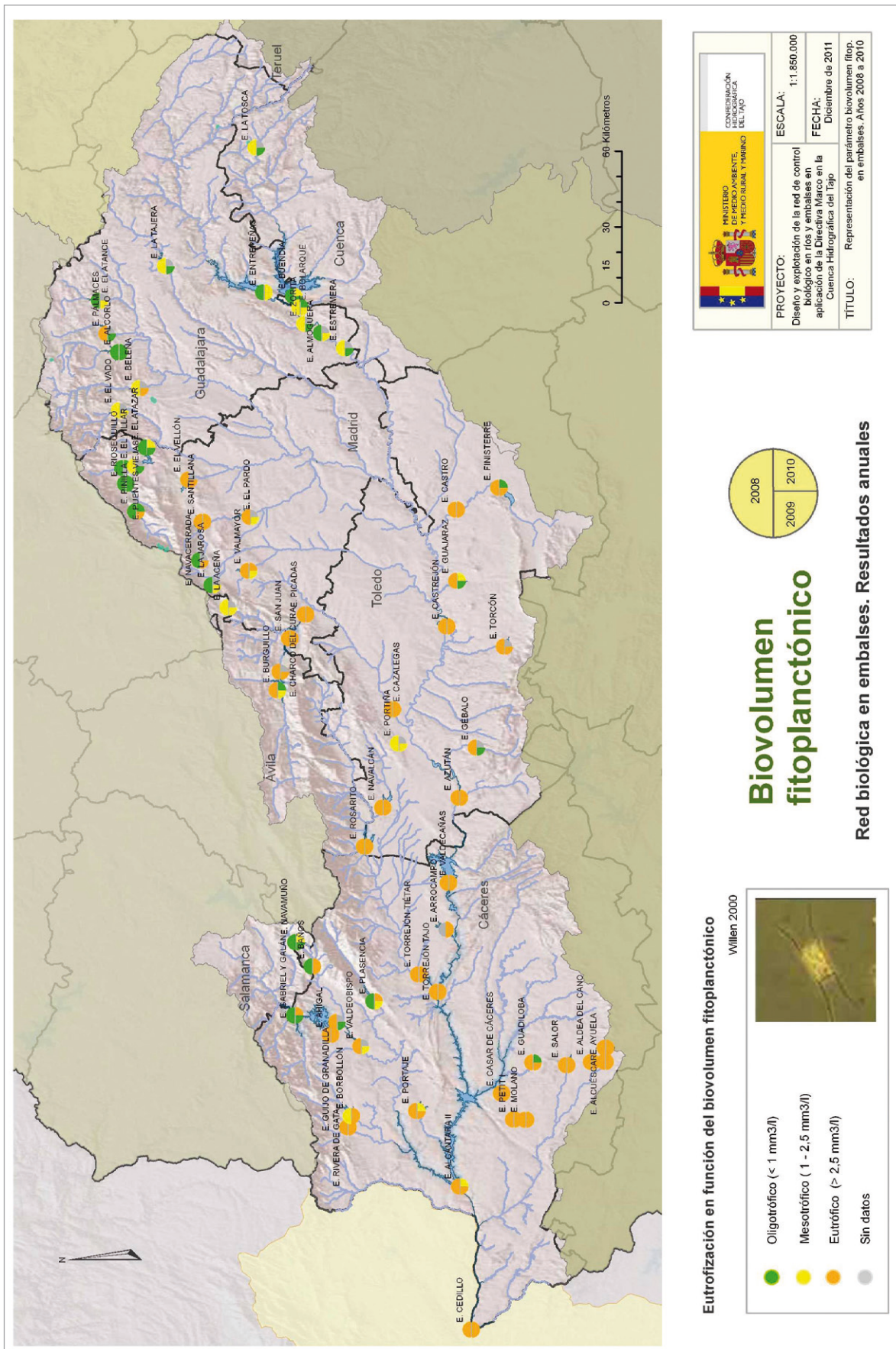


Figura 12. Representación del grado de eutrofización en función del biovolumen fitoplanctónico en las campañas de muestreo realizadas en verano.

Realizando la comparación entre las distintas campañas de muestreo (Figura 11 y Figura 12) se observa como la variación en los resultados es muy leve, existiendo pocas diferencias entre los resultados de unas campañas con respecto a otras.

Mapa 2. Eutrofización en función del biovolumen fitoplanctónico.



5.2 EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CLOROFILA A

Para completar del estudio del grado de eutrofización, se ha realizado además la valoración de los datos de concentración de clorofila a planctónica recogidos a lo largo de las distintas campañas de muestreo. Para la valoración se ha empleado la clasificación del Programa Internacional Cooperativo de la OCDE para la Supervisión de Aguas Interiores de 1982, que proporciona valores límite específicos para zonas templadas (Tabla 23).

Esta clasificación permite elegir entre dos valores de Cla: concentración media anual o máxima anual. A continuación se exponen los valores límite para la clasificación del grado de eutrofización empleando los máximos anuales de clorofila a planctónica.

Tabla 23. Eutrofización en función de la media anual de clorofila a.

GRADO DE EUTROFIZACIÓN	CLOROFILA (mg/l)
ULTRAOLIGOTRÓFICO	$< 2,5$
OLIGOTRÓFICO	$2,5 \leq x < 8$
MESOTRÓFICO	$8 \leq x < 25$
EUTRÓFICO	$25 \leq x \leq 75$
HIPEREUTRÓFICO	> 75

La Figura 13 muestra los resultados de la concentración de clorofila a para cada campaña de muestreo, mediante la valoración del grado de eutrofización según la OCDE para los embalses de la cuenca del Tajo.

Como puede observarse en la evolución de los resultados (Figura 13 y Figura 14), existen grandes diferencias entre los resultados obtenidos entre unas campañas y otras.

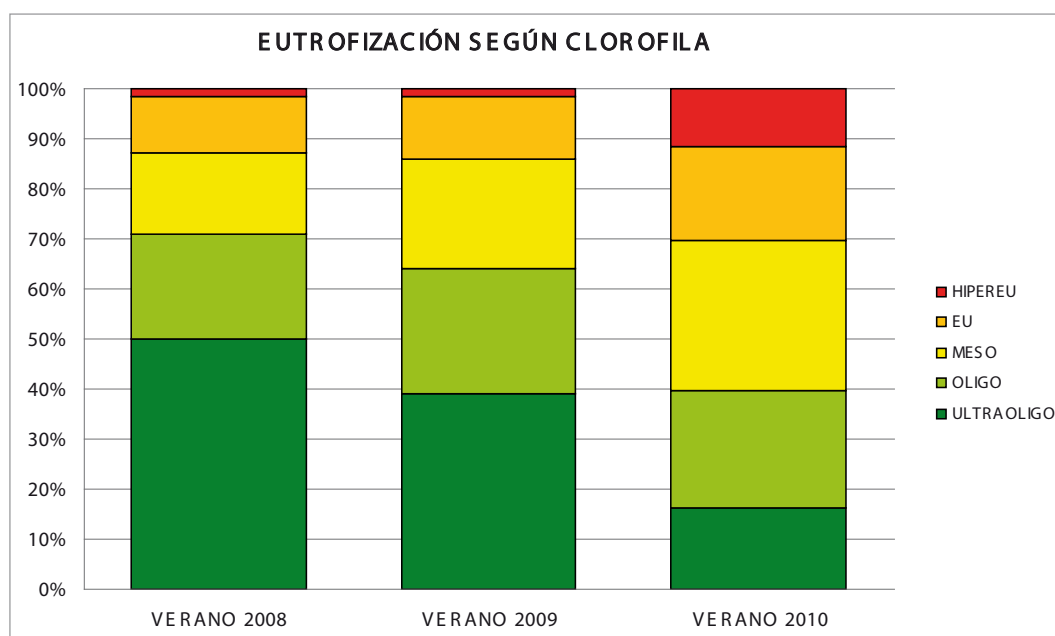


Figura 13. Representación del grado de eutrofización en función de la clorofila en las campañas de muestreo realizadas en verano.

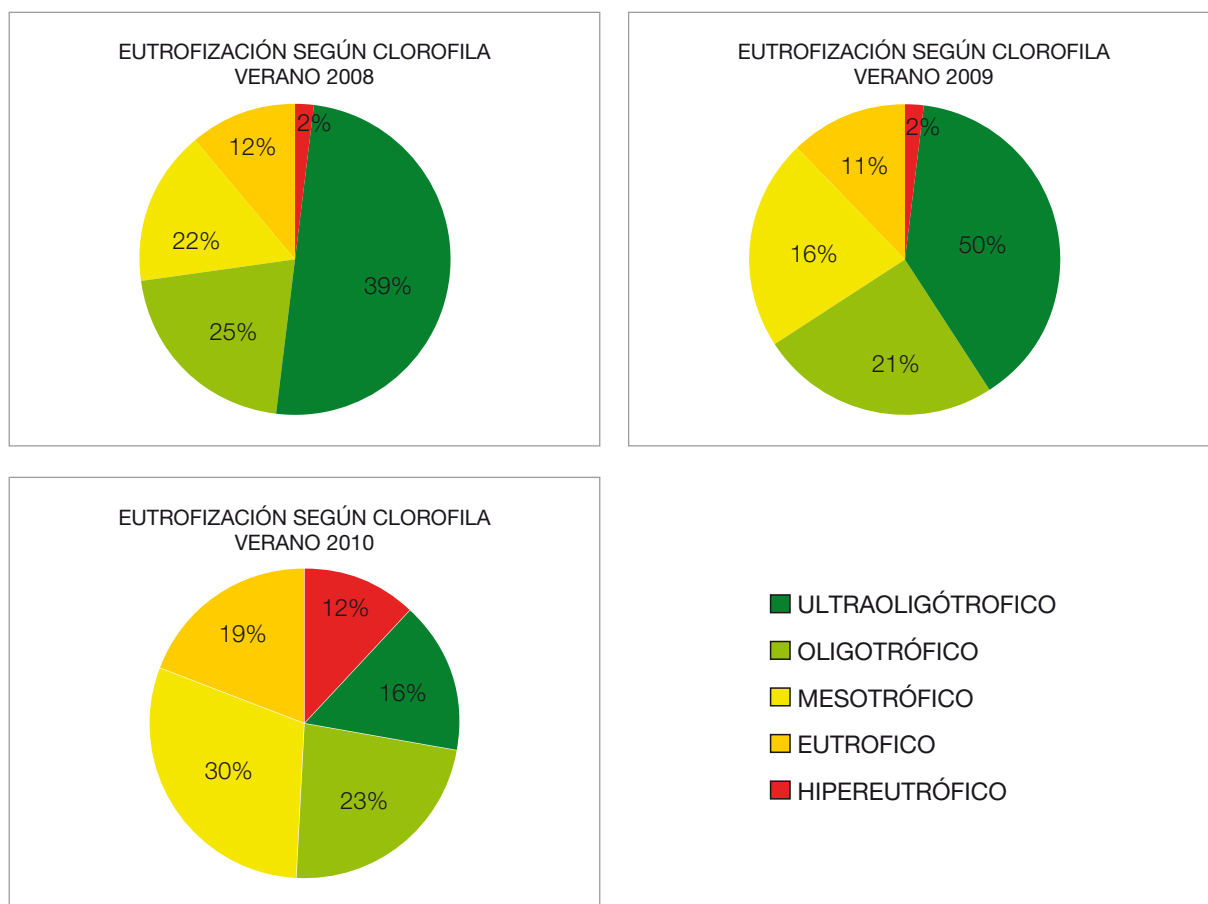
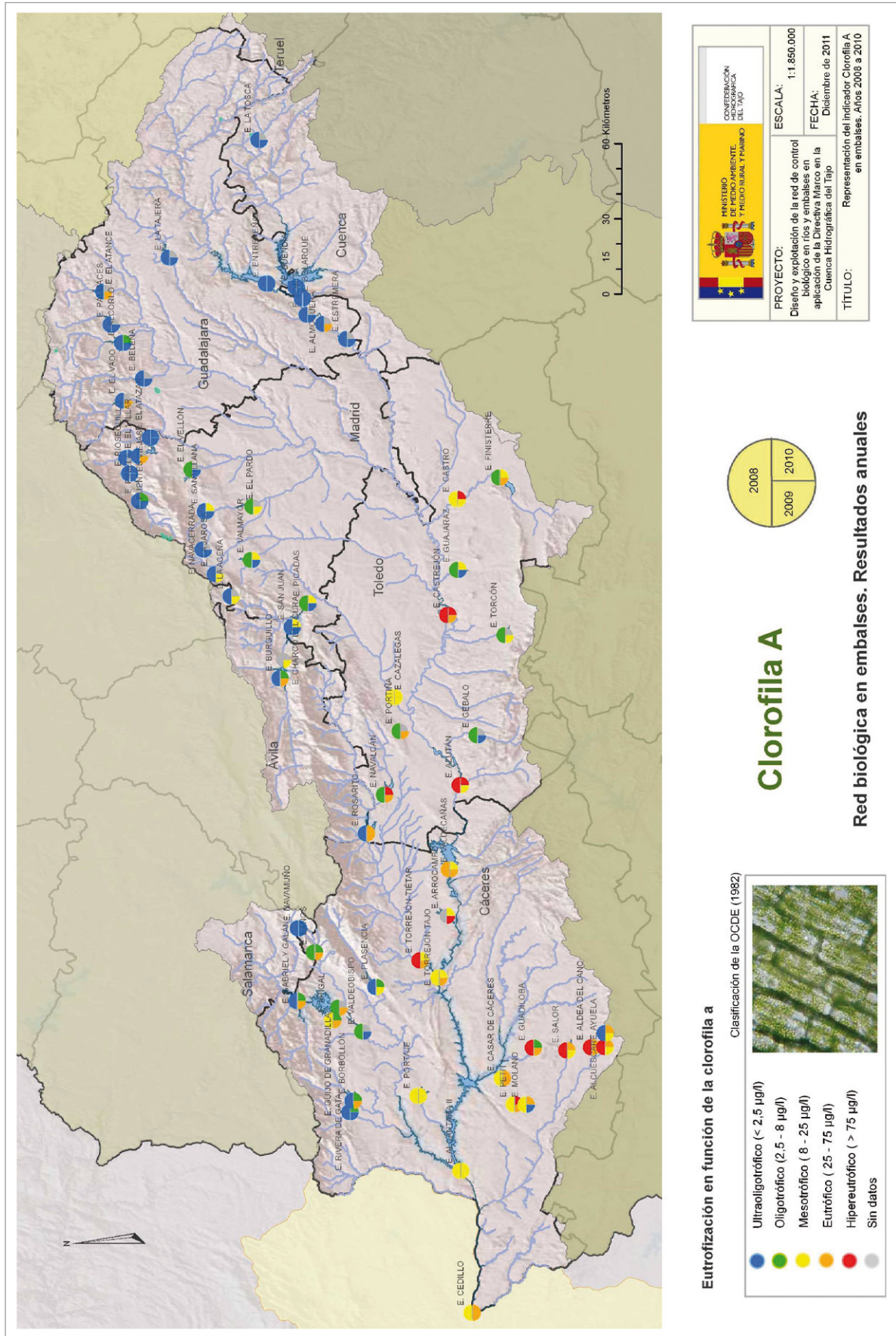


Figura 14. Grado de eutrofización en función de la concentración de clorofila (máxima anual, OCDE) en cada una de las campañas de muestreo realizadas.

