



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA  
DEL EBRO

---

**EJECUCIÓN DE TRABAJOS RELACIONADOS CON  
LOS REQUISITOS DE LA DIRECTIVA MARCO  
(2000/60/CE) EN EL ÁMBITO DE LA CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA DEL EBRO REFERIDOS A:  
ELABORACIÓN DEL REGISTRO DE ZONAS  
PROTEGIDAS, DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL  
ECOLÓGICO DE LOS EMBALSES, DESARROLLO DE  
PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN**

---

**EMBALSE DE IRATI  
(EMBALSE DE IRABIA)**

---

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</b>	<b>1</b>
2.1. <b>Ámbito geográfico</b>	<b>1</b>
2.2. <b>Características morfométricas e hidrológicas</b>	<b>2</b>
2.3. <b>Usos del agua</b>	<b>4</b>
2.4. <b>Registro de zonas protegidas</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>5</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>7</b>
4.1. <b>Características físico-químicas de las aguas</b>	<b>7</b>
4.2. <b>Hidroquímica del embalse</b>	<b>9</b>
4.3. <b>Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores</b>	<b>11</b>
4.3.1. <b>Cualidad bioindicadora</b>	<b>14</b>
<b>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</b>	<b>14</b>
<b>6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</b>	<b>15</b>
<b>ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS</b>	
<b>ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS</b>	
<b>ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS</b>	
<b>REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	
<b>APÉNDICE 1. FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE</b>	

---

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Irati (o Irabia) y la interpretación de los mismos, con una disposición temática similar para los 47 embalses estudiados, a efectos de proporcionar una referencia fija que facilite la consulta y explotación de la información contenida en ellos.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una ágil y rápida consulta del documento. Los listados de datos analíticos se adjuntan en tres anexos que completan el presente documento. Por último, tras los anexos, se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (años 2004-2005).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidráulicos, físico-químicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Definición del “Potencial Ecológico”, tras la aplicación de indicadores biológicos y físico-químicos propuestos en la Directiva Marco de Aguas.

## **2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE**

### **2.1. Ámbito geográfico**

El embalse de Irati se ubica en los Pirineos Navarros, entre los valles de Aezkoa y Salazar. Su estilo tectónico es pirenaico y forma una unidad alóctona con estructuras ESE–WNW de vergencia sur. El deslizamiento de la unidad hacia el sur ha producido pliegues volcados, cabalgamientos, pliegues asimétricos en la parte más septentrional, suavizándose hacia el sur.

El embalse, cuya presa fue terminada en 1925, se sitúa en el municipio de Orbaizeta, localizado en la zona norte de la Comunidad Foral de Navarra. Regula, principalmente,

las aguas del río Irati aunque también las de otros ríos y arroyos de menor entidad, entre los que destaca el río Urrio por la margen derecha. Cabe mencionar que el río Irati, antes de su ingreso al embalse recibe aportaciones de los ríos Urchuria y Urbelcha.

## 2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Es un embalse de pequeñas dimensiones que no presenta grandes variaciones en el eje longitudinal, exceptuando el brazo que, por la margen derecha, conforma el río Urrio.

La cuenca vertiente al embalse de Irati tiene una superficie total de 12 265,31 ha. El embalse tiene una extensión de 94 ha en su máximo nivel normal y una capacidad total de 14 hm<sup>3</sup>. Tiene una profundidad media de 14,9 m, mientras que la profundidad máxima, medida en campo, alcanza los 30 m. En el cuadro I se presentan las características morfométricas del embalse y de las subcuencas.

**Cuadro I: Características morfométricas del embalse y subcuencas**

Superficie de la cuenca total (ha)	12 265,31
Superficie de la cuenca parcial (ha)	-
Superficie de la subcuenca de esorrentía (ha)	-
Superficie del embalse (ha)	94
Longitud máxima del embalse (km)	5,2
Capacidad total (hm <sup>3</sup> )	14
Capacidad útil (hm <sup>3</sup> )	-
Profundidad máxima (m)	30
Profundidad media (m)	14,9
Perímetro en máximo nivel (km)	11
Cota máximo nivel embalsado (msnm)	820
Cota(s) de la toma(s) de agua principal(es) (msnm)	-

Se trata de un embalse monomítico<sup>1</sup>, típico de zonas templadas. La termoclina en el periodo estival se sitúa entre 5 y los 12 metros de profundidad, mientras que la capa fótica ronda los 7 metros de espesor.

En el **cuadro II** se presentan las medias mensuales de la explotación hidráulica correspondientes al periodo 2001-2005.

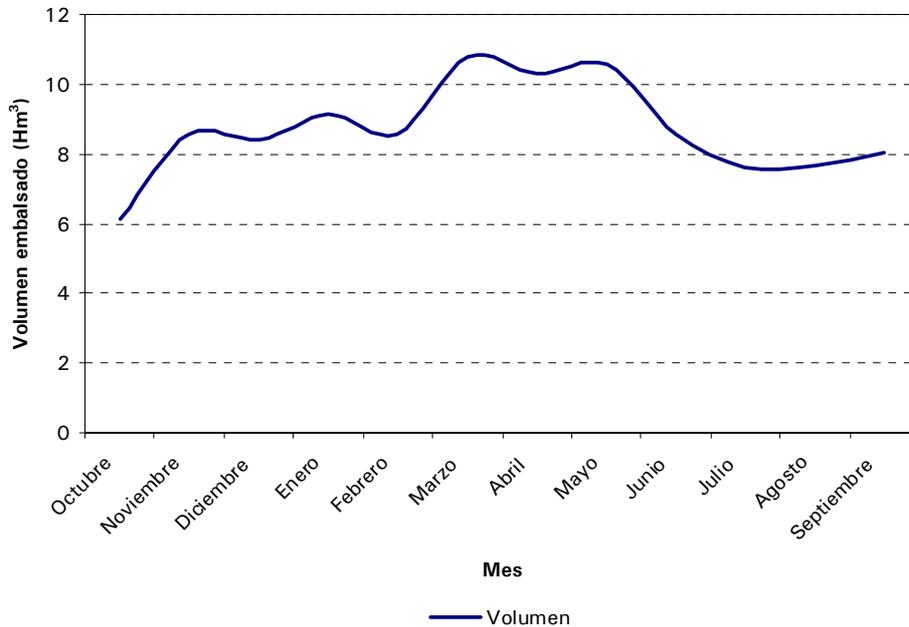
**Cuadro II: Parámetros hidráulicos mensuales. Año hidrológico 2004-2005**

<b>BALANCE HIDRÁULICO MENSUAL</b>					
<b>Periodo</b>	<b>Volumen</b>	<b>Salidas totales</b>	<b>Entradas Totales</b>	<b>Ts</b>	<b>Te</b>
<b>2001-2005</b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>Hm<sup>3</sup></b>	<b>años</b>	<b>años</b>
Octubre	6,13	-	-	-	-
Noviembre	8,58	-	-	-	-
Diciembre	8,41	-	-	-	-
Enero	9,13	-	-	-	-
Febrero	8,56	-	-	-	-
Marzo	10,78	-	-	-	-
Abril	10,31	-	-	-	-
Mayo	10,56	-	-	-	-
Junio	8,56	-	-	-	-
Julio	7,64	-	-	-	-
Agosto	7,66	-	-	-	-
Septiembre	8,05	-	-	-	-
<b>Total anual</b>	<b>8,70</b>	-	-	-	-

El volumen medio que presenta el embalse para el periodo tratado (2001-2005) es de 8,7 hm<sup>3</sup>, lo que representa un 62% de su capacidad total. En el gráfico siguiente puede apreciarse que son los meses primaverales (marzo, abril y mayo) cuando el embalse presenta un mayor volumen, siendo el de marzo el que presenta el máximo (10,78 hm<sup>3</sup>), lo que supone un 77% de su capacidad total. Por su parte, el volumen mínimo se da en octubre (6,13 hm<sup>3</sup>), que representa el 44% respecto de su capacidad total.

<sup>1</sup> Significa que presenta un único ciclo anual de mezcla-estratificación vertical.

Figura 1: Volumen embalsado



### 2.3. Usos del agua

El principal destino del agua embalsada de Irati es la producción hidroeléctrica mediante una central instalada a pie de presa.

### 2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Irati forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, en contestación al artículo 6 de la Directiva Marco del Agua, dentro de la categoría *Zonas de protección de habitats o especies*. El embalse de Irati forma parte del LIC ES0000126 "Roncesvalles-Selva de Irati" y la ZEPA, homónima, ES2200002. La principal característica botánica de este espacio protegido es la extensa formación de hayedos, hayedo-abetales y abetales y su buen estado de conservación. Alberga endemismos pirenaicos como el sauce endémico del Pirineo. (*Salix pyrenaica*) y el tritón pirenaico (*Euproctus asper*), especie asociada a lagunas y arroyos (fríos y limpios) de alta montaña.

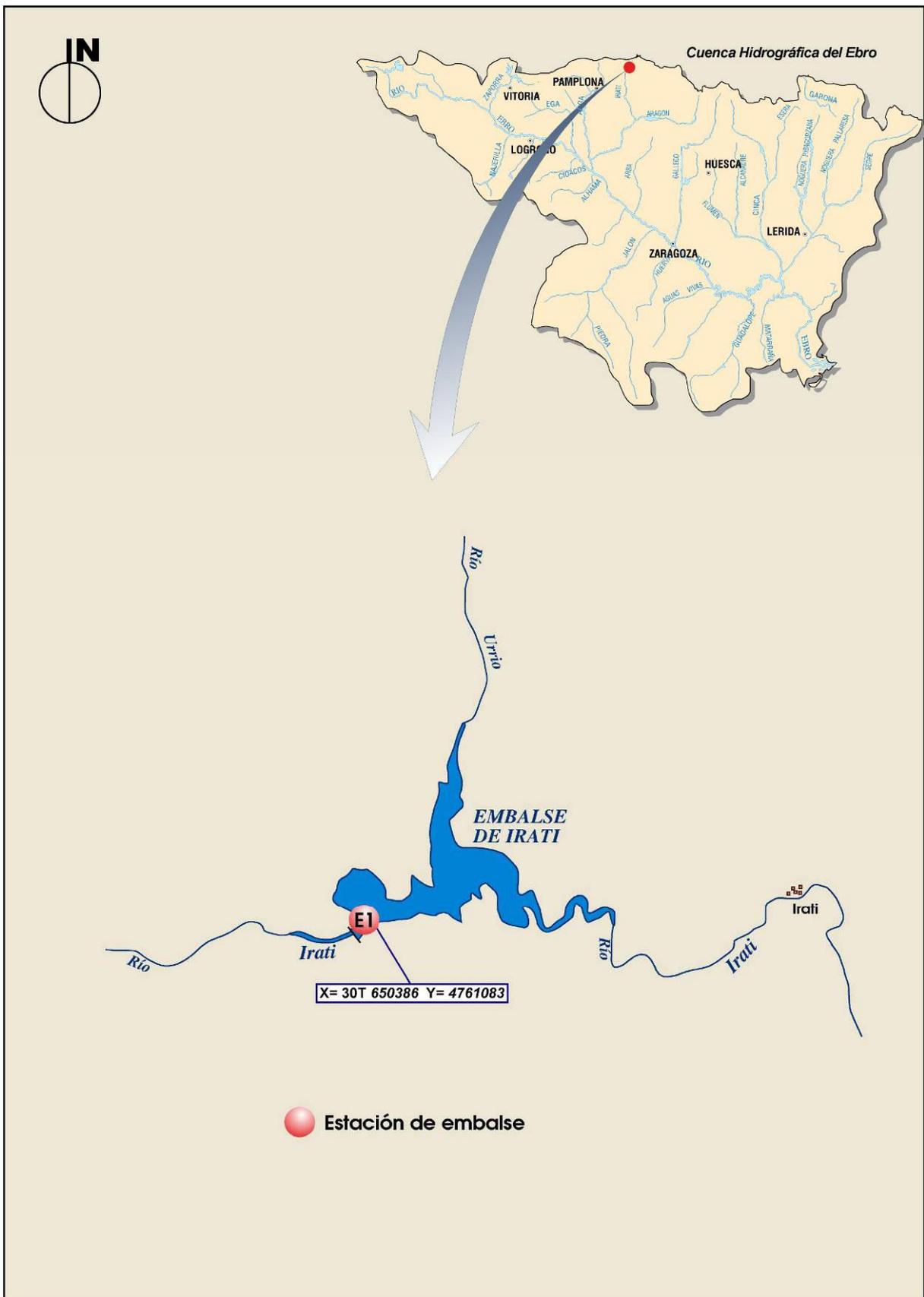
### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación en las inmediaciones de la presa (**E1**) (**ver Figura 2**). Una descripción detallada de los trabajos realizados en el marco del Estudio se presenta en el apartado 4.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO.

En total se han realizado 4 campañas de muestreo en el embalse, distribuidas a lo largo de los años 2004 y 2005. En el **cuadro III** se presentan las fechas de los muestreos y si en esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.

**Cuadro III: Campañas y fechas de muestreo**

1ª Campaña	22/07/2004	Estratificación
2ª Campaña	09/11/2004	Mezcla
3ª Campaña	05/04/2005	Mezcla
4ª Campaña	15/07/2005	Estratificación



**Figura 2:** Localización de las estaciones de muestreo en el embalse de Irati

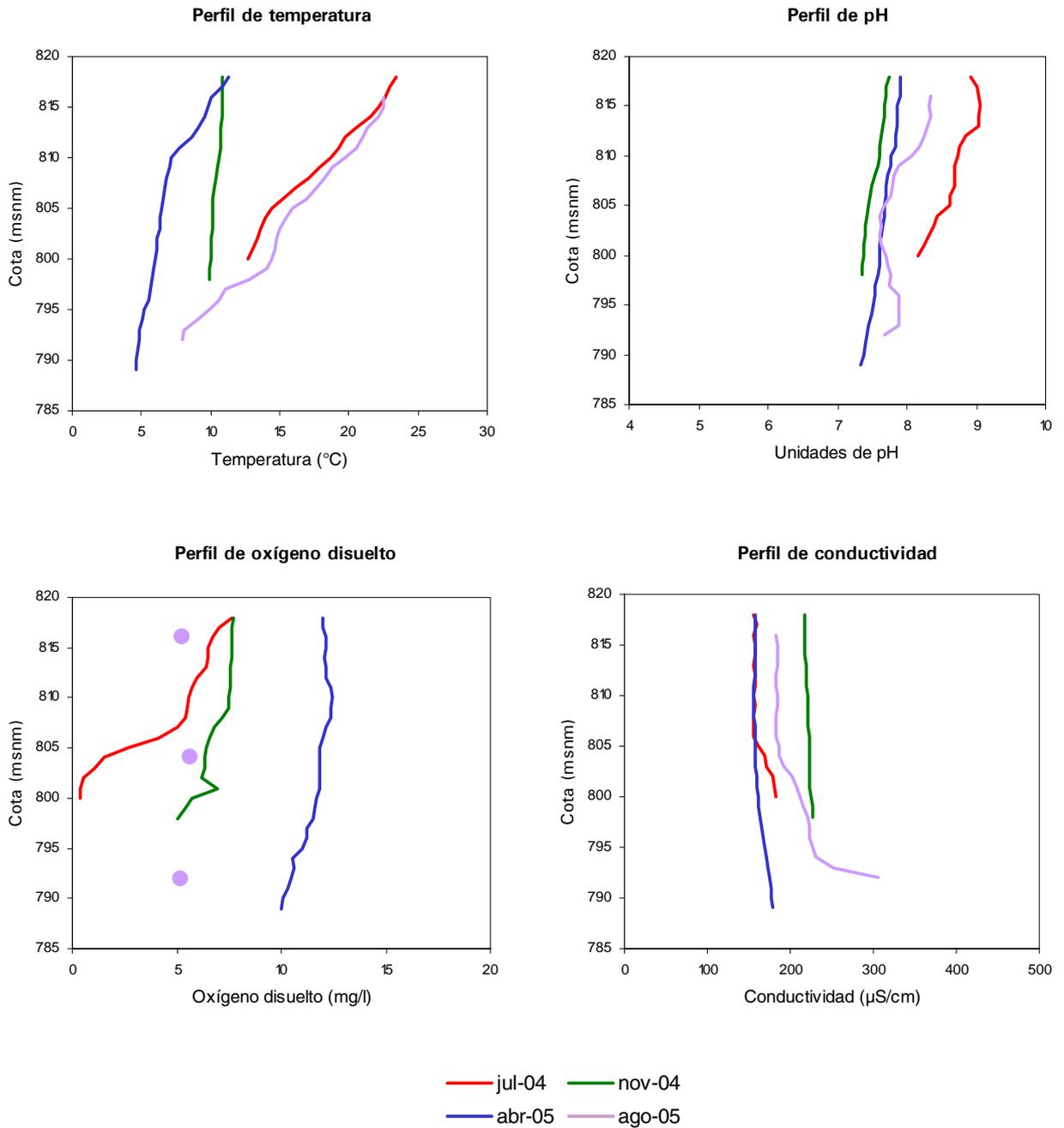
## 4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. Características físico-químicas de las aguas