La principal diferencia es la gran proporción de embalses ultraoligotróficos en las campañas de verano de 2008 y 2009. En estas campañas las masas de agua oligotróficas o ultraoligotróficas constituyen entorno al 65% del total de los embalses muestreados, mientras que en la campaña de verano de 2010 no llegan al 40%.

Mapa 3. Eutrofización en función de la clorofila a.



5.3 EUTROFIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL DISCO DE SECCHI

Por último, se ha determinado el grado de eutrofización de las masas de agua según la transparencia de las aguas, medida mediante el disco de Secchi. Para ello, se han comparado los valores obtenidos con los propuestos en la tabla de la OCDE (1982) que relaciona el grado de eutrofización con la profundidad del disco de Secchi.

Esta clasificación permite elegir entre dos valores de Secchi, bien la profundidad media anual o la mínima anual. Teniendo en cuenta esta clasificación, se ha calculado la profundidad del disco de Secchi con los datos de las distintas campañas de muestreo.

Tabla 24. Eutrofización en función de la profundidad mínima anual del disco de Secchi (OCDE).

GRADO DE EUTROFIZACIÓN	Profundidad (m)
HIPEREUTRÓFICO	$< 0,7$
EUTRÓFICO	$1,5 \geq x \geq 0,7$
MESOTRÓFICO	$3 \geq x > 1,5$
OLIGOTRÓFICO	$6 \geq x > 3$
ULTRAOLIGOTRÓFICO	> 6

Estudiando los resultados de eutrofización obtenidos mediante la profundidad del disco de Secchi (Figura 15 y Figura 16) se observan pocas diferencias entre las distintas campañas realizadas.

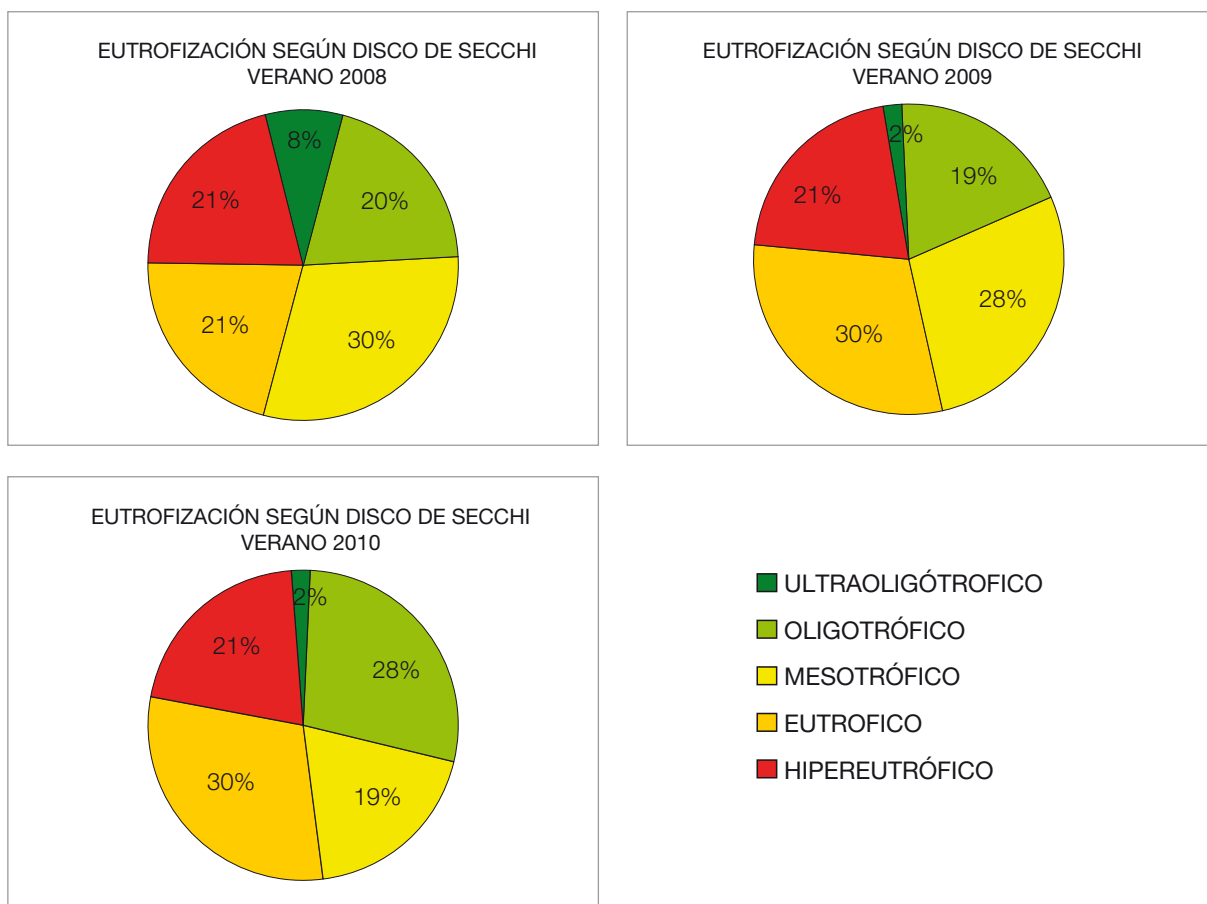


Figura 15. Grado de eutrofización en función del disco de Secchi (OCDE) en cada una de las campañas de muestreo realizadas.

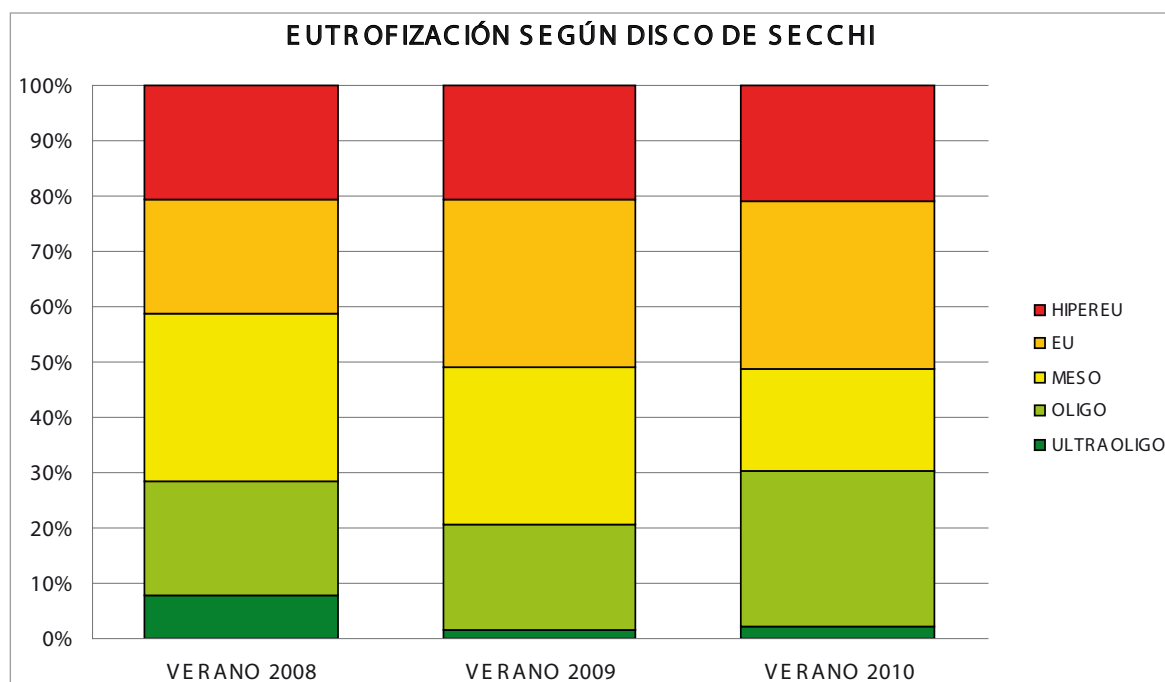
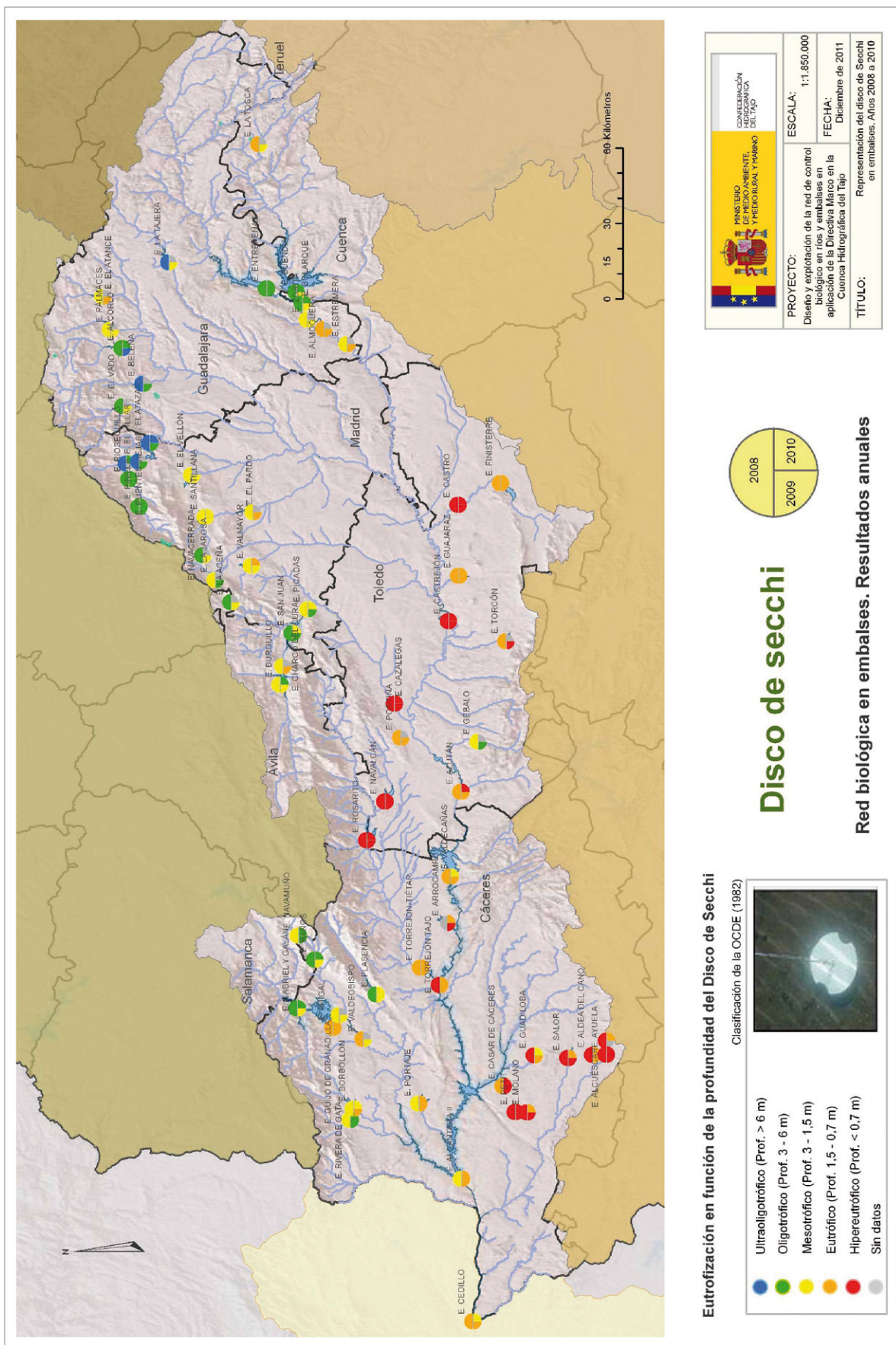


Figura 16. Representación del grado de eutrofización en función del disco de Secchi en cada una de las campañas de muestreo realizadas.

Mapa 4. Eutrofización en función de la profundidad del disco de Secchi.



[6]

Evaluación
del potencial
ecológico



Embalse de Torrejón-Tiétar en Toril, Cáceres

6.1 CONDICIONES DE REFERENCIA

Tal y como establece la DMA para la determinación del potencial ecológico de los embalses es necesario comparar los resultados obtenidos con un valor de referencia que corresponda con las mejores condiciones posibles para el tipo de embalse que se está estudiando.

Como se ha explicado en el capítulo 1, la cuenca del Tajo cuenta con embalses pertenecientes a todas las tipologías en que se clasifican las masas de agua muy modificadas, a excepción de la tipología 2 (zonas húmedas y temperaturas medias mayores de 15°C) y la tipología 13 (dimícticos).