Los resultados físico-químicos de cada una de las campañas de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Del comportamiento observado se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua es moderada, oscilando entre los 4,6 °C –mínimo primaveral- y los 23,4 °C, -máximo registrado en el estío-. En el periodo estival la termoclina se sitúa entre los 5 y los 6 metros de profundidad.
- El pH del agua es ligeramente alcalino, con un valor medio anual de 7,9 ud. El máximo epilimnético estival es de 9,05 ud, registrado en el límite de la capa fótica, y el mínimo, en las capas más profundas, de 7,29 ud.
- La transparencia del agua es moderada, con un registro medio anual en la lectura de disco de Secchi 3,9 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 7 metros. El mínimo (3,2 m) se registra en la campaña de primavera, mientras que el máximo (4,55 m) se registra en julio de 2004.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua son buenas, alcanzando durante el periodo de estudio una concentración media de 8,2 mg/l O<sub>2</sub>. Tan sólo se registran condiciones anóxicas en verano de 2004 y en los tres últimos metros de profundidad. Es en primavera cuando las condiciones de oxigenación presentan sus máximos, obteniéndose un valor medio para la columna de agua de 11,6 mg/l O<sub>2</sub>.
- La conductividad de las aguas es moderada, situándose la media anual en 186. Los valores máximos se dan en invierno cuando la columna de agua se encuentra totalmente mezclada, con un valor medio de 221  $\mu$ S/cm.

**Figura 3: Perfiles físico-químicos del embalse**



#### 4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados analíticos obtenidos a lo largo del periodo 2004-2005, y que se presentan en el **Anexo II**, se desprenden las siguientes conclusiones:

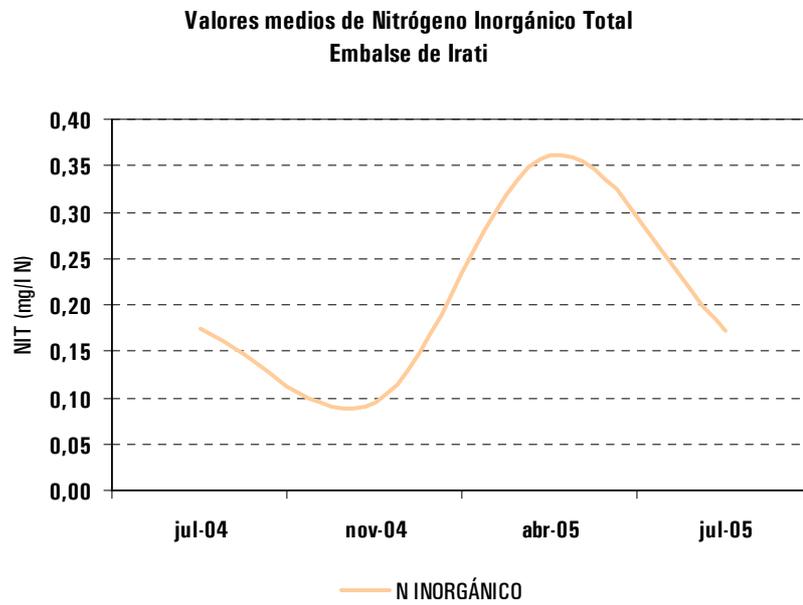
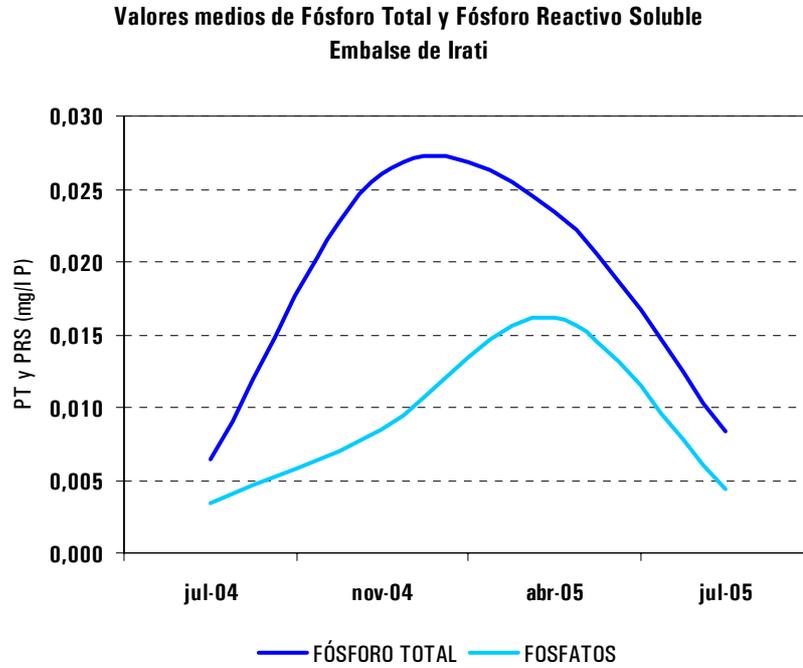
- En términos generales las concentraciones de nutrientes pueden considerarse como bajas en el caso del nitrógeno inorgánico y bajas-moderadas en el caso del fósforo.

La concentración media de fósforo total para el periodo estudiado, y toda la columna de agua, adquiere un valor de 0,015 mg/l P. Los resultados obtenidos en la época de mezcla (invierno-primavera) son superiores a los de verano, registrándose el valor máximo -0,026 mg/l P- en invierno de 2004. Los ortofosfatos mantienen la misma pauta, siendo en primavera donde se localiza el máximo -0,016 mg/l P-.

Entre las distintas formas que componen el nitrógeno inorgánico total (NIT), con un valor medio anual de 0,20 mg/l N, la predominante es la de nitratos ( $\text{NO}_3/\text{NIT} = 77\%$ ), siendo la proporción de amonio moderada ( $\text{NH}_4/\text{NIT} = 21\%$ ) y la de nitritos pequeña ( $\text{NO}_2/\text{NIT} = 2\%$ ). Las concentraciones de NIT obtenidas en la época estival han sido homogéneas, 0,17 mg/l N, localizándose el máximo en primavera donde se registran 0,36 mg/l N.

- El contenido de materia orgánica obtenido es bajo, con un valor medio de 0,8 y 9,3 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ , para la  $\text{DBO}_5$  y  $\text{DQO}$ , respectivamente.
- Las aguas embalsadas son moderadamente mineralizadas, con una concentración de calcio, catión predominante, de 31 mg Ca/l).

Figura 4: Evolución temporal de la concentración de nutrientes



#### **4.3. Productores primarios y concentración de pigmentos fotosintetizadores**

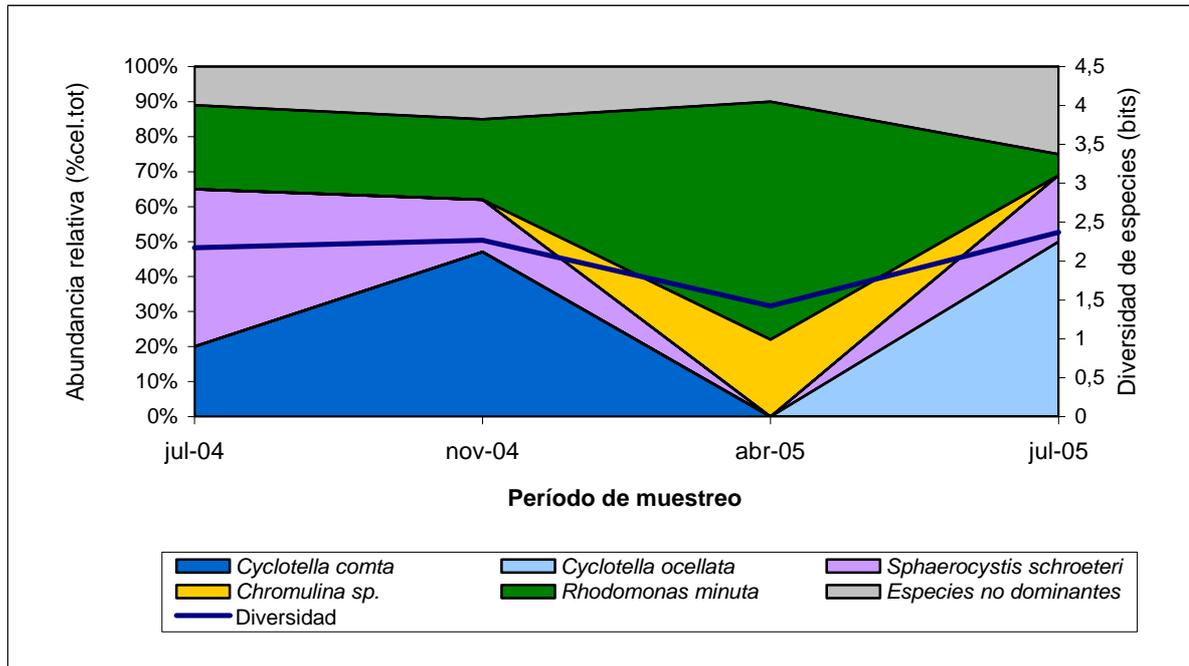
Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se presentan en el **Anexo III**. De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones.

De la totalidad de 4 análisis realizados se han identificado un total de 47 especies, distribuidas entre los siguientes grupos taxonómicos:

- 12 diatomeas
- 3 cianobacterias
- 12 clorofíceas
- 6 criptofíceas
- 6 crisofíceas
- 5 dinofíceas
- 2 euglenofíceas
- 1 zigofíceas

El gráfico siguiente recoge los cambios estacionales -climatológicos- de las comunidades fitoplanctónicas del embalse a lo largo del año hidrológico estudiado -2004-2005-. Las 5 especies que aparecen en el gráfico son consideradas las más representativas de este sistema léntico, atendiendo a la densidad algal -cel/ml- que presenten en una determinada estación climatológica.

**Figura 5: Evolución temporal de las especies dominantes y diversidad de la comunidad algal**



La composición y estructura poblacional han mantenido las siguientes pautas temporales:

En el primer periodo estival se registra el mínimo valor de densidad algal -323 cel/ml-. La comunidad fitoplanctónica está representada por tres grupos –clorofíceas, criptofíceas y diatomeas-, de los cuales destacan por su abundancia: *Sphaerocystis schroeteri*, *Rhodomonas minuta* y *Cyclotella comta*.

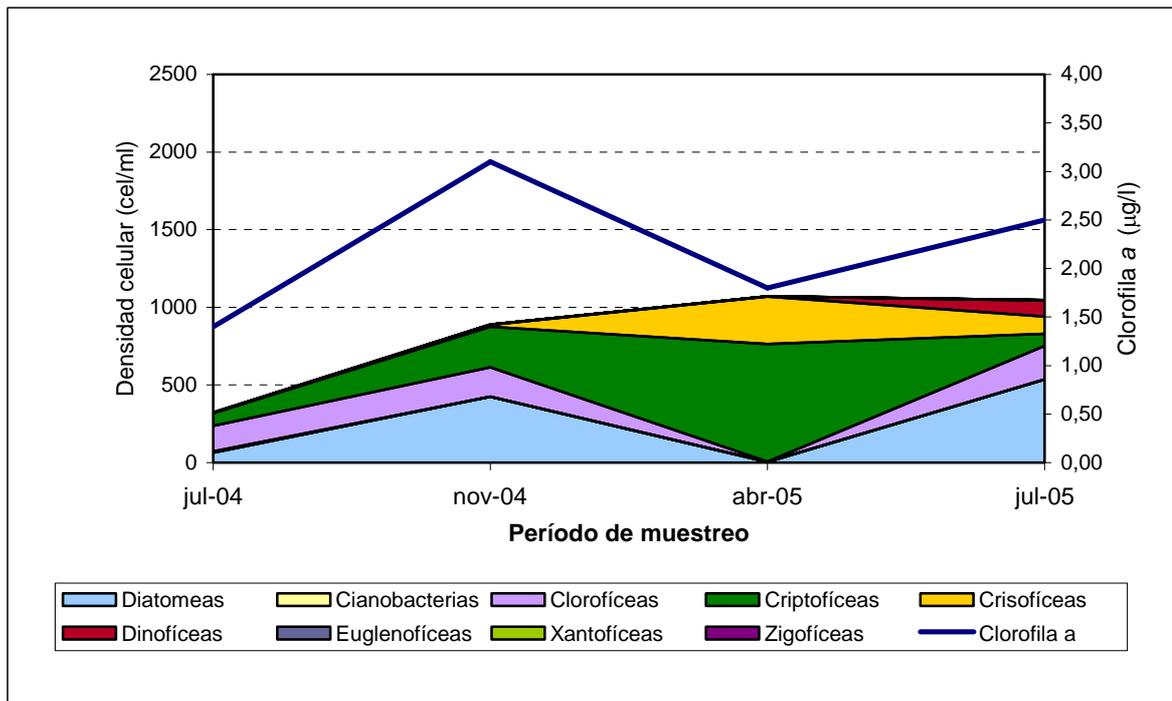
En invierno la densidad fitoplanctónica crece pero se mantiene con valores bajos –889 cel/ml-. El cambio de las condiciones del embalse favorece el crecimiento de diatomeas céntricas –*Cyclotella comta*- y pequeñas criptofíceas –*Rhodomonas minuta*-.

En el periodo primaveral la densidad celular de la comunidad continúa creciendo hasta registrarse el valor más alto del periodo -1.072 cel/ml-. La criptofícea *Rhodomonas minuta* incrementa su abundancia convirtiéndose en especie dominante y la crisofícea *Chromulina sp.* se establece como principal especie acompañante. Ambas especies representan el 90% de la comunidad algal, lo que reduce el valor del índice de diversidad Shannon-Weaver al mínimo en el período estudiado -1,42 bits-.

En el estío 2005 la densidad algal se mantiene en valores moderados -1.046 cel/ml-. Este periodo se caracteriza por la mayor abundancia de *Cyclotella ocellata* y la presencia como principales especies acompañantes de la clorofícea *Sphaeocystis schroeteri* y la crisofícea *Dinobryon divergenes*. Esta asociación estival describe un medio oligo-mesotrófico. La distribución más equilibrada de abundancias entre las especies identificadas eleva el índice de diversidad de Shannon-Weaver al máximo valor durante el estudio -2,37 bits-.