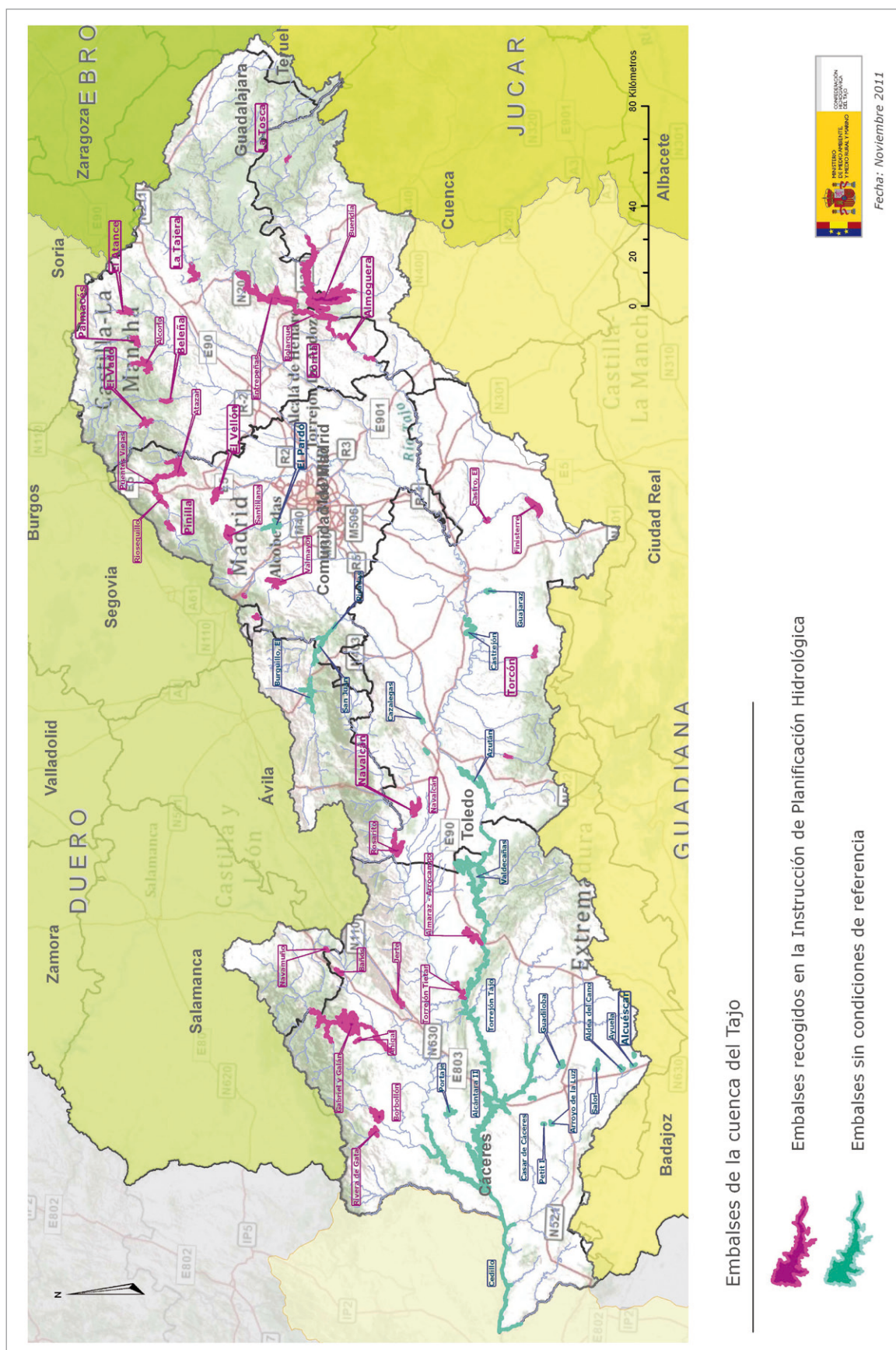
La Instrucción de Planificación Hidrológica establece unos valores de referencia y unos límites de buen potencial ecológico para los indicadores del elemento de calidad “fitoplancton”, tanto para los indicadores cuantitativos (clorofila y biovolumen) como para los cualitativos (IGA y porcentaje de biovolumen de cianobacterias).

No obstante, únicamente se establecen estos valores de referencia para las tipologías de embalses silíceos 1 y 3 y para las tipologías calcáreas 7, 8, 9, 10 y 11. En cambio en la IPH no se establecen valores de referencia para el resto de tipologías presentes en la cuenca del Tajo: 4, 5, 6, y 12. Para poder evaluar el potencial ecológico en estos embalses que no cuentan con condiciones de referencia en la IPH se ha aplicado el siguiente criterio: para las tipologías 4, 5 y 6 se emplean los valores de referencia de los embalses silíceos, y para la tipología 12 los valores de referencia de las tipologías calcáreas.

Tabla 25. Valores de condiciones de referencia y límite EQR entre potencial bueno y moderado de los indicadores de los elementos de calidad de embalses de las tipologías 1-3 (utilizados también para 4, 5 y 6) y de las tipologías 7-11 (utilizados también para 12).

Elemento	Parámetro	Indicador	Embalses silíceos Tipos 1-3 (4, 5 y 6)*		Embalses calcáreos Tipos 7-10-11 (12)*	
			Condición Referencia	EQR Bueno/mod.	Condición Referencia	EQR Bueno/mod.
Fitoplancton	Abundancia	Clorofila	2	0,21	2,6	0,43
	Biomasa	Biovolumen	0,36	0,19	0,76	0,36
	Composición	Índice Catalán (IGA)	0,1	0,89	0,61	0,93
		Porcentaje Cianobacterias	0	0,91	0	0,72

Mapa 5. Embalses con condiciones de referencia y sin condiciones de referencia en la IPH.



6.2 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO INDICADOR A INDICADOR

A pesar de que la evaluación del potencial ecológico deberá realizarse promediando los cuatro indicadores tras su transformación a una escala equivalente, se han querido presentar aquí los resultados obtenidos indicador a indicador, de forma que se pueda observar cuál o cuáles de ellos son responsables del potencial ecológico obtenido. La metodología de cálculo es la que se explica a continuación.

Con los resultados obtenidos para los indicadores clorofila a (Cla) y biovolumen fitoplanctónico (BioV), se calcula el *Ecological Quality Ratio* (EQR) o Ratio de Calidad Ecológico (RCE), como paso previo requerido en la valoración del potencial ecológico según la IPH. La fórmula empleada para el cálculo del EQR, para estos 2 indicadores, es la siguiente:

$$EQR_{Cla \& BioV} = \frac{\text{Máximo potencial ecológico}}{\text{Valor observado}}$$

Según establece la IPH, el EQR de clorofila y biovolumen se valoran dividiendo la condición de referencia entre el valor observado. Si el valor resultante de esta operación se encuentra por encima del límite “*bueno-moderado*”, se considera que el punto presenta un potencial ecológico *por encima de bueno*; en cambio, si el valor resultante está por debajo de dicho límite, el potencial ecológico estará *por debajo de bueno*.

En el caso de las cianobacterias la fórmula empleada para el cálculo del EQR es la que se muestra a continuación:

$$EQR_{\%Ciano} = \frac{100 - \% \text{ Cianobacterias observado}}{100 - \% \text{ Cianobacterias máximo potencial ecológico}}$$

En el caso de las cianobacterias, el dato que se emplea en la valoración es 100 - % biovolumen de cianobacterias, es decir, el porcentaje de ausencia de cianobacterias. Si este porcentaje es superior al límite “*bueno-moderado*” se catalogaría el punto con potencial ecológico *por encima de bueno* y si, por el contrario, el porcentaje es inferior al límite, se cataloga el punto con potencial ecológico *por debajo de bueno*.

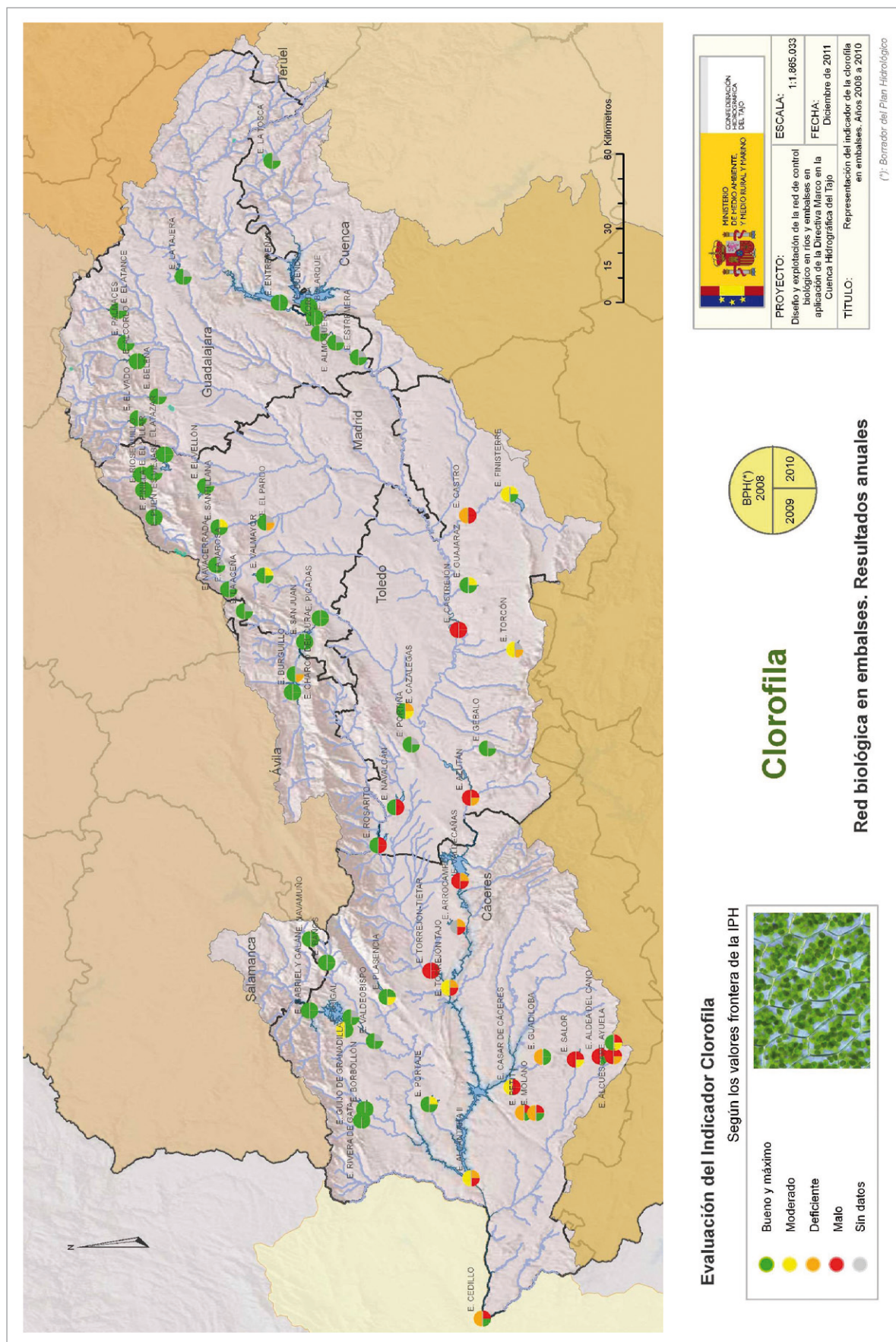
Para el Índice de Grupos Algales (IGA) el valor del EQR se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$EQR_{IGA} = \frac{400 - IGA \text{ observado}}{400 - IGA \text{ máximo potencial ecológico}}$$

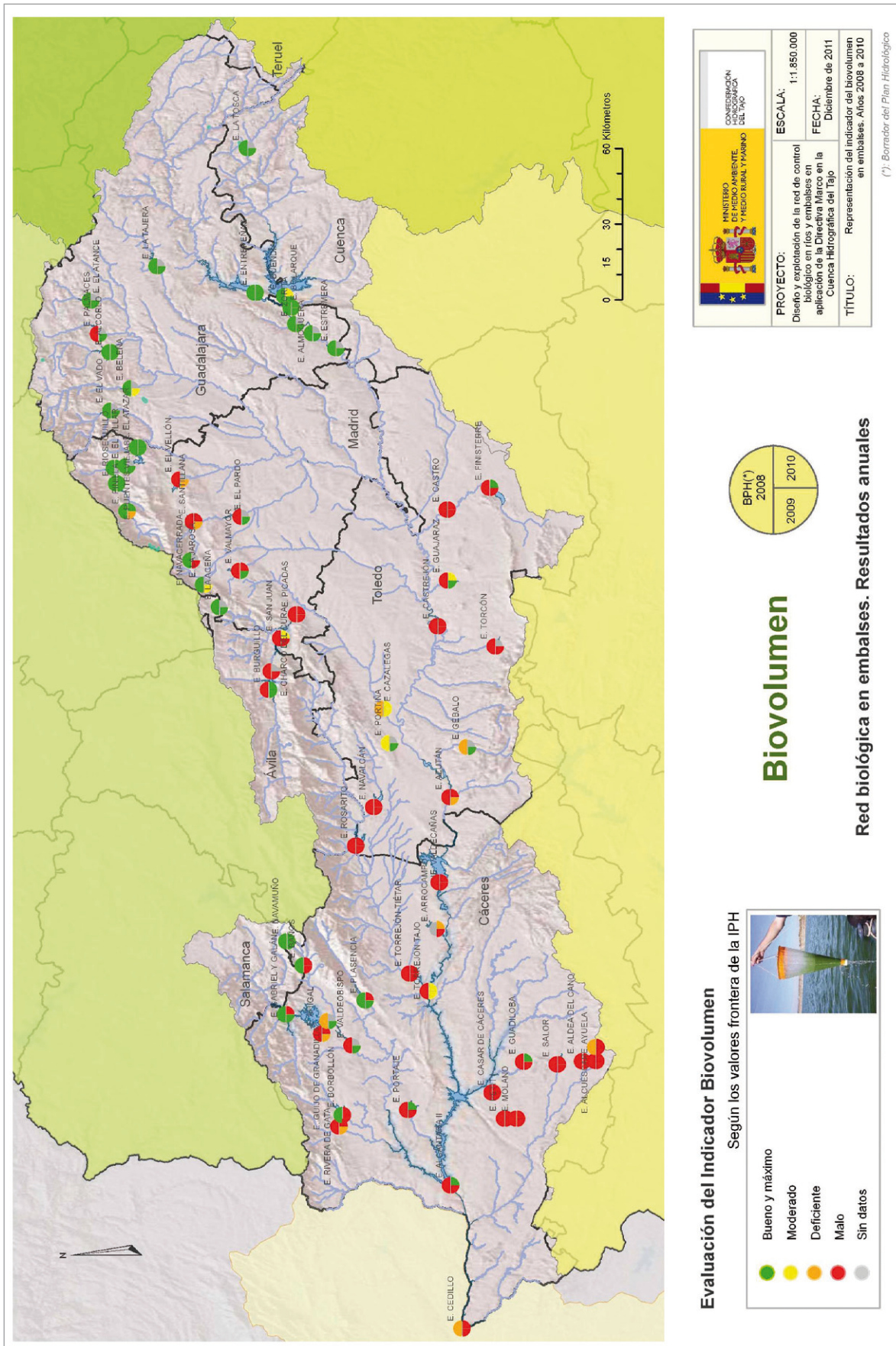
Del mismo modo que en el indicador anterior, si este valor es superior al límite “*bueno-moderado*” se catalogaría el punto con potencial ecológico *por encima de bueno* y si, por el contrario, el valor es inferior al límite, se cataloga el punto con potencial ecológico *por debajo de bueno*.

Los mapas siguientes muestran el potencial ecológico que se obtendría año a año mediante la aplicación individualizada de los cuatro indicadores anteriores. Dado que en la IPH sólo se establece un valor frontera (Bueno/Moderado) para poder clasificar el potencial ecológico en las 4 clases que establece la DMA, se han normalizado los EQR obtenidos, tal como se explica en el capítulo siguiente, y se ha empleado una escala propia de valoración (ver tabla 27, capítulo 6.3).