La evolución temporal de la densidad algal, segregada por clases taxonómicas y la biomasa expresada en concentración de clorofila *a*, se representa en el siguiente gráfico:

**Figura 6: Evolución temporal por clases taxonómicas**



En general, hay una buena correspondencia entre la biomasa y los valores de densidad poblacional. La disminución de clorofila *a* en primavera, cuando la densidad poblacional es máxima, se debería al reducido tamaño de las especies dominantes - *Rhodomonas minuta* y *Chromulina sp.*- y por tanto a su escaso contenido en clorofila *a*.

#### 4.3.1. Calidad bioindicadora

Las asociaciones de fitoplancton presentes en el embalse son características de ambientes con pocos nutrientes. Durante el primer verano domina la clorofícea *Sphaerocystis schroeteri* y en invierno son las diatomeas céntricas incrementan su población hasta establecerse como dominantes. La presencia de *Chromulina sp.*, cuya población prolifera en la época primaveral, es característica de pequeñas masas de agua no contaminada. Por último en la segunda época estival, de nuevo domina la clorofícea

*Sphaerocystis schroeteri*.



*Sphaerocystis schroeteri*

La información que aportan las asociaciones algales se complementa con el resultado de la biomasa media -2,47 μg/l- y densidad algal media -833 cel/ml- de Irati, que confirma su reducido grado trófico.

## 5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

En función de la variedad de índices que se plasma en el **cuadro IV**, se puede catalogar al embalse de Irati, como **oligo-mesotrófico**.

Atendiendo a criterios de la OCDE el parámetro causal básico (PT) sitúa al embalse en rangos de mesotrofia, mientras que los considerados de respuesta (clorofila a y transparencia) presentan un resultado de oligotrofia.

Cabe citar que los resultados obtenidos según el índice TSI (Carlson, 1974), estimados a partir del fósforo total y de la profundidad del disco de Secchi, definen al embalse como mesotrófico, mientras que la estimación según la clorofila a lo define como oligotrófico .

**Cuadro IV Catalogación del grado trófico del embalse según los diferentes índices**

Índice	Definición criterio	Rango	Periodo 2.004-2.005	
			Valor	Grado Trófico
EPA (1976)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 10-MESO-20 >	15	<b>MESOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>N° células algales/ml</i>	< 2000-MESO-15000 >	883	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
EPA (Weber, 1976)	<i>Clorofila (ug/l); máx. fót.</i>	< 3-MESO-20 >	3,1	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>Clorofila (ug/l); media anual</i>	< 2,1- 3 - 6,7 -10 >	2,2	<b>OLIGO-MESOT.</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	< 8- 12 - 28 -40 >	15	<b>MESOTRÓFICO</b>
Lee, Jones & Rast (1978)	<i>SDT (m); media anual</i>	< 1,8- 2,4 - 3,8 -4,6 >	3,9	<b>OLIGO-MESOT.</b>
Margalef (1983)	<i>N° células algales/ml</i>	5000 (lím. eut.avan.-mod.)	883	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	5 (lím. eut.avan.-mod.)	2,2	<b>E. MODERADA</b>
Margalef (1983)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	15 (lím. eut.avan.-mod.)	15	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>NO<sub>3</sub>-N (ug/l); media anual</i>	140 (lím. eut.avan.-mod.)	164	<b>E. AVANZADA</b>
Margalef (1983)	<i>SDT (m); media anual</i>	3 (lím. eut.avan.-mod.)	3,9	<b>E. MODERADA</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); anual fót.</i>	< 1; < 2.5; 2.5-8; 8-25; > 25	2,2	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>Clorofila (ug/l); máx. anual</i>	< 2.5; < 8; 8-25; 25-75; > 75	3,1	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>PT (ug/l); media anual</i>	Uol. < 4- 10-35-100 > Heu.	15	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); media anual</i>	> 12; > 6;; 6-3; 3-1.5; < 1.5	3,9	<b>MESOTRÓFICO</b>
OCDE (1980)	<i>SDT (m); mínimo anual</i>	> 6; > 3; 3-1.5; 1.5-0.7; < 0.7	3,2	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): DST	$TSI = 10(6 - \log_2(DST))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	40	<b>MESOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): CLA	$10(6 - \log_2 7,7(1/CLA^{0,68}))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	38	<b>OLIGOTRÓFICO</b>
TSI (Carlson, 1974): PT	$TSI = 10(6 - \log_2(54,9/PT))$	Uol. < 20-40-60-80 > Heu.	41	<b>MESOTRÓFICO</b>

## 6. DEFINICIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

En el apartado 6.1. de la MEMORIA DEL ESTUDIO - ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO- se describe la metodología empleada para clasificar el potencial ecológico.

Tal y como se refleja en el cuadro siguiente, el potencial ecológico del embalse de Irati es **ÓPTIMO**

EMBALSE DE IRATI			CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					Valor obs.	Valoración del parámetro	Valoración del indicador	IPE	EQR
Indicadores	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo					
Biológicos	Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton	Densidad algal, media anual (cel/ml)	< 5000	5000-15000	15000-25000	25000-50000	> 50000	833	5	4,0	3,7	1,00
		Biomasa algal, Cla a (µg/l); anual capa fótica	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	> 25	2,2	4			
		Cianofíceas tóxicas; máx anual (cel/ml)	0-500	500-2000	2000-20000	20000-100000	> 10 <sup>5</sup>	0	5			
Físico-Químicos	Transparencia	Disco de Secchi; media anual (m)	> 12	12-6	6-3	3-1,5	< 1,5	3,9	3	3,7	3,7	1,00
	Condiciones de oxigenación	Concentración hipolimnética media anual (mg/l O <sub>2</sub> )	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2	8,3	5			
	Concentración de nutrientes	Concentración de PT: media anual (µg/l P)	0-4	4-10	10-35	35-100	> 100	15,2	3			
			VALORACIÓN DE CADA CLASE									
			5	4	3	2	1					

CLASES DEL POTENCIAL ECOLÓGICO					
	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
EQR	1-0,95	0,95-0,80	0,80-0,60	0,60-0,40	0,40-0

**ANEXO I. RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS**

**EMBALSE:** IRATI (IR) **CAMPAÑA:** 1  
**COT. MAX:** 820 **NIVEL:** 818

Estación: E1 Profundidad: 18  
 Fecha: 22/07/2004 Hora: 14:30  
 Disco Secchi (m): 4,55 Capa fótica (m): 7,7

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	818	23,42	8,93	7,60	89,00	156	279	101
1	817	23,00	9,01	7,02	80,47	159	284	103
2	816	22,59	9,04	6,72	76,80	156	285	101
3	815	22,16	9,05	6,52	75,20	157	287	102
4	814	21,54	9,03	6,49	73,00	157	287	102
5	813	20,53	9,03	6,38	70,40	156	288	101
6	812	19,75	8,85	5,92	64,20	158	281	103
7	811	19,27	8,77	5,71	61,50	157	280	102
8	810	18,72	8,73	5,57	59,10	155	279	101
9	809	17,88	8,68	5,46	57,30	158	278	103
10	808	17,04	8,68	5,40	55,50	155	280	101
11	807	16,15	8,68	5,02	50,80	155	281	101
12	806	15,20	8,62	4,16	41,30	156	281	101
13	805	14,45	8,63	2,65	25,70	162	287	105
14	804	14,00	8,43	1,54	14,10	169	278	110
15	803	13,64	8,40	1,06	9,50	172	278	112
16	802	13,36	8,33	0,52	4,80	178	266	116
17	801	13,08	8,25	0,41	3,80	181	189	118
18	800	12,73	8,17	0,38	3,60	183	122	119

**EMBALSE:** IRATI (IR) **CAMPAÑA:** 2  
**COT. MAX:** 820 **NIVEL:** 818

Estación: E1 Profundidad: 20  
 Fecha: 09/11/2004 Hora: 17:45  
 Disco Secchi (m): 4 Capa fótica (m): 6,8

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	818	10,81	7,74	7,73	69,80	218	177	142
1	817	10,81	7,71	7,67	69,30	218	178	142
2	816	10,81	7,69	7,66	69,20	218	178	142
3	815	10,81	7,68	7,66	69,20	218	179	142
4	814	10,80	7,67	7,64	69,00	218	180	142
5	813	10,77	7,65	7,59	68,50	219	181	142
6	812	10,76	7,64	7,54	66,10	219	182	142
7	811	10,76	7,62	7,53	67,90	219	181	142
8	810	10,58	7,61	7,51	67,60	221	183	144
9	809	10,55	7,59	7,48	67,20	221	183	144
10	808	10,41	7,55	7,20	61,60	221	183	144
11	807	10,24	7,50	6,81	61,00	222	182	144
12	806	10,11	7,46	6,53	58,10	223	182	145
13	805	10,10	7,44	6,45	57,20	223	181	145
14	804	10,10	7,42	6,36	56,40	223	182	145
15	803	10,10	7,41	6,34	56,40	223	181	145
16	802	10,08	7,40	6,19	55,00	223	182	145
17	801	10,06	7,39	6,97	52,90	224	182	146
18	800	10,01	7,38	5,72	50,70	225	182	146
19	799	9,98	7,36	5,44	45,30	226	181	147
20	798	9,94	7,35	5,06	44,90	227	172	148

<b>EMBALSE:</b>	IRATI	<b>CAMPAÑA:</b>	3
<b>COT. MAX:</b>	820	<b>NIVEL:</b>	818

Estación:	E1	Profundidad:	28,8
Fecha:	05/04/2005	Hora:	14:20
Disco Secchi (m):	3,2	Capa fótica (m):	5,4

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	818	11,32	7,91	11,96	109,00	157	155	102
1	817	10,80	7,90	11,97	108,30	157	157	102
2	816	10,00	7,90	12,15	107,60	157	158	102
3	815	9,85	7,87	12,11	106,90	157	158	102
4	814	9,58	7,86	12,08	106,10	157	159	102
5	813	9,11	7,87	12,11	105,00	157	161	102
6	812	8,63	7,85	12,10	103,90	157	162	102
7	811	7,77	7,84	12,34	103,60	156	162	101
8	810	7,20	7,78	12,42	103,00	155	162	101
9	809	7,07	7,76	12,38	102,10	156	163	101
10	808	6,78	7,73	12,33	101,30	156	162	101
11	807	6,68	7,71	12,15	100,10	157	163	102
12	806	6,55	7,69	12,02	97,90	157	162	102
13	805	6,49	7,67	11,84	96,30	157	162	102
14	804	6,40	7,67	11,82	95,90	158	163	103
15	803	6,31	7,65	11,82	95,80	158	162	103
16	802	6,16	7,64	11,84	95,50	159	163	103
17	801	6,09	7,62	11,80	95,00	160	163	104
18	800	6,00	7,62	11,68	93,80	161	164	105
19	799	5,91	7,61	11,61	93,10	161	164	105
20	798	5,77	7,59	11,50	92,00	164	164	107
21	797	5,61	7,55	11,24	89,50	165	163	107
22	796	5,53	7,54	11,22	89,20	167	163	109
23	795	5,21	7,51	11,01	86,90	169	163	110
24	794	5,08	7,49	10,54	85,30	171	163	111
25	793	4,89	7,44	10,60	83,10	174	161	113
26	792	4,84	7,42	10,49	81,80	175	161	114
27	791	4,68	7,41	10,30	80,00	176	162	114
28	790	4,64	7,38	10,09	78,30	177	161	115
29	789	4,62	7,34	9,99	77,70	178	148	116

<b>EMBALSE:</b>	IRATI	<b>CAMPAÑA:</b>	4
<b>COT. MAX:</b>	820	<b>NIVEL:</b>	816

Estación:	E1	Profundidad:	24,4
Fecha:	15/07/2005	Hora:	9:00
Disco Secchi (m):	4	Capa fótica (m):	6,8

Prof. m.	Cota msnm	Temp °C	pH unid	OD mg/l	OD % sat.	Cond. µS/cm	Redox mV	T.D.S. mg/l
0	816	22,52	8,35	5,29	61	183	226	119
1	815	22,50	8,33			185	224	120
2	814	22,11	8,35			184	228	120
3	813	21,39	8,31			184	223	120
4	812	20,96	8,25			183	218	119
5	811	20,53	8,19			183	212	119
6	810	19,77	8,06			185	199	120
7	809	18,84	7,89			184	183	120
8	808	18,28	7,82			183	177	119
9	807	17,61	7,80			183	176	119
10	806	16,97	7,77			183	175	119
11	805	15,88	7,67			186	167	121
12	804	15,42	7,61	5,67	62,6	187	163	122
13	803	14,97	7,64			192	174	125
14	802	14,77	7,62			201	177	131
15	801	14,64	7,64			207	184	135
16	800	14,46	7,70			212	198	138
17	799	14,11	7,73			216	205	140
18	798	12,80	7,77			221	214	144
19	797	11,09	7,74			224	223	146
20	796	10,58	7,88			224	236	146
21	795	9,97	7,89			226	239	147
22	794	9,14	7,88			230	239	150
23	793	8,11	7,88			251	241	163
24	792	7,97	7,68	5,22	57,1	306	232	199

## **ANEXO II. RESULTADOS QUÍMICOS**

<b>EMBALSE:</b>	IRATI (IRABIA)	<b>CÓDIGO:</b>	IR1	
<b>CAMPAÑA:</b>	1	<b>FECHA:</b>	23/07/2004	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	820,00	<b>NIVEL:</b>	818	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1T</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	5	18
COTA	msnm	817	813	800
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	1,2	2,6	3,0
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	82,6	82,5	95,4
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,8	1,2	1,4
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	4,0	4,0	8,0
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012	0,004	0,004
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> /l	0,009	0,011	0,012
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,004	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,87	1,29	1,76
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,05	0,05	0,11
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,04	0,04	0,08
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,83	1,25	1,68
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,53	0,48	0,56
NITRATOS	mg N/l	0,12	0,11	0,13
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,008	0,016	0,015
NITRITOS	mg N/l	0,002	0,005	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,16	0,15	0,22
CALCIO	mg Ca/l	29,8	30,9	32,4
MAGNESIO DISUELTO	mg Mg/l	1,5	1,4	1,6
SODIO	mg Na/l	1,9	2,0	2,2
POTASIO	mg K/l	0,4	0,6	0,8
CLORUROS	mg Cl <sup>-</sup> /l	2,0	2,0	2,4
SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	2,1	1,7	1,7
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,0003
SÍLICE	mg SiO <sub>2</sub> /l	0,40	0,46	1,48
CLOROFILA a	µg/l	1,4		

<b>EMBALSE:</b>	<b>IRATI (IRABIA)</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>IR2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>09/11/2004</b>
<b>COTA MÁXIMA:</b>	<b>820,00</b>	<b>NIVEL:</b>	<b>818</b>
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	19
COTA	msnm	817	799
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,9	
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	84,8	
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	1,2	
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	16,0	
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012	0,040
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,021	0,031
FOSFATOS	mg P/l	0,007	0,010
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,59	0,85
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,04	0,08
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03	0,06
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,56	0,79
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,40	0,00
NITRATOS	mg N/l	0,09	0,00
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,016	0,013
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,12	0,07
CLOROFILA a	µg/l	3,1	

<b>EMBALSE:</b>	IRATI (IRABIA)	<b>CÓDIGO:</b>	IR3	
<b>CAMPAÑA:</b>	3	<b>FECHA:</b>	05/04/2005	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	820,00	<b>NIVEL:</b>	818	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	14	28
COTA	msnm	817	804	790
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	3,0		
ALCALINIDAD TOTAL	mg CO <sub>3</sub> Ca/l	69,2		
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,8		
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	4,0		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,007	0,057
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,015	0,022	0,111
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,007	0,036
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,55	0,50	0,53
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,01	0,03	0,07
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,05
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,54	0,48	0,47
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	1,42	1,53	1,40
NITRATOS	mg N/l	0,32	0,35	0,32
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,016	0,014	0,017
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,004	0,005
N INORGÁNICO	mg N/l	0,34	0,37	0,38
CLOROFILA a	µg/l	1,8		