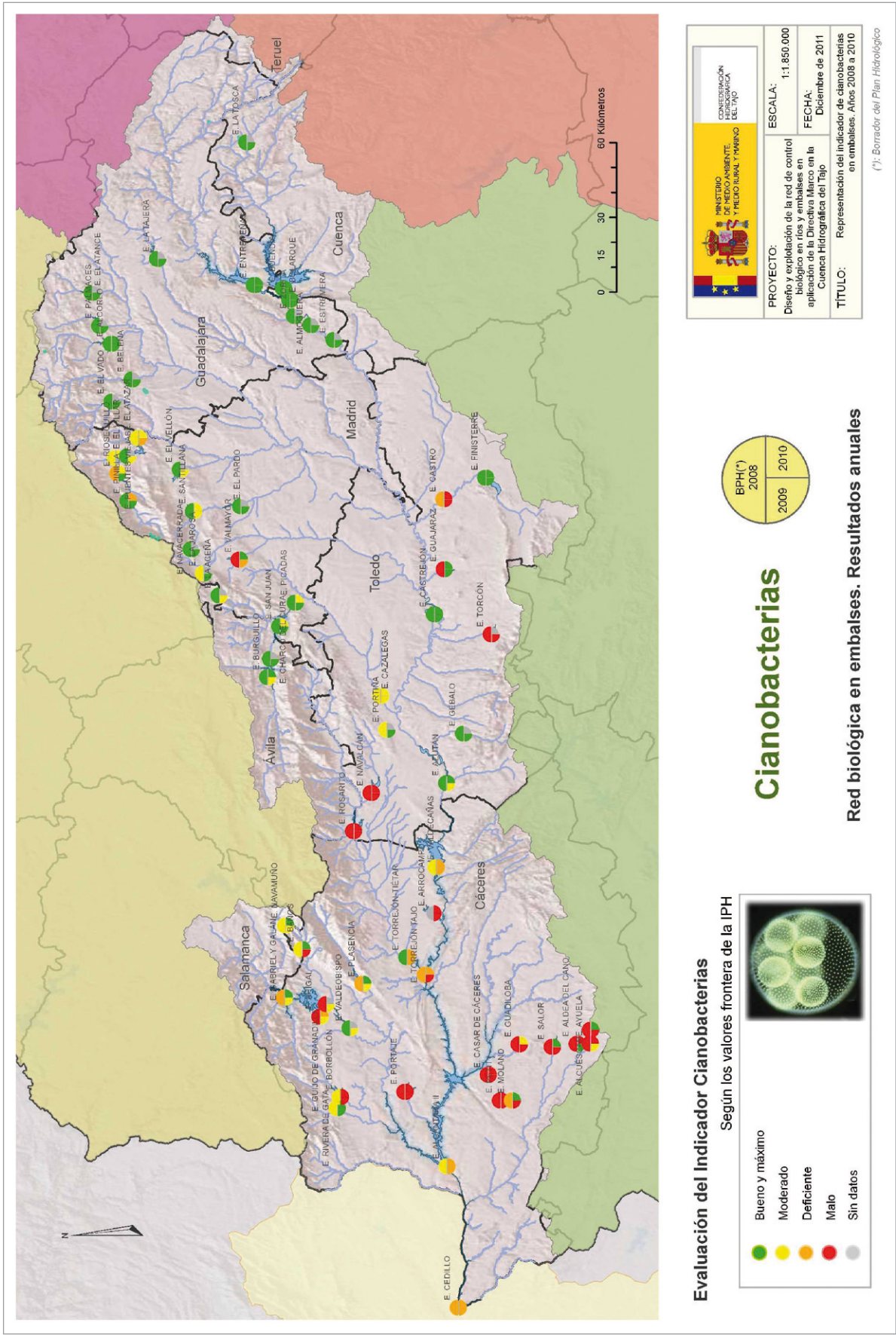
Mapa 6. Evaluación del Potencial Ecológico con la Clorofila a.



Mapa 7. Evaluación del Potencial Ecológico con Biovolumen.



Mapa 8. Evaluación del Potencial Ecológico con Cianobacterias.



Mapa 9. Evaluación del Potencial Ecológico con el IGA.



6.3 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO PROMEDIANDO LOS CUATRO INDICADORES

Como se ha comentado anteriormente, el punto 5.1.2.1.6 de la IPH establece que la evaluación del potencial ecológico deberá realizarse promediando los cuatro indicadores previa transformación a una escala equivalente. Por tanto, una vez obtenidos los valores de EQR de cada indicador, hay que llevar a cabo su transformación a una escala numérica equivalente, o EQR normalizado. Para ello:

- El EQR 0 se corresponde con el EQR normalizado 0
- El EQR de cambio entre las categorías >Bueno/<Bueno se corresponde con el EQR normalizado 0,6
- El EQR 1 se corresponde con el EQR normalizado 1

Para convertir los EQR obtenidos en EQR normalizados se deben aplicar, las ecuaciones que se detallan en la Tabla 26. Dado que los EQR deben ser valores comprendidos entre 0 y 1, y que en algunas circunstancias los cálculos pueden dar valores superiores a 1, todos los EQR que superen el valor de 1, bien antes o después de normalizarse, deben ser convertidos a 1.

Las gráficas de la Figuras 17 y 18 muestran las rectas obtenidas mediante la aplicación de las ecuaciones de normalización de los resultados del EQR para cada uno de los tipos de embalses así como para cada indicador biológico.

Tabla 26. Ecuaciones para la normalización de EQR en embalses.

TIPO DE EMBALSES	TIPOLOGÍAS	INDICADOR	ECUACIONES DE CÁLCULO
Silíceos	1, 2, 3 (4, 5 y 6)	Clorofila a ($\mu\text{g/l}$)	SI $\text{EQR} \leq 0,21$; $Y = 2,8571x$ SI $\text{EQR} > 0,21$; $Y = 0,5063x + 0,4937$
		Biovolumen (mm^3/l)	SI $\text{EQR} \leq 0,19$; $Y = 3,1579x$ SI $\text{EQR} > 0,19$; $Y = 0,4938x + 0,5062$
		IGA	SI $\text{EQR} \leq 0,9737$; $Y = 0,6162x$ SI $\text{EQR} > 0,9737$; $Y = 15,234x - 14,233$
		% Biovolumen Cianobacterias	SI $\text{EQR} \leq 0,91$; $Y = 0,6593x$ SI $\text{EQR} > 0,91$; $Y = 4,4444x - 3,4444$
TIPO DE EMBALSES	TIPOLOGÍAS	INDICADOR	ECUACIONES DE CÁLCULO
Calcáreos	7, 8, 9, 10, 11 (12)	Clorofila a ($\mu\text{g/l}$)	SI $\text{EQR} \leq 0,43$; $Y = 1,3953x$ SI $\text{EQR} > 0,43$; $Y = 0,7018x + 0,2982$
		Biovolumen (mm^3/l)	SI $\text{EQR} \leq 0,36$; $Y = 1,6667x$ SI $\text{EQR} > 0,36$; $Y = 0,625x + 0,375$
		IGA	SI $\text{EQR} \leq 0,9822$; $Y = 0,6108x$ SI $\text{EQR} > 0,9822$; $Y = 22,533x - 21,533$
		% Biovolumen Cianobacterias	SI $\text{EQR} \leq 0,72$; $Y = 0,8333x$ SI $\text{EQR} > 0,72$; $Y = 1,4286x - 0,4286$

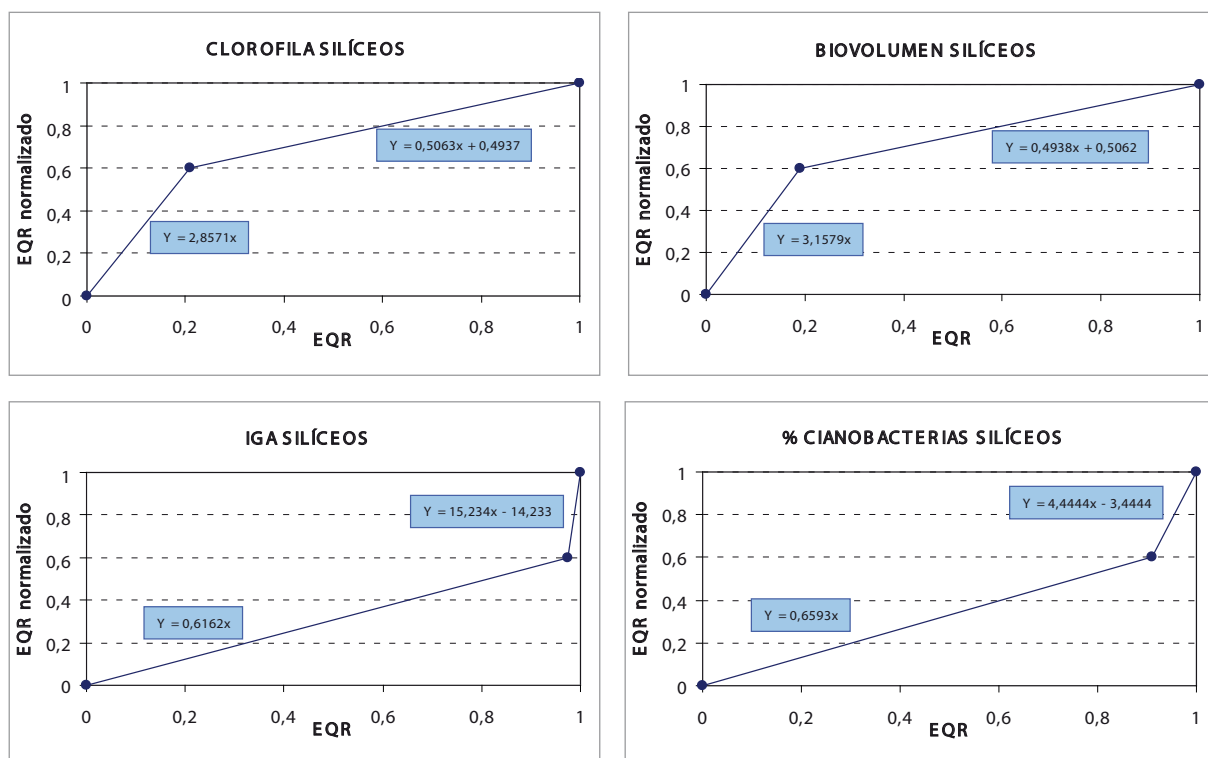


Figura 17. Gráficos con ecuaciones de normalización de EQR para tipologías 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

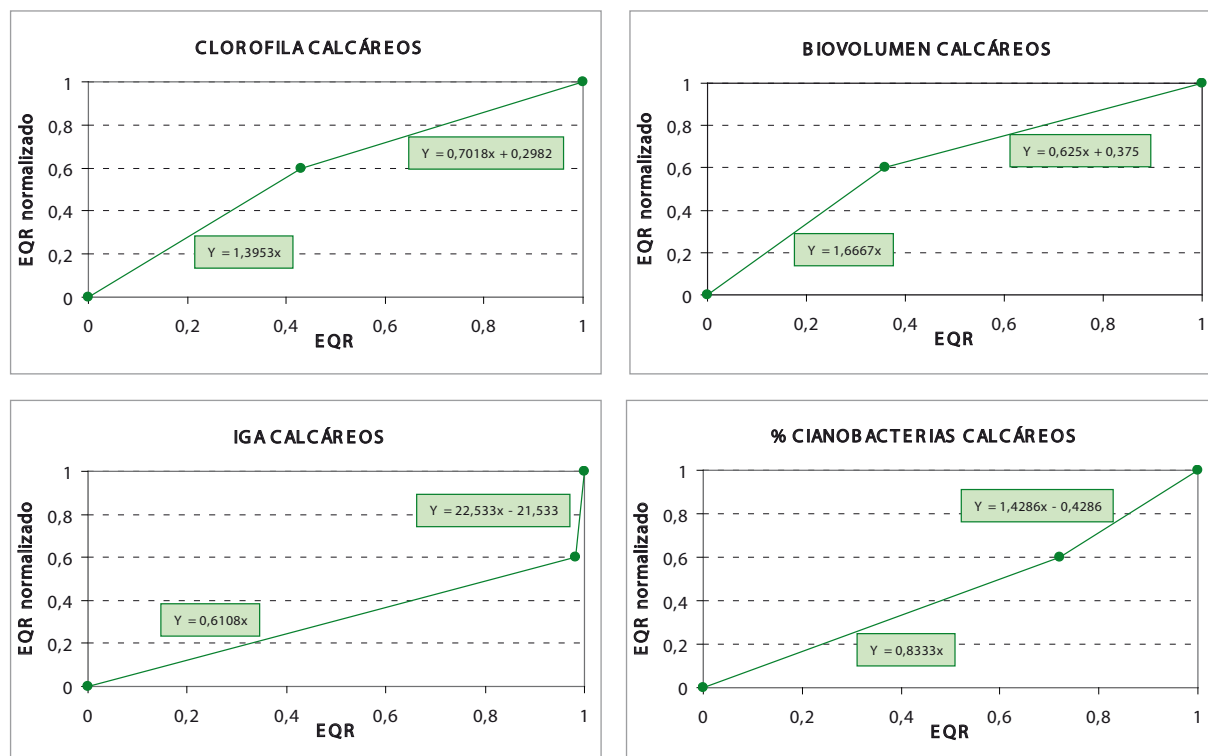


Figura 18. Gráficos con ecuaciones de normalización de EQR para tipologías 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

Para obtener el EQR normalizado del conjunto del embalse se seguirá el siguiente procedimiento:

- Se promediarán los EQR normalizados de los indicadores de abundancia/biomasa fitoplanctónica (Cla y Biovolumen)
- Se promediarán los EQR normalizados de los indicadores de composición fitoplanctónica (% Biovolumen de cianobacterias e IGA)
- Se promediarán los dos valores obtenidos en las operaciones previas para obtener un único valor de EQR para cada muestra.
- De este modo la fórmula que se debe aplicar para el cálculo del EQR normalizado promediado para cada muestra/embalse será:

$$EQR_{embalse} = \frac{\left(\frac{EQR_N \text{ Cla} + EQR_N \text{ BioV}}{2} + \frac{EQR_N \% \text{Ciano} + EQR_N \text{ IGA}}{2} \right)}{2}$$

La tabla 27 muestra los rangos de EQR que se emplean para asignar cada dato a una clase de calidad. La representación de colores que indica la DMA que debe seguirse para la presentación de resultados del potencial ecológico difiere de la que se indica para el estado ecológico (Tabla 28). A la hora de representar los datos valorados en las diferentes tablas de resultados se ha optado sin embargo por asignar colores “planos” y no con franjas grises para facilitar la legibilidad de los mismos.

Tabla 27. Escala de clasificación del potencial ecológico en embalses según los valores de los EQR normalizados promedio.

LÍMITE DE CLASE POTENCIAL ECOLÓGICO	UMBRALES DEL EQR NORMALIZADO PROMEDIO
BUENO o SUPERIOR	$X \geq 0,6$
MODERADO	$0,4 < X < 0,6$
DEFICIENTE	$0,2 < X \leq 0,4$
MALO	$X \leq 0,2$

Tabla 28. Representación gráfica del potencial ecológico según la DMA.

MASAS DE AGUA		
	ARTIFICIALES	MUY MODIFICADAS
Bueno o superior	FRANJAS VERDES Y GRIS CLARO	FRANJAS VERDES Y GRIS OSCURO
Moderado	FRANJAS AMARILLAS Y GRIS CLARO	FRANJAS AMARILLAS Y GRIS OSCURO
Deficiente	FRANJAS NARANJAS Y GRIS CLARO	FRANJAS NARANJAS Y GRIS OSCURO
Malo	FRANJAS ROJAS Y GRIS CLARO	FRANJAS ROJAS Y GRIS OSCURO

Una vez explicada la metodología de evaluación del potencial ecológico y las condiciones de referencia de los embalses en función de la tipología a la que pertenecen, a continuación se exponen los resultados del potencial ecológico de forma tabulada por embalse y por campaña.

Tabla 29. Valoración global del potencial ecológico de los embalses muestreados en 2008, 2009 y 2010. Tipologías 4, 5 y 6 valoradas según condiciones de referencia para embalses silíceos (tipologías 1- 3). Tipología 12 valorada según condiciones de referencia para embalses calcáreos (tipologías 7-11).

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA			Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20706	Aceña, La	1	2008	1,429	0,63	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	3,56	0,84	BUENO O SUPERIOR	9,32	0,65	BUENO O SUPERIOR	0,78 BUENO O SUPERIOR
20706	Aceña, La	1	2009	1,312	0,64	BUENO O SUPERIOR	8,3	0,62	BUENO O SUPERIOR	15,31	0,56	MODERADO	26,96	0,57	MODERADO	0,6 MODERADO
20761	Ahigal	1	2008	20,146	0,06	MALO	11,9	0,48	MODERADO	89,2	0,07	MALO	334,67	0,1	MALO	0,18 MALO
20761	Ahigal	1	2009	3,994	0,28	DEFICIENTE	7,2	0,63	BUENO O SUPERIOR	34,35	0,43	MODERADO	2,37	0,91	BUENO O SUPERIOR	0,57 MODERADO
20761	Ahigal	1	2010	6,572	0,17	MALO	2,8	0,86	BUENO O SUPERIOR	42,39	0,38	DEFICIENTE	2,29	0,92	BUENO O SUPERIOR	0,58 MODERADO
20719	Alcántara II	6	2008	8,946	0,13	MALO	12	0,48	MODERADO	0,82	0,96	BUENO O SUPERIOR	51,62	0,54	MODERADO	0,53 MODERADO
20719	Alcántara II	6	2009	7,917	0,14	MALO	21,8	0,26	DEFICIENTE	69,13	0,2	DEFICIENTE	281,72	0,18	MALO	0,2 MALO
20719	Alcántara II	6	2010	1,052	0,68	BUENO O SUPERIOR	15,6	0,37	DEFICIENTE	54,19	0,3	DEFICIENTE	218,2	0,28	DEFICIENTE	0,41 MODERADO
20697	Alcorlo	7	2008	0,691	1	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	12,25	0,82	BUENO O SUPERIOR	2,11	0,92	BUENO O SUPERIOR	0,94 BUENO O SUPERIOR
20697	Alcorlo	7	2009	0,217	1	BUENO O SUPERIOR	2,4	1	BUENO O SUPERIOR	10,31	0,85	BUENO O SUPERIOR	0,43	1	BUENO O SUPERIOR	0,96 BUENO O SUPERIOR
20697	Alcorlo	7	2010	0,606	1	BUENO O SUPERIOR	2,6	1	BUENO O SUPERIOR	25,26	0,64	BUENO O SUPERIOR	84,13	0,48	MODERADO	0,78 BUENO O SUPERIOR
20740	Alcuéscar	4	2008	5,21	0,22	DEFICIENTE	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	83,82	0,11	MALO	18,53	0,59	MODERADO	0,48 MODERADO
20740	Alcuéscar	4	2009	94,059	0,01	MALO	12,5	0,46	MODERADO	93,34	0,04	MALO	62,04	0,52	MODERADO	0,26 DEFICIENTE
20740	Alcuéscar	4	2010	33,168	0,03	MALO	52,8	0,11	MALO	2,3	0,9	BUENO O SUPERIOR	1,49	0,95	BUENO O SUPERIOR	0,5 MODERADO
20728	Aldea del Cano	4	2008	38,489	0,03	MALO	39,4	0,15	MALO	84,9	0,1	MALO	31,39	0,57	MODERADO	0,21 DEFICIENTE
20728	Aldea del Cano	4	2009	29,67	0,04	MALO	4,3	0,73	BUENO O SUPERIOR	1,03	0,95	BUENO O SUPERIOR	0,77	0,98	BUENO O SUPERIOR	0,67 BUENO O SUPERIOR

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA			EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N		
20684	Almoguera	11	2008	0,491	1	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	2,43	0,9	BUENO O SUPERIOR	0,97	BUENO O SUPERIOR
20684	Almoguera	11	2009	1,331	0,73	BUENO O SUPERIOR	2,5	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,49	1	BUENO O SUPERIOR	0,93	BUENO O SUPERIOR
20721	Arrocampo	10	2009	23,71	0,05	MALO	80,5	0,05	MALO	97,48	0,02	MALO	375,03	0,04	MALO	0,04	MALO
20721	Arrocampo	10	2010	5,516	0,23	DEFICIENTE	11,1	0,33	DEFICIENTE	94,78	0,04	MALO	348,5	0,08	MALO	0,17	MALO
20763	Arroyo de la Luz o Molano	4	2008	23,385	0,05	MALO	18,1	0,32	DEFICIENTE	52,46	0,31	DEFICIENTE	110,76	0,45	MODERADO	0,28	DEFICIENTE
20763	Arroyo de la Luz o Molano	4	2009	22,52	0,05	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	88,57	0,08	MALO	246,45	0,24	DEFICIENTE	0,34	DEFICIENTE
20763	Arroyo de la Luz o Molano	4	2010	18,25	0,06	MALO	34,5	0,17	MALO	1,49	0,93	BUENO O SUPERIOR	2,17	0,92	BUENO O SUPERIOR	0,52	MODERADO
20695	Atance, El	7	2008	0,589	1	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0,03	1	BUENO O SUPERIOR	22,89	0,58	MODERADO	0,89	BUENO O SUPERIOR
20695	Atance, El	7	2009	1,353	0,73	BUENO O SUPERIOR	4,2	0,73	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	78,54	0,49	MODERADO	0,74	BUENO O SUPERIOR
20702	Atazar	1	2008	0,131	1	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	17,37	0,54	MODERADO	1,44	0,95	BUENO O SUPERIOR	0,87	BUENO O SUPERIOR
20702	Atazar	1	2009	0,348	1	BUENO O SUPERIOR	1,4	1	BUENO O SUPERIOR	88,24	0,08	MALO	44,39	0,55	MODERADO	0,66	BUENO O SUPERIOR
20702	Atazar	1	2010	1,751	0,61	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	9,39	0,6	MODERADO	20,45	0,58	MODERADO	0,7	BUENO O SUPERIOR
20729	Ayuela	4	2008	116,882	0,01	MALO	49,5	0,12	MALO	96,93	0,02	MALO	332,98	0,1	MALO	0,06	MALO
20729	Ayuela	4	2009	61,482	0,02	MALO	22,7	0,25	DEFICIENTE	28,78	0,47	MODERADO	42,56	0,55	MODERADO	0,32	DEFICIENTE
20729	Ayuela	4	2010	34,725	0,03	MALO	64	0,09	MALO	96,17	0,03	MALO	388,43	0,02	MALO	0,04	MALO
20682	Azután	12	2008	56,687	0,02	MALO	56,5	0,06	MALO	21,25	0,7	BUENO O SUPERIOR	26,26	0,57	MODERADO	0,34	DEFICIENTE
20682	Azután	12	2009	5,598	0,23	DEFICIENTE	12,6	0,29	DEFICIENTE	38,12	0,52	MODERADO	39,83	0,55	MODERADO	0,4	DEFICIENTE
20682	Azután	12	2010	94,48	0,01	MALO	94,9	0,04	MALO	0,59	0,99	BUENO O SUPERIOR	12,25	0,59	MODERADO	0,41	MODERADO

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA		EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20738	Baños	1	2008	0,923	0,7	BUENO O SUPERIOR	3	0,83	BUENO O SUPERIOR	25,14	0,49	MODERADO	51,87	0,54	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20738	Baños	1	2009	8,691	0,13	MALO	5,8	0,67	BUENO O SUPERIOR	78,92	0,14	MALO	11,3	0,57	MODERADO	DEFICIENTE
20738	Baños	1	2010	7,766	0,15	MALO	3,6	0,77	BUENO O SUPERIOR	2,51	0,89	BUENO O SUPERIOR	4,21	0,84	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20701	Beleña	7	2008	1,787	0,64	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0,23	1	BUENO O SUPERIOR	163,86	0,36	DEFICIENTE	BUENO O SUPERIOR
20701	Beleña	7	2009	2,683	0,47	MODERADO	1,06	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,02	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20708	Bolarque	11	2008	1,818	0,64	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,04	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20708	Bolarque	11	2009	1,937	0,62	BUENO O SUPERIOR	2,1	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,34	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20708	Bolarque	11	2010	0,185	1	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	2,27	0,97	BUENO O SUPERIOR	3,2	0,85	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20716	Borbollón	1	2008	1,061	0,67	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	12,7	0,58	MODERADO	7,5	0,72	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20716	Borbollón	1	2009	30,159	0,04	MALO	6,6	0,65	BUENO O SUPERIOR	98,63	0,01	MALO	142,44	0,4	DEFICIENTE	DEFICIENTE
20716	Borbollón	1	2010	33,338	0,03	MALO	6,6	0,65	BUENO O SUPERIOR	98,86	0,01	MALO	137,22	0,4	MODERADO	DEFICIENTE
20710	Buendía	11	2008	0,333	1	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0,05	1	BUENO O SUPERIOR	0,06	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20710	Buendía	11	2009	0,746	1	BUENO O SUPERIOR	0,8	1	BUENO O SUPERIOR	3,23	0,95	BUENO O SUPERIOR	0,15	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20710	Buendía	11	2010	2,35	0,54	MODERADO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,02	1	BUENO O SUPERIOR	53,18	0,53	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20709	Burguillos, El	5	2008	26,158	0,04	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,39	0,98	BUENO O SUPERIOR	2,79	0,9	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20709	Burguillos, El	5	2009	1,649	0,61	BUENO O SUPERIOR	5,6	0,67	BUENO O SUPERIOR	30,93	0,46	MODERADO	96,9	0,47	MODERADO	MODERADO
20709	Burguillos, El	5	2010	0,557	0,83	BUENO O SUPERIOR	2,6	0,88	BUENO O SUPERIOR	2,73	0,88	BUENO O SUPERIOR	0,13	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20739	Casar de Cáceres	4	2008	9,305	0,12	MALO	9,7	0,59	MODERADO	93,54	0,04	MALO	232,9	0,26	DEFICIENTE	DEFICIENTE

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA		EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20739	Casar de Cáceres	4	2009	296,412	0	MALO	33,7	0,17	MALO	98,88	0,01	MALO	397,11	0	MALO	MALO
20739	Casar de Cáceres	4	2010	323,712	0	MALO	38,8	0,15	MALO	98,24	0,01	MALO	393,96	0,01	MALO	MALO
20722	Castrejón	12	2008	13,738	0,09	MALO	39,5	0,09	MALO	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,69	1	BUENO O SUPERIOR	MODERADO
20722	Castrejón	12	2009	34,706	0,04	MALO	57,5	0,06	MALO	1,54	0,98	BUENO O SUPERIOR	1,1	0,97	BUENO O SUPERIOR	MODERADO
20722	Castrejón	12	2010	49,662	0,03	MALO	109	0,03	MALO	0,26	1	BUENO O SUPERIOR	1,05	0,98	BUENO O SUPERIOR	MODERADO
20723	Castro, El	11	2008	16,815	0,08	MALO	17,4	0,21	DEFICIENTE	59,05	0,34	DEFICIENTE	245,34	0,24	DEFICIENTE	DEFICIENTE
20723	Castro, El	11	2009	18,285	0,07	MALO	23,7	0,15	MALO	77,8	0,18	MALO	15	0,59	MODERADO	DEFICIENTE
20723	Castro, El	11	2010	36,466	0,03	MALO	105,8	0,03	MALO	78,65	0,18	MALO	31,29	0,56	MODERADO	DEFICIENTE
20718	Cazalegas	5	2008	2,92	0,39	DEFICIENTE	8	0,62	BUENO O SUPERIOR	21,14	0,52	MODERADO	15,19	0,59	MODERADO	MODERADO
20718	Cazalegas	5	2009	2,728	0,42	MODERADO	9,6	0,6	MODERADO	33,54	0,44	MODERADO	90,09	0,48	MODERADO	MODERADO
20718	Cazalegas	5	2010	2,83	0,4	MODERADO	22,5	0,25	DEFICIENTE	11,53	0,58	MODERADO	14,01	0,59	MODERADO	MODERADO
20725	Cedillo	6	2008	6,544	0,17	MALO	16,5	0,35	DEFICIENTE	85,5	0,1	MALO	344,41	0,09	MALO	MALO
20725	Cedillo	6	2009	6,743	0,17	MALO	3,1	0,82	BUENO O SUPERIOR	61,84	0,25	DEFICIENTE	160,28	0,37	DEFICIENTE	MODERADO
20725	Cedillo	6	2010	7,703	0,15	MALO	29,8	0,19	MALO	42,76	0,38	DEFICIENTE	45,69	0,55	MODERADO	DEFICIENTE
20705	Entrepeñas	11	2008	0,542	1	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,04	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20705	Entrepeñas	11	2009	1,959	0,62	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,02	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20705	Entrepeñas	11	2010	1,242	0,76	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	128,36	0,42	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20690	Estremera	11	2008	1,627	0,67	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,3	1	BUENO O SUPERIOR	0,29	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA		EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20690	Estremera	11	2009	0,565	1	BUENO O SUPERIOR	0,8	1	BUENO O SUPERIOR	5,95	0,91	BUENO O SUPERIOR	1,23	0,97	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20686	Finisterre	10	2008	17,135	0,07	MALO	7,2	0,5	MODERADO	0,77	0,99	BUENO O SUPERIOR	1,56	0,95	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20686	Finisterre	10	2009	14,342	0,09	MALO	2,5	1	BUENO O SUPERIOR	0,87	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,23	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20686	Finisterre	10	2010	0,721	1	BUENO O SUPERIOR	8,2	0,44	MODERADO	8,41	0,88	BUENO O SUPERIOR	14,57	0,59	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20692	Gabriel y Galán	3	2008	0,43	0,92	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	72,65	0,18	MALO	11,92	0,55	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20692	Gabriel y Galán	3	2009	0,179	1	BUENO O SUPERIOR	3,3	0,8	BUENO O SUPERIOR	43,9	0,37	DEFICIENTE	23,96	0,58	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20692	Gabriel y Galán	3	2010	51,156	0,02	MALO	3,2	0,81	BUENO O SUPERIOR	0,19	0,99	BUENO O SUPERIOR	1,61	0,94	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20726	Guadiloba	4	2008	177,937	0,01	MALO	27,2	0,21	DEFICIENTE	97,47	0,02	MALO	104,33	0,46	MODERADO	MALO
20726	Guadiloba	4	2009	92,095	0,01	MALO	3,4	0,79	BUENO O SUPERIOR	95,95	0,03	MALO	68,46	0,51	MODERADO	DEFICIENTE
20726	Guadiloba	4	2010	0,906	0,7	BUENO O SUPERIOR	3,1	0,82	BUENO O SUPERIOR	22,43	0,51	MODERADO	4,93	0,82	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20724	Guajaraz	4	2008	10,033	0,11	MALO	5	0,7	BUENO O SUPERIOR	72,83	0,18	MALO	39,2	0,56	MODERADO	DEFICIENTE
20724	Guajaraz	4	2009	0,854	0,71	BUENO O SUPERIOR	0,5	1	BUENO O SUPERIOR	0,01	1	BUENO O SUPERIOR	0,17	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20724	Guajaraz	4	2010	1,981	0,57	MODERADO	11,7	0,49	MODERADO	0,96	0,96	BUENO O SUPERIOR	10,49	0,61	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20713	Guijo de Granadilla	3	2008	5,193	0,22	DEFICIENTE	3	0,83	BUENO O SUPERIOR	89,24	0,07	MALO	38,07	0,56	MODERADO	MODERADO
20713	Guijo de Granadilla	3	2009	0,819	0,72	BUENO O SUPERIOR	4,3	0,73	BUENO O SUPERIOR	33,75	0,44	MODERADO	173,81	0,35	DEFICIENTE	MODERADO
20677	Jarosa, La	1	2008	0,998	0,68	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	9,66	0,6	MODERADO	0,26	0,99	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20677	Jarosa, La	1	2009	2,168	0,52	MODERADO	9,1	0,6	BUENO O SUPERIOR	3,31	0,85	BUENO O SUPERIOR	7,56	0,72	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20680	Jerte o Plasencia	1	2009	1,883	0,6	BUENO O SUPERIOR	10,4	0,55	MODERADO	12,47	0,58	MODERADO	15,13	0,59	MODERADO	MODERADO