<b>EMBALSE:</b>	IRATI (IRABIA)	<b>CÓDIGO:</b>	IR4	
<b>CAMPAÑA:</b>	4	<b>FECHA:</b>	15/07/2005	
<b>COTA MÁXIMA:</b>	820,00	<b>NIVEL:</b>	816	
<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>E1S</b>	<b>E1M</b>	<b>E1F</b>
PROFUNDIDAD	m	1	12	23
COTA	msnm	815	804	793
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	mg/l	10,0		
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0,1		
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	12,1		
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,008	0,006
FOSFATOS	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0,015	0,011	0,014
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,59	0,58	0,24
AMONIO TOTAL	mg NH <sub>4</sub> /l	0,02	0,03	0,11
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,09
NITRÓGENO ORGÁNICO	mg N/l	0,57	0,56	0,15
NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> /l	0,58	0,64	0,44
NITRATOS	mg N/l	0,13	0,14	0,10
NITRITOS	mg NO <sub>2</sub> /l	0,013	0,009	0,014
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,003	0,004
N INORGÁNICO	mg N/l	0,15	0,17	0,19
SULFUROS	mg S <sup>-2</sup> /l			0,0030
CLOROFILA a	µg/l	2,5		

**ANEXO III. RESULTADOS BIOLÓGICOS**

<b>EMBALSE:</b>	<b>IRATI</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>IR1</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>1</b>	<b>FECHA:</b>	<b>22/07/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>820</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>4,6</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>818</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>7,7</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	817	
CLOROFILA a	µg/l	1,4	
Población total	n° cel/ml	323	
Diversidad (H)	Bits	2,17	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	64	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	8	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	164	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	82	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase DINOFICEA	n° cel/ml	2	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	1	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	63	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Chroococcus minimus</i>	Cianobacteria	8	
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Botryococcus braunii</i>	Clorofícea	12	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	3	
<i>Crucigenia quadrata</i>	Clorofícea	2	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	145	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	2	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	79	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	1	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	1	
<i>Peridinium volzii</i>	Dinofícea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	
<i>Cosmarium sp.</i>	Zigofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>IRATI</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>IR2</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>2</b>	<b>FECHA:</b>	<b>09/11/2004</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>820</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>4,0</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>818</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>6,8</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>E1S</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	817	
CLOROFILA a	µg/l	3,10	
Población total	n° cel/ml	889	
Diversidad (H)	Bits	2,27	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	424	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	189	
Clase CRIFTOFICEA	n° cel/ml	260	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	13	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	1	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	418	
<i>Cymbella sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Clorofícea	2	
<i>Golenkinia radiata</i>	Clorofícea	33	
<i>Oocystis sp.</i>	Clorofícea	20	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	133	
<i>Tetraedron minimum</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	19	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	19	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	14	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	208	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	6	
<i>Mallomonas akrokomos</i>	Crisofícea	7	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	1	
<i>Trachelomonas sp.</i>	Euglenofícea	1	

<b>EMBALSE:</b>	<b>IRATI</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>IR3</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>3</b>	<b>FECHA:</b>	<b>05/04/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>820</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>3,2</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>818</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>5,4</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	1	
COTA	msnm	817	
CLOROFILA a	µg/l	1,80	
Población total	n° cel/ml	1.072	
Diversidad (H)	Bits	1,42	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	4	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	1	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	757	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	306	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	3	
Clase EUGLENOVICEA	n° cel/ml	0	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Fragilaria arcus</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Fragilaria ulna</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Oscillatoria limnetica</i>	Cianobacteria	1	
<i>Monoraphidium sp.</i>	Clorofícea	1	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	9	
<i>Cryptomonas marssonii</i>	Criptofícea	2	
<i>Cryptomonas ovata</i>	Criptofícea	1	
<i>Cryptomonas phaseolus</i>	Criptofícea	19	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	726	
<i>Chromulina sp.</i>	Crisofícea	235	
<i>Dinobryon sertularia</i>	Crisofícea	7	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofícea	64	
<i>Gymnodinium sp.</i>	Dinofícea	3	

<b>EMBALSE:</b>	<b>IRATI</b>	<b>CÓDIGO:</b>	<b>IR4</b>
<b>CAMPAÑA:</b>	<b>4</b>	<b>FECHA:</b>	<b>15/07/2005</b>
<b>COTAMAX:</b>	<b>820</b>	<b>D. SECCHI:</b>	<b>4,0</b>
<b>NIVEL:</b>	<b>816</b>	<b>C.FÓTICA:</b>	<b>6,8</b>
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO</b>	
		<b>EIS</b>	
PROFUNDIDAD	m	<b>1</b>	
COTA	msnm	815	
CLOROFILA a	µg/l	2,50	
Población total	n° cel/ml	1.046	
Diversidad (H)	Bits	2,37	
Clase BACILLARIOFICEA	n° cel/ml	535	
Grupo CIANOBACTERIA	n° cel/ml	1	
Clase CLOROFICEA	n° cel/ml	215	
Clase CRIPTOFICEA	n° cel/ml	78	
Clase CRISOFICEA	n° cel/ml	111	
Clase DINOVICEA	n° cel/ml	103	
Clase EUGLENOFICEA	n° cel/ml	3	
Clase XANTOFICEA	n° cel/ml	0	
Clase ZIGOFICEA	n° cel/ml	0	
<b>ESPECIES</b>	<b>TAXÓN</b>	<b>n° cel/ml</b>	
<i>Cyclotella comta</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Cyclotella ocellata</i>	Bacillariofícea	528	
<i>Fragilaria sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Gyrosigma sp.</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Navicula sp.</i>	Bacillariofícea	2	
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Bacillariofícea	1	
<i>Planktothrix sp.</i>	Cianobacteria	1	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Clorofícea	15	
<i>Chlorococcum sp.</i>	Clorofícea	5	
<i>Oocystis lacustris</i>	Clorofícea	1	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	Clorofícea	194	
<i>Cryptomonas erosa</i>	Criptofícea	16	
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptofícea	1	
<i>Rhodomonas minuta</i>	Criptofícea	61	
<i>Bitrichia sp.</i>	Crisofícea	1	
<i>Dinobryon divergens</i>	Crisofícea	108	
<i>Mallomonas sp.</i>	Crisofícea	2	
<i>Ceratium hirundinella</i>	Dinofícea	2	
<i>Peridinium elpatiewskyi</i>	Dinofícea	56	
<i>Peridinium inconspicuum</i>	Dinofícea	28	
<i>Peridinium sp.</i>	Dinofícea	17	
<i>Euglena sp.</i>	Euglenofícea	3	

**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Vista de la presa desde la estación de muestreo (E1). Verano de 2004 (22/07/2004)



Detalle de la presa del embalse de Irati. Verano de 2004 (22/07/2004)



Panorámica del embalse desde la presa. Verano de 2005 (15/07/2005)