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA		EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20680	Jerte o Plasencia	1	2008	0,38	0,97	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	46,45	0,35	DEFICIENTE	7,34	0,73	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20680	Jerte o Plasencia	1	2010	6,33	0,18	MALO	5,5	0,68	BUENO O SUPERIOR	2,85	0,87	BUENO O SUPERIOR	0,84	0,97	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20676	Navacerrada	1	2008	0,329	1	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	3,01	0,87	BUENO O SUPERIOR	25,77	0,58	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20676	Navacerrada	1	2009	6,015	0,19	MALO	2	1	BUENO O SUPERIOR	5,6	0,75	BUENO O SUPERIOR	0,29	0,99	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20685	Navalcán	1	2008	36,063	0,03	MALO	5,8	0,67	BUENO O SUPERIOR	83,85	0,11	MALO	219,87	0,28	DEFICIENTE	DEFICIENTE
20685	Navalcán	1	2009	47,97	0,02	MALO	66,5	0,09	MALO	97,46	0,02	MALO	250,08	0,23	DEFICIENTE	MALO
20685	Navalcán	1	2010	32,88	0,03	MALO	86,3	0,07	MALO	83,82	0,11	MALO	232,59	0,26	DEFICIENTE	MALO
20689	Navamundo	1	2008	0,112	1	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	34,16	0,43	MODERADO	32,66	0,57	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20689	Navamundo	1	2009	0,137	1	BUENO O SUPERIOR	1,3	1	BUENO O SUPERIOR	11,06	0,59	MODERADO	2,16	0,92	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20689	Navamundo	1	2010	1,265	0,65	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,73	0,97	BUENO O SUPERIOR	0,27	0,99	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20696	Pálmaces	7	2008	12,139	0,1	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,4	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,03	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20696	Pálmaces	7	2009	0,641	1	BUENO O SUPERIOR	2,3	1	BUENO O SUPERIOR	0,21	1	BUENO O SUPERIOR	0,26	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20678	Pardo, El	4	2008	8,506	0,13	MALO	7	0,64	BUENO O SUPERIOR	1,66	0,93	BUENO O SUPERIOR	19,35	0,59	MODERADO	MODERADO
20678	Pardo, El	4	2009	1,637	0,61	BUENO O SUPERIOR	18,6	0,31	DEFICIENTE	0,01	1	BUENO O SUPERIOR	39,22	0,56	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20762	Petit I	4	2008	181,046	0,01	MALO	24,3	0,24	DEFICIENTE	96,18	0,03	MALO	231,33	0,26	DEFICIENTE	MALO
20762	Petit I	4	2009	235,338	0	MALO	7,8	0,62	BUENO O SUPERIOR	99,16	0,01	MALO	346,01	0,08	MALO	MALO
20762	Petit I	4	2010	32,269	0,04	MALO	181,7	0,03	MALO	84,07	0,11	MALO	163,57	0,36	DEFICIENTE	MALO
20712	Picadas	5	2008	11,671	0,1	MALO	2,8	0,86	BUENO O SUPERIOR	0,56	0,98	BUENO O SUPERIOR	0,51	0,99	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA			EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N		
20712	Picadas	5	2009	22,633	0,05	MALO	2,3	0,93	BUENO O SUPERIOR	1,38	0,94	BUENO O SUPERIOR	2,5	0,91	BUENO O SUPERIOR	0,71	BUENO O SUPERIOR
20712	Picadas	5	2010	11,969	0,09	MALO	20,9	0,27	DEFICIENTE	2,09	0,91	BUENO O SUPERIOR	0,19	1	BUENO O SUPERIOR	0,57	MODERADO
20712	Picadas	5	2010	7,9	0,14	MALO	2,8	0,86	BUENO O SUPERIOR	12,9	0,57	MODERADO	13,36	0,6	MODERADO	0,54	MODERADO
20674	Pinilla, La	1	2008	0,627	0,79	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	3,1	0,86	BUENO O SUPERIOR	1,27	0,96	BUENO O SUPERIOR	0,9	BUENO O SUPERIOR
20674	Pinilla, La	1	2009	5,585	0,2	DEFICIENTE	0,7	1	BUENO O SUPERIOR	1,59	0,93	BUENO O SUPERIOR	4,8	0,82	BUENO O SUPERIOR	0,74	BUENO O SUPERIOR
20674	Pinilla, La	1	2010	0,55	0,83	BUENO O SUPERIOR	4,5	0,72	BUENO O SUPERIOR	41,13	0,39	DEFICIENTE	43,34	0,55	MODERADO	0,62	BUENO O SUPERIOR
20681	Portaje	4	2008	23,389	0,05	MALO	9,3	0,6	BUENO O SUPERIOR	93,18	0,04	MALO	280,4	0,18	MALO	0,22	DEFICIENTE
20681	Portaje	4	2009	23,663	0,05	MALO	8,8	0,61	BUENO O SUPERIOR	96,95	0,02	MALO	205,76	0,3	DEFICIENTE	0,24	DEFICIENTE
20681	Portaje	4	2010	1,181	0,66	BUENO O SUPERIOR	13,7	0,42	MODERADO	78,73	0,14	MALO	45,57	0,55	MODERADO	0,44	MODERADO
20760	Portiña, La	4	2008	2,084	0,55	MODERADO	3,3	0,8	BUENO O SUPERIOR	18,33	0,54	MODERADO	1,11	0,96	BUENO O SUPERIOR	0,71	BUENO O SUPERIOR
20760	Portiña, La	4	2009	1,493	0,63	BUENO O SUPERIOR	2,7	0,87	BUENO O SUPERIOR	2,26	0,9	BUENO O SUPERIOR	0,3	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,85	BUENO O SUPERIOR
20750	Presia Río Gébalo	10	2008	3,426	0,37	DEFICIENTE	4	0,75	BUENO O SUPERIOR	22,42	0,68	BUENO O SUPERIOR	7,75	0,6	MODERADO	0,6	BUENO O SUPERIOR
20750	Presia Río Gébalo	10	2009	0,584	1	BUENO O SUPERIOR	0,4	1	BUENO O SUPERIOR	0,76	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,09	1	BUENO O SUPERIOR	1	BUENO O SUPERIOR
20693	Charco del Cura	5	2008	10,307	0,11	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,32	0,99	BUENO O SUPERIOR	8,06	0,7	BUENO O SUPERIOR	0,7	BUENO O SUPERIOR
20693	Charco del Cura	5	2009	7,312	0,16	MALO	18,3	0,31	DEFICIENTE	0,43	0,98	BUENO O SUPERIOR	2,81	0,9	BUENO O SUPERIOR	0,59	MODERADO
20699	Puentes Viejas	1	2008	0,403	0,95	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	19,88	0,53	MODERADO	1,57	0,95	BUENO O SUPERIOR	0,86	BUENO O SUPERIOR
20699	Puentes Viejas	1	2009	32,113	0,04	MALO	47,1	0,12	MALO	1,38	0,94	BUENO O SUPERIOR	3,4	0,88	BUENO O SUPERIOR	0,49	MODERADO
20699	Puentes Viejas	1	2010	0,459	0,89	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	18,79	0,54	MODERADO	0,94	0,97	BUENO O SUPERIOR	0,85	BUENO O SUPERIOR

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA		EQR NP	Valoración potencial ecológico	
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N			Valoración EQR N
20700	Riosequillo	1	2008	0,475	0,88	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	41,18	0,39	DEFICIENTE	5,35	0,8	BUENO O SUPERIOR	0,77	BUENO O SUPERIOR
20700	Riosequillo	1	2009	0,594	0,81	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	3,68	0,84	BUENO O SUPERIOR	5,6	0,79	BUENO O SUPERIOR	0,86	BUENO O SUPERIOR
20700	Riosequillo	1	2010	0,601	0,8	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	33,68	0,44	MODERADO	3,05	0,89	BUENO O SUPERIOR	0,78	BUENO O SUPERIOR
20714	Rivera de Gata	1	2008	63,253	0,02	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	31,9	0,45	MODERADO	56,71	0,53	MODERADO	0,5	MODERADO
20714	Rivera de Gata	1	2009	5,136	0,22	DEFICIENTE	1,2	1	BUENO O SUPERIOR	1,38	0,94	BUENO O SUPERIOR	0,4	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,79	BUENO O SUPERIOR
20714	Rivera de Gata	1	2010	15,533	0,07	MALO	3,6	0,77	BUENO O SUPERIOR	7,21	0,68	BUENO O SUPERIOR	3,18	0,88	BUENO O SUPERIOR	0,6	BUENO O SUPERIOR
20717	Rosarito	3	2008	81,142	0,01	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	95,83	0,03	MALO	298,72	0,16	MALO	0,3	DEFICIENTE
20717	Rosarito	3	2009	14,306	0,08	MALO	29,9	0,19	MALO	80,72	0,13	MALO	27,51	0,57	MODERADO	0,24	DEFICIENTE
20717	Rosarito	3	2010	19,222	0,06	MALO	44	0,13	MALO	83,85	0,11	MALO	25,66	0,58	MODERADO	0,22	DEFICIENTE
20727	Salor	4	2008	46,793	0,02	MALO	31,9	0,18	MALO	94,41	0,04	MALO	130	0,42	MODERADO	0,16	MALO
20727	Salor	4	2009	147,4	0,01	MALO	12,9	0,44	MODERADO	96,15	0,03	MALO	339,21	0,09	MALO	0,14	MALO
20727	Salor	4	2010	40,775	0,03	MALO	53,9	0,11	MALO	8,81	0,61	BUENO O SUPERIOR	28,62	0,57	MODERADO	0,33	DEFICIENTE
20711	San Juan	5	2008	6,192	0,18	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,09	1	BUENO O SUPERIOR	2,25	0,92	BUENO O SUPERIOR	0,77	BUENO O SUPERIOR
20711	San Juan	5	2009	7,522	0,15	MALO	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	8,66	0,62	BUENO O SUPERIOR	8,38	0,69	BUENO O SUPERIOR	0,61	BUENO O SUPERIOR
20711	San Juan	5	2010	30,971	0,04	MALO	20,2	0,28	DEFICIENTE	0,37	0,98	BUENO O SUPERIOR	0,32	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,57	MODERADO
20711	San Juan	5	2010	2,215	0,51	MODERADO	4,6	0,71	BUENO O SUPERIOR	10,33	0,59	MODERADO	2	0,93	BUENO O SUPERIOR	0,69	BUENO O SUPERIOR
20704	Santillana	1	2008	11,144	0,1	MALO	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0,12	0,99	BUENO O SUPERIOR	0,14	1	BUENO O SUPERIOR	0,77	BUENO O SUPERIOR
20704	Santillana	1	2009	4,543	0,25	DEFICIENTE	1,1	1	BUENO O SUPERIOR	38,65	0,4	MODERADO	39,15	0,56	MODERADO	0,55	MODERADO

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA			Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20704	Santillana	1	2010	8,691	0,13	MALO	13,4	0,43	MODERADO	22,29	0,51	MODERADO	14,76	0,59	MODERADO	MODERADO
20675	Tajera, La	7	2008	1,348	0,73	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,24	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20675	Tajera, La	7	2009	0,655	1	BUENO O SUPERIOR	2,1	1	BUENO O SUPERIOR	0,28	1	BUENO O SUPERIOR	0,9	0,98	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20688	Torcón	10	2008	13,155	0,1	MALO	7,6	0,48	MODERADO	90,31	0,08	MALO	188,55	0,32	DEFICIENTE	DEFICIENTE
20688	Torcón	10	2009	83,424	0,02	MALO	14,1	0,26	DEFICIENTE	98,66	0,01	MALO	392,19	0,01	MALO	MALO
20683	Torrejón Tajo	12	2008	9,424	0,13	MALO	8,2	0,44	MODERADO	71,72	0,24	DEFICIENTE	107,94	0,45	MODERADO	DEFICIENTE
20683	Torrejón Tajo	12	2009	2,664	0,48	MODERADO	52,2	0,07	MALO	84,66	0,13	MALO	322,1	0,12	MALO	MALO
20683	Torrejón Tajo	12	2010	2,746	0,46	MODERADO	17,1	0,21	DEFICIENTE	74,61	0,21	DEFICIENTE	306,87	0,14	MALO	DEFICIENTE
20687	Torrejón Tietar	11	2008	11,481	0,11	MALO	28,7	0,13	MALO	27,78	0,6	BUENO O SUPERIOR	14,46	0,59	MODERADO	DEFICIENTE
20687	Torrejón Tietar	11	2009	6,942	0,18	MALO	33,1	0,11	MALO	69,23	0,26	DEFICIENTE	8,21	0,57	MODERADO	DEFICIENTE
20687	Torrejón Tietar	11	2010	12,4	0,1	MALO	23,5	0,15	MALO	54,15	0,38	DEFICIENTE	62,39	0,52	MODERADO	DEFICIENTE
20679	Tosca, La	7	2008	1,503	0,69	BUENO O SUPERIOR	1,8	1	BUENO O SUPERIOR	27,65	0,6	BUENO O SUPERIOR	3,49	0,84	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20679	Tosca, La	7	2009	0,144	1	BUENO O SUPERIOR	2,3	1	BUENO O SUPERIOR	4,47	0,94	BUENO O SUPERIOR	1,16	0,97	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20698	Vado, El	1	2008	1,546	0,62	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	4,34	0,81	BUENO O SUPERIOR	24,49	0,58	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20698	Vado, El	1	2009	1,684	0,61	BUENO O SUPERIOR	3,4	0,79	BUENO O SUPERIOR	0,01	1	BUENO O SUPERIOR	11,18	0,58	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20720	Valdecañas	12	2008	11,918	0,11	MALO	82,2	0,04	MALO	46,35	0,45	MODERADO	195,9	0,31	DEFICIENTE	DEFICIENTE
20720A	Valdecañas	12	2009	5,937	0,21	DEFICIENTE	53,2	0,07	MALO	66,09	0,28	DEFICIENTE	281,93	0,18	MALO	MALO
20720A	Valdecañas	12	2010	8,025	0,16	MALO	15,2	0,24	DEFICIENTE	57,13	0,36	DEFICIENTE	91,51	0,47	MODERADO	DEFICIENTE

CÓDIGO	NOMBRE	T	AÑO	Biovolumen			Clorofila			Cianobacterias (% Biovolumen)			IGA		EQR NP	Valoración potencial ecológico
				mm3/l	EQR N	Valoración EQR N	µg/l	EQR N	Valoración EQR N	%	EQR N	Valoración EQR N	IGA	EQR N	Valoración EQR N	
20715	Valdeobispo	3	2008	12,554	0,09	MALO	2,8	0,86	BUENO O SUPERIOR	3,98	0,82	BUENO O SUPERIOR	204,68	0,3	DEFICIENTE	MODERADO
20715	Valdeobispo	3	2009	1,237	0,65	BUENO O SUPERIOR	1,7	1	BUENO O SUPERIOR	10,06	0,59	MODERADO	114,93	0,44	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20707	Valmayor	1	2008	13,8	0,08	MALO	7,6	0,63	BUENO O SUPERIOR	96,55	0,02	MALO	359,33	0,06	MALO	MALO
20707	Valmayor	1	2009	1,679	0,61	BUENO O SUPERIOR	2,2	0,95	BUENO O SUPERIOR	45,56	0,36	DEFICIENTE	13,37	0,6	MODERADO	BUENO O SUPERIOR
20707	Valmayor	1	2010	98,084	0,01	MALO	10,5	0,54	MODERADO	0	1	BUENO O SUPERIOR	1,3	0,96	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20703	Vellón, El	1	2008	9,705	0,12	MALO	5	0,7	BUENO O SUPERIOR	3,53	0,84	BUENO O SUPERIOR	0,11	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20703	Vellón, El	1	2009	3,625	0,31	DEFICIENTE	1,4	1	BUENO O SUPERIOR	21,33	0,52	MODERADO	2,73	0,9	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20673	Villar, El	1	2008	1,203	0,65	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	7,93	0,65	BUENO O SUPERIOR	5,7	0,79	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20673	Villar, El	1	2009	0,965	0,69	BUENO O SUPERIOR	3,4	0,79	BUENO O SUPERIOR	38,54	0,41	MODERADO	8,14	0,69	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20691	Zorita	11	2008	1,401	0,71	BUENO O SUPERIOR	0,6	1	BUENO O SUPERIOR	0	1	BUENO O SUPERIOR	0,13	1	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR
20691	Zorita	11	2009	0,537	1	BUENO O SUPERIOR	2,1	1	BUENO O SUPERIOR	0,56	0,99	BUENO O SUPERIOR	2,07	0,92	BUENO O SUPERIOR	BUENO O SUPERIOR

La figura 19 muestra los resultados de la valoración del potencial ecológico siguiendo los criterios antes expuestos, es decir, teniendo en cuenta para las tipologías que carecen de condiciones de referencia en la IPH, tanto los indicadores cuantitativos como cualitativos”

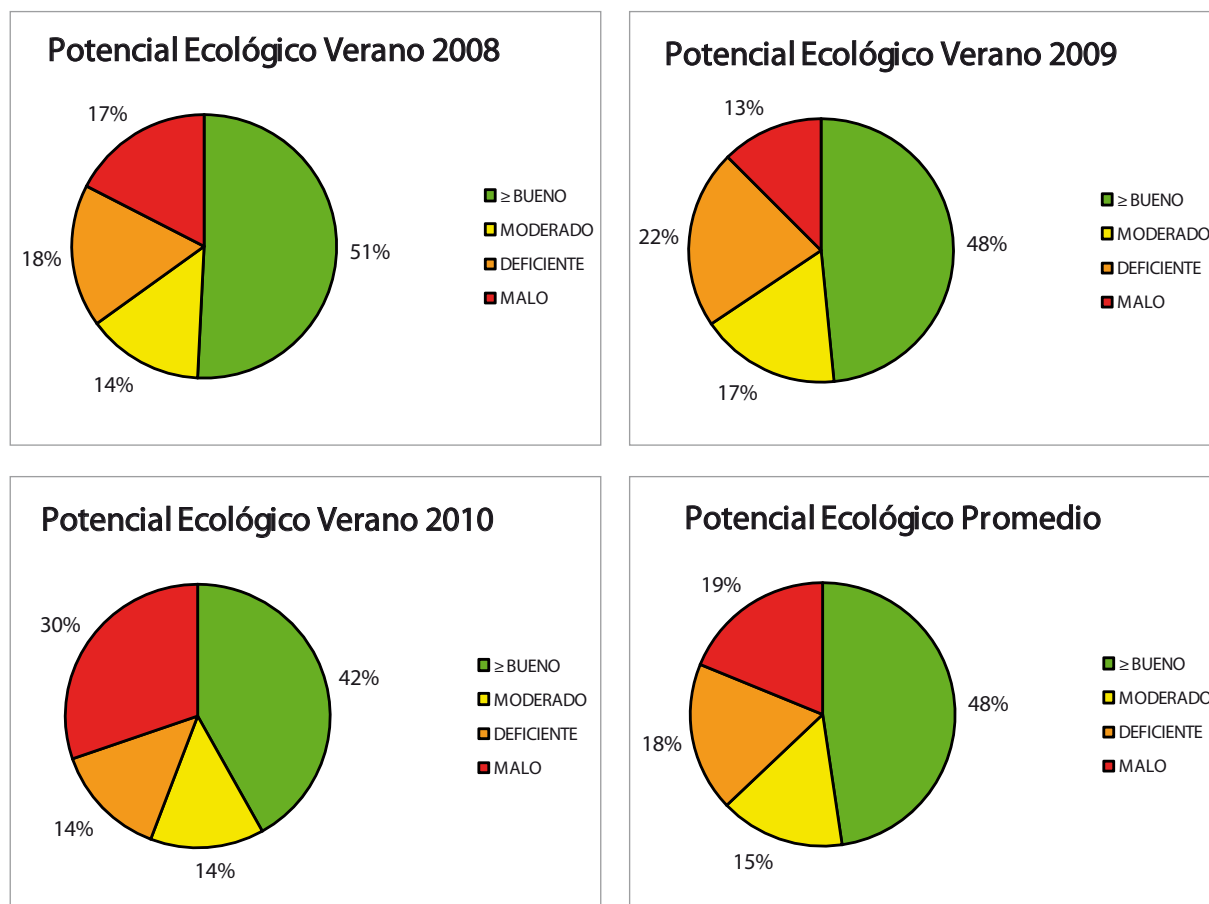
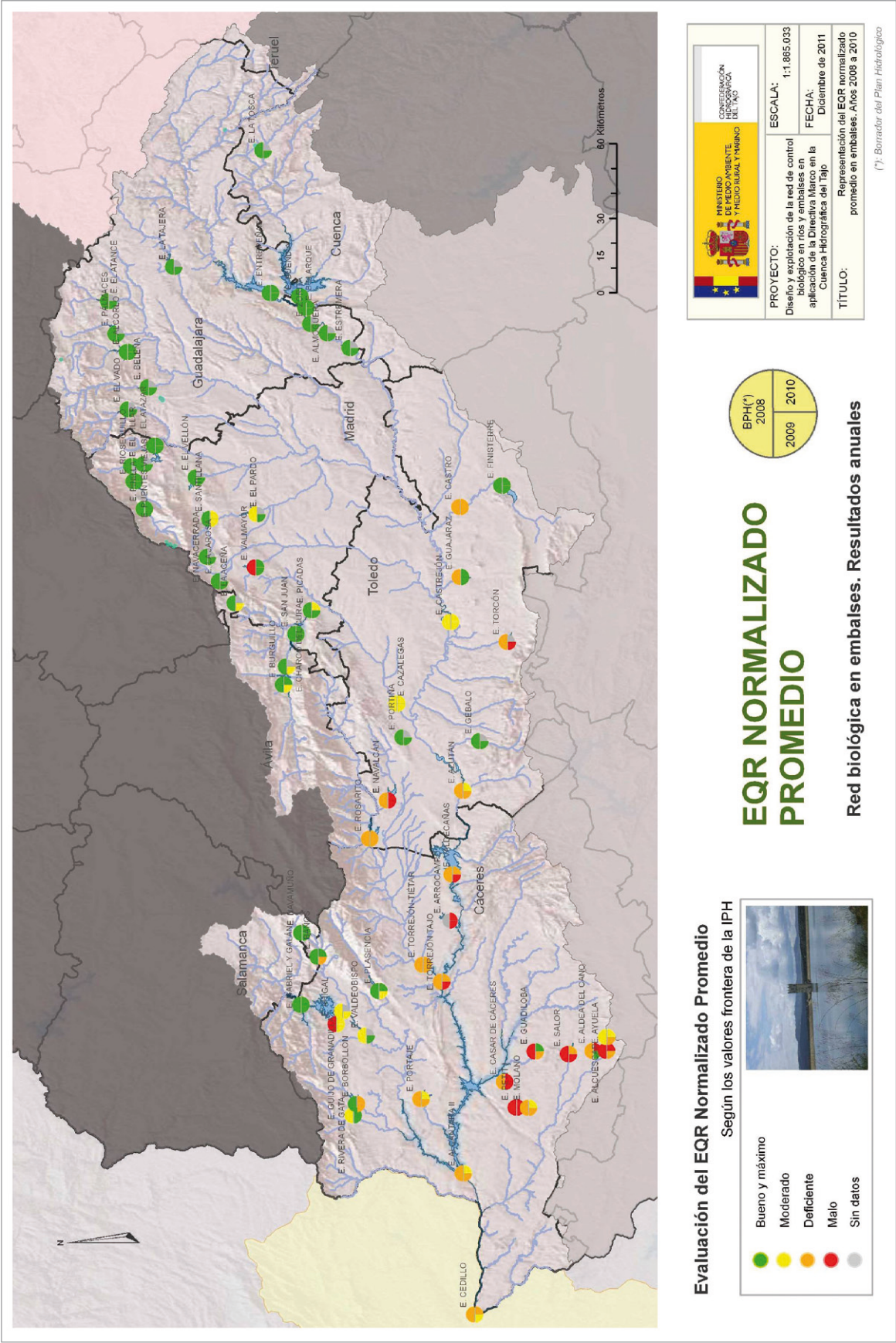


Figura 19. Potencial ecológico en cada una de las campañas de verano de muestreo realizadas y su valor promedio final.

Como puede verse en las gráficas anteriores, los resultados de la valoración del potencial ecológico a lo largo de las tres campañas de verano son similares. Como valor promedio el 48% de los embalses se encuentran con potencial ecológico bueno o superior.

No puede hacerse un estudio comparativo entre los resultados globales de los años 2008, 2009 y 2010, debido a que durante este último año no se muestrearon todos los embalses. Precisamente, los embalses que dejaron de muestrearse presentan un potencial ecológico bueno, lo cual podría explicar el aparente empeoramiento de los resultados en 2010.

Mapa 10. Evaluación del potencial ecológico a partir del EQR Normalizado Promedio.



6.4 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO EN EMBALSES QUE NO TIENEN CONDICIONES DE REFERENCIA, SIN INCLUIR EN EL PROMEDIO LOS INDICADORES CUALITATIVOS.

En el punto anterior (6.3), el potencial ecológico de los embalses cuya tipología no cuenta con condiciones de referencia se ha evaluado adoptando los mismos valores que se establecen para la tipología de embalse más parecida (calcárea o silíceo). De este modo, los embalses de las tipologías 4, 5 y 6 se han valorado con las condiciones de referencia de las tipologías 1-3, y en el caso de los embalses pertenecientes a la tipología 12, éstos se han valorado con las condiciones de referencia de las tipologías 7-11.

En el borrador del Plan Hidrológico de Cuenca se establece un criterio distinto para evaluar los embalses cuya tipología no cuenta con condiciones de referencia, que consiste en utilizar también las fronteras que se establecen para las tipologías más parecidas, pero teniendo en cuenta únicamente los indicadores cuantitativos (clorofila a y biovolumen). Es decir, no se utilizarían los resultados obtenidos de %cianobacterias ni del índice IGA. El potencial obtenido mediante este criterio se identificará como *Potencial Ecológico 2* y el obtenido mediante el criterio adoptado en el punto 6,3, *Potencial Ecológico 1*.

Analizando los resultados obtenidos en el promedio de las tres campañas empleando los dos criterios de valoración del potencial (Figuras 20 y 21), se observa como los resultados de *Potencial Ecológico 2* son peores que los de *Potencial Ecológico 1*.

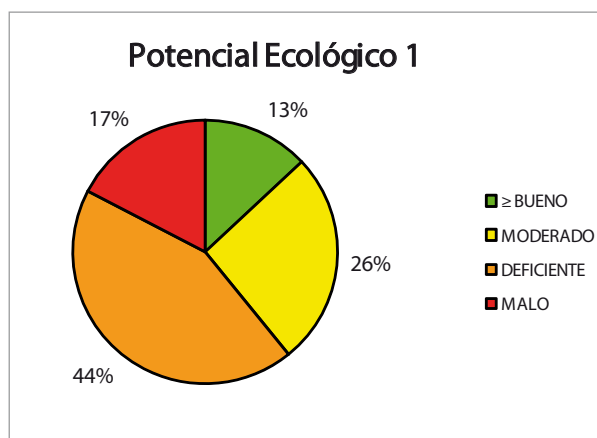


Figura 20. Potencial ecológico promedio de las tres campañas teniendo en cuenta el criterio 1, es decir, utilizando tanto los indicadores cuantitativos como los cualitativos (Potencial Ecológico 1).

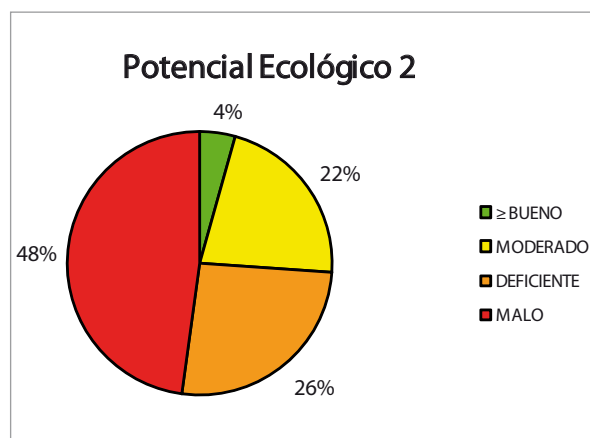
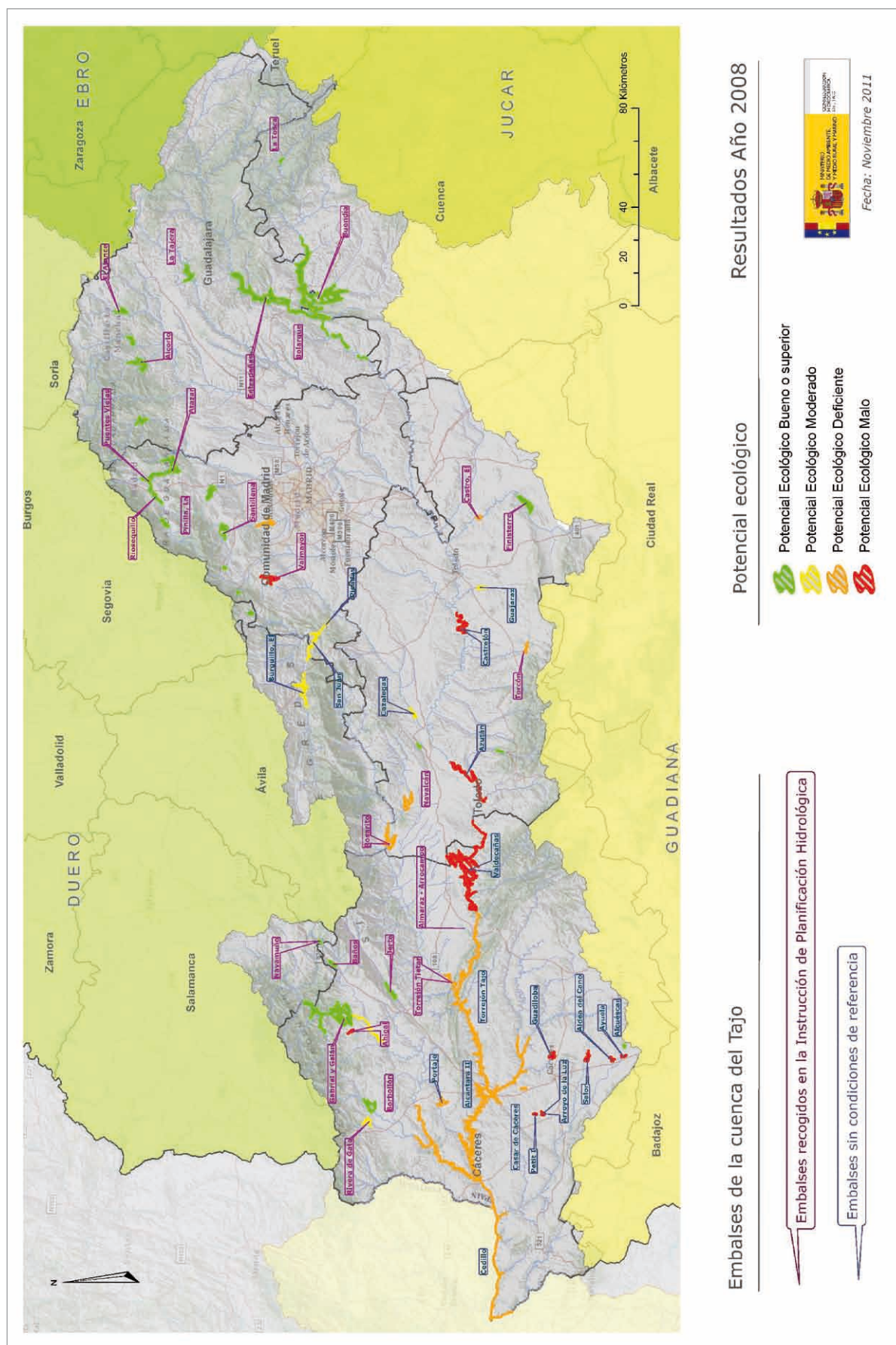
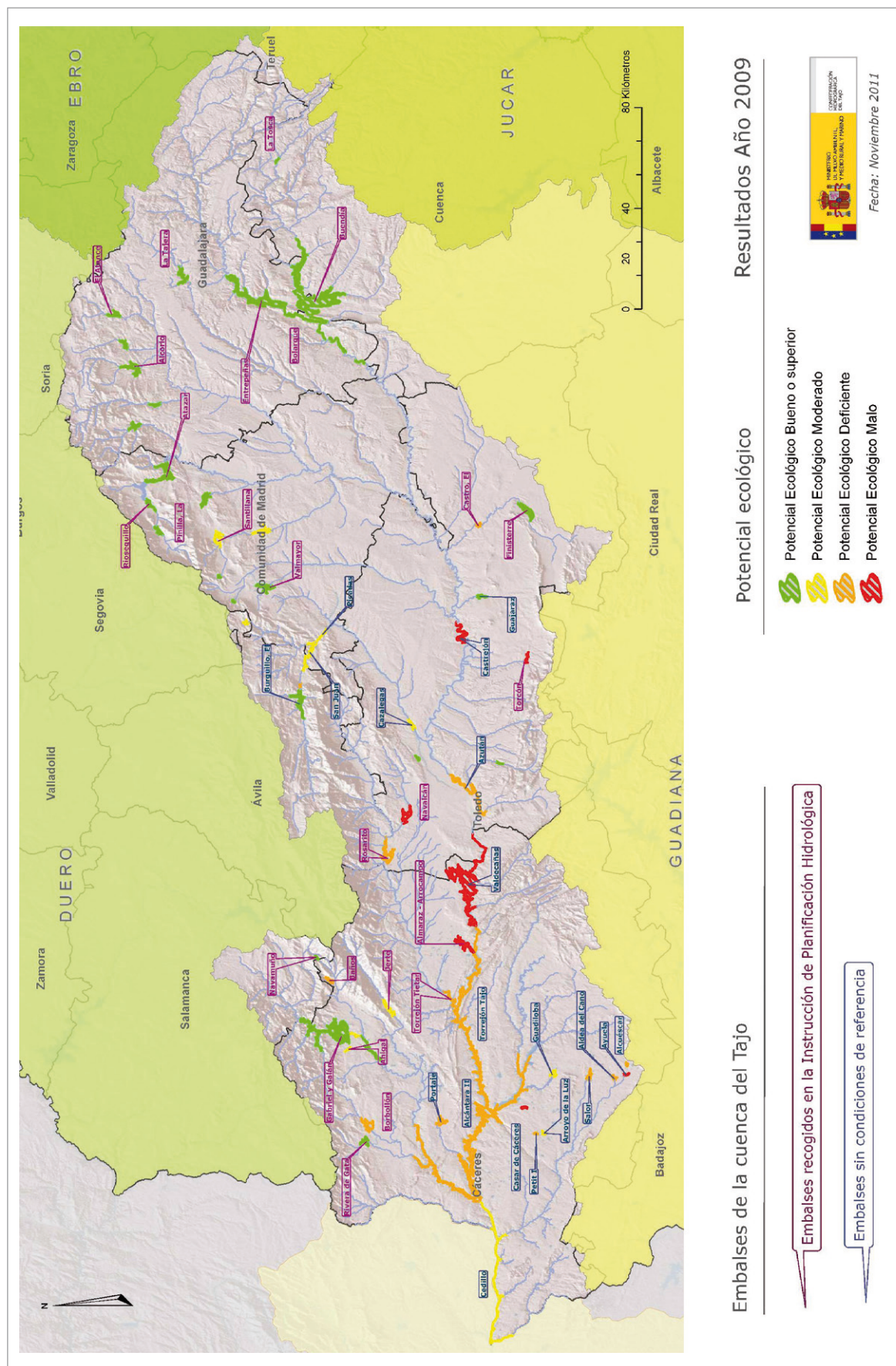


Figura 21. Potencial ecológico promedio de las tres campañas teniendo en cuenta el criterio 2, es decir, utilizando únicamente los indicadores cuantitativos en embalses sin C.R. (Potencial Ecológico 2).

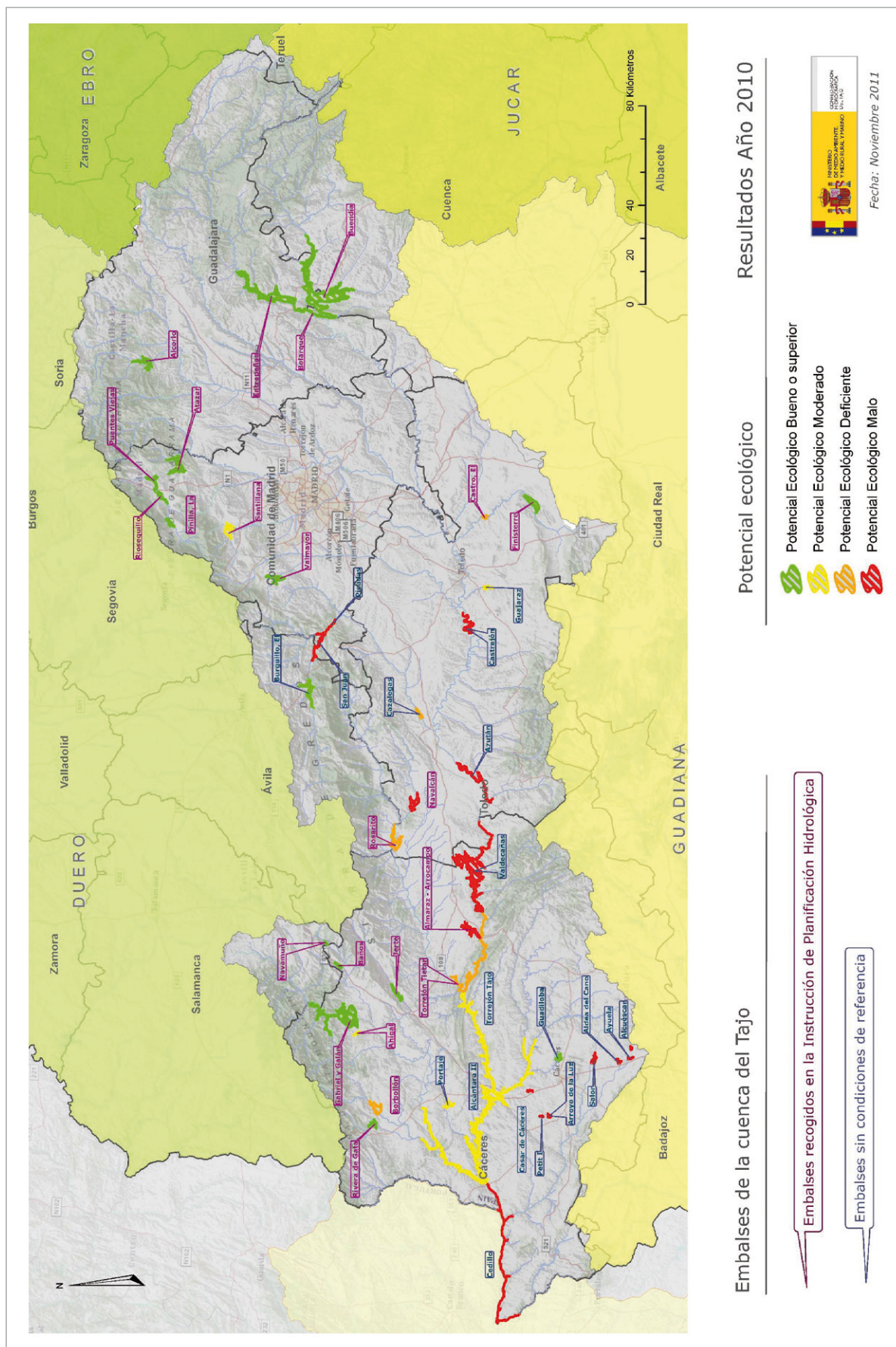
Mapa 11. Potencial ecológico en embalses, año 2008.



Mapa 12. Potencial ecológico en embalses, año 2009.



Mapa 13. Potencial ecológico en embalses, año 2010.



[7]

Bibliografía



Embalse de Torrejón-Tajo en Torrejón el Rubio, Cáceres

- **C.H. Ebro. 2005.** Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Ministerio de Medio Ambiente.
- **Camacho, A.; C. Borja, B. Valero-Garcés, M. Sahuquillo, S. Cirujano, J. M. Soria, E. Rico, A de la Hera, A. C. Santamans, A. García de Domingo, A. Chicote y R. U. Gosálvez. 2009a.** Aguas continentales retenidas. Ecosistemas leníticos. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. Edición en formato DVD.
- **CEDEX. 2008.** Ampliación y actualización de la tipología de lagos. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid, 116 pp.
- **CEDEX. 2009a.** Selección preliminar de posibles estaciones de referencia en lagos v 1.0. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid.
- **CEDEX. 2009b.** Selección de métricas para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua del tipo “lagos” basadas en el elemento de calidad “fitoplancton”, en aplicación de la Directiva Marco del Agua v 1.0. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid.
- **CEDEX. 2009c.** Selección de métricas para la evaluación del estado ecológico de las masas de agua del tipo “lagos” basadas en el elemento de calidad “Otra flora acuática”, en aplicación de la Directiva Marco del Agua v 1.0. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid.

- **CEDEX. 2009d.** Establecimiento de condiciones hidromorfológicas y físico-químicas específicas del tipo de lago v 1.0. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid.
- **CEDEX. 2009e.** Establecimiento de condiciones de referencia y valores frontera entre clases de estado ecológico para los elementos de calidad “fitoplancton” y “otra flora acuática” en masas de agua de la categoría “lago”.
- **CEN. European Committee for Standardization. 2004.** /TC 230. Water Quality. Standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscope (Utermöhl technique).
- **D.O.C.E. 2000.** Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en la política de aguas. D.O.C.E. L327 de 22.12.00. 69 pp.
- **Margalef, R., D. Planas, J. Armengol, A. Vidal, N. Prat, A. Guisset, J. Toja & M. Estrada. 1976.** Limnología de los embalses españoles. Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Publicación Nº123. Madrid.
- **MARM. 2008a.** Borrador del protocolo de identificación y recuento de fitoplancton.
- **MARM. 2008b.** Borrador del protocolo de muestreo y análisis de clorofila.
- **MARM. 2008c.** Borrador del protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses.
- **OCDE. 1982.** Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OCDE, Paris, 154 pp.
- **Orden ARM/2656/2008,** de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica. BOE 22.09.08.
- **Utermöhl, H. 1958.** Zur Vervollkomrnung ver quantitativen Phytoplankton Methodic. Mitt. Int. Verein. Limnol. 9: 1-38.
- **Willen, E. 2000.** Phytoplankton water quality assessment- an indicator concept. En: Hydrological and limnological aspects of lake monitoring 58-80. Heinonen, I., Ziglio, G. & Van der Beken, A. (Eds). Wiley & Sons. LTD.

Valoración del potencial
ecológico en los embalses
de la cuenca hidrográfica del Tago

[2008-2010]