**APÉNDICE 1: FICHA DESCRIPTIVA DEL EMBALSE**



**Datos generales de embalse**

Fecha actualización: Junio de 2006

**EMBALSE: IRATI (IRABIA)**

**CÓDIGO: IR**

**LOCALIZACIÓN:**

**Autonomía:** Navarra  
**Provincia:** Navarra  
**Municipio:** Orbaizeta



Situación en C.H.Ebro

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EMBALSE:**

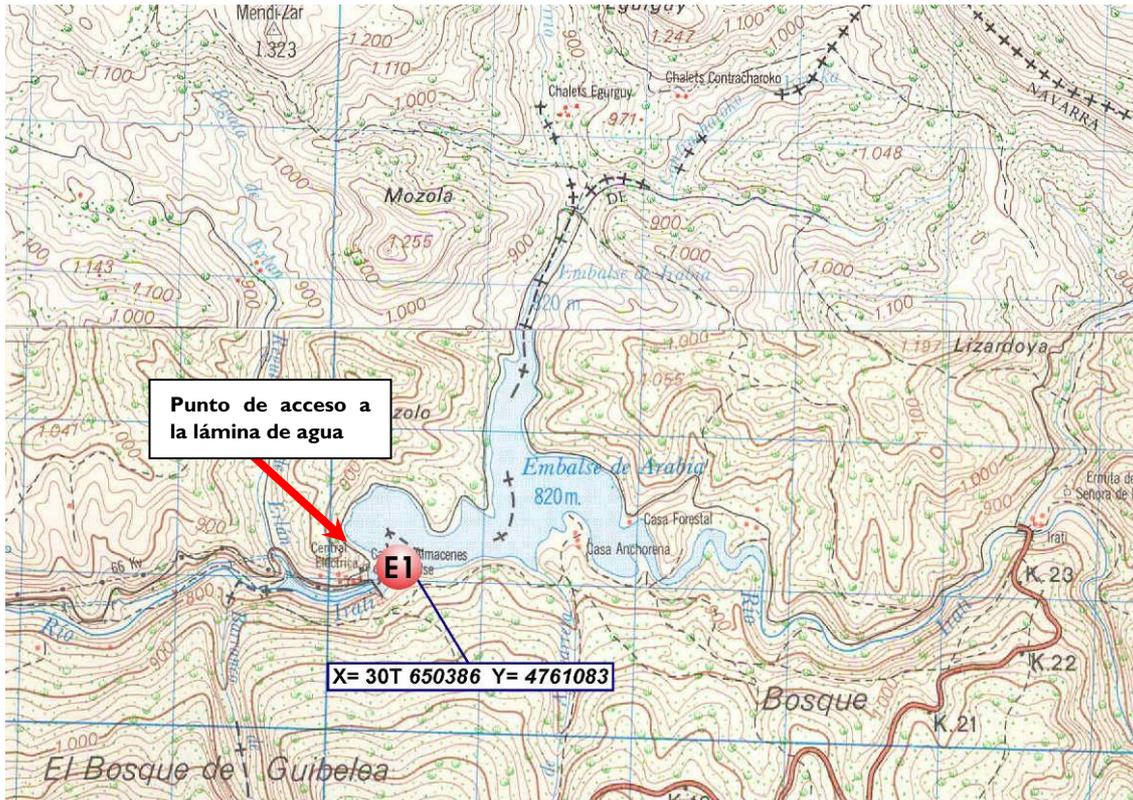
<b>Tributario principal:</b>	<b>Río Irati</b>	<b>Otros tributarios:</b>	-
<b>Año de terminación:</b>	<b>1930</b>	<b>Propietario:</b>	<b>Iberdrola</b>
<b>Cuenca a la que pertenece:</b>	<b>Aragón</b>	<b>Altitud (msnm):</b>	<b>820</b>
<b>Capacidad total (hm<sup>3</sup>):</b>	<b>14</b>	<b>Capacidad útil (hm<sup>3</sup>):</b>	-
<b>Longitud máxima (km):</b>	<b>5,2</b>	<b>Perímetro (km):</b>	<b>11</b>
<b>Profundidad máxima (m):</b>	<b>20</b>	<b>Profundidad media (m):</b>	<b>14,9</b>
<b>Usos principales:</b>	<b>Hidroeléctrico</b>	<b>Otros usos:</b>	-



Panorámica del embalse (22/07/2004)



**SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO:**



 Estación de embalse

**Nº Plano/s 1:50.000: 248**



**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD**

		GRADO TRÓFICO	POTENCIAL ECOLÓGICO
IRATI		Oligo-Meso	Óptimo
Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Óptimo/Bueno	Mesotrófico	Deficiente	Malo

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS: (Datos referidos a la estación de presa -EI-)**

1ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 22/07/2004
Tª superficie (°C): 23,42	pH superficie (ud): 8,93	Conductividad superficie (µS/cm): 156
Tª fondo (°C): 12,73	pH fondo (ud): 8,17	Conductividad fondo (µS/cm): 183
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	4,55	7,7
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 5
Condiciones anóxicas:	Si	Grosor capa anóxica (m): 3
2ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 09/11/2004
Tª superficie (°C): 10,81	pH superficie (ud): 7,74	Conductividad superficie (µS/cm): 218
Tª fondo (°C): 9,94	pH fondo (ud): 7,35	Conductividad fondo (µS/cm): 227
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	4	6,8
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
3ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 05/04/2005
Tª superficie (°C): 11,32	pH superficie (ud): 7,91	Conductividad superficie (µS/cm): 157
Tª fondo (°C): 4,62	pH fondo (ud): 7,34	Conductividad fondo (µS/cm): 177
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	3,2	5,4
Termoclina:	No	Profundidad (m): -
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -
4ª CAMPAÑA	Muestreador: Erika González	Fecha de muestreo: 15/07/2005
Tª superficie (°C): 22,52	pH superficie (ud): 8,35	Conductividad superficie (µS/cm): 183
Tª fondo (°C): 7,97	pH fondo (ud): 7,68	Conductividad fondo (µS/cm): 306
Transparencia		
Disco de Secchi (m)		Capa fótica (m) -D.S. x 1,7-
EI	4	6,8
Termoclina:	Si	Profundidad (m): 11
Condiciones anóxicas:	No	Grosor capa anóxica (m): -



**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS:** (Datos referidos a la estación de presa -EI-)

1ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 22/07/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	IREIS	IREIT	IREIF
PROFUNDIDAD	m	1	5	18
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012	0,004	0,004
FOSFATOS	mg P/l	0,003	0,004	0,004
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,87	1,29	1,76
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,04	0,04	0,08
NITRATOS	mg N/l	0,12	0,11	0,13
NITRITOS	mg N/l	0,002	0,005	0,005
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	1,4		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	323		
CLASE PREDOMINANTE:	Clorofíceas		Nº células/ml: 164	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>		Nº células/ml: 145	

2ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 09/11/2004		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	IREIS	IREIM	IREIF
PROFUNDIDAD	m	1		19
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,012		0,040
FOSFATOS	mg P/l	0,007		0,010
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,59		0,85
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,03		0,06
NITRATOS	mg N/l	0,09		0,00
NITRITOS	mg N/l	0,005		0,004
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	3,1		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	889		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofíceas		Nº células/ml: 424	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella comta</i>		Nº células/ml: 418	

3ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 05/04/2005		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	IREIS	IREIM	IREIF
PROFUNDIDAD	m	1	14	28
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,006	0,007	0,057
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,007	0,036
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,55	0,50	0,53
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,01	0,02	0,05
NITRATOS	mg N/l	0,32	0,35	0,32
NITRITOS	mg N/l	0,005	0,004	0,005
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	1,8		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1.072		
CLASE PREDOMINANTE:	Criptofíceas		Nº células/ml: 757	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Rhodomonas minuta</i>		Nº células/ml: 726	

4ª CAMPAÑA		Fecha de muestreo: 15/07/2005		
		CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO		
PARÁMETRO	UNIDAD	IREIS	IREIM	IREIF
PROFUNDIDAD	m	1	12	23
FÓSFORO TOTAL	mg P/l	0,011	0,008	0,006
FOSFATOS	mg P/l	0,005	0,004	0,005
NITRÓGENO KJELDAHL	mg N/l	0,59	0,58	0,24
AMONIO TOTAL	mg N/l	0,02	0,02	0,09
NITRATOS	mg N/l	0,13	0,14	0,10
NITRITOS	mg N/l	0,004	0,003	0,004
CLOROFILA $\alpha$	$\mu\text{g/l}$	2,5		
Nº DE CÉLULAS TOTALES	nº cel/ml	1 046		
CLASE PREDOMINANTE:	Bacillariofíceas		Nº células/ml: 531	
ESPECIE PREDOMINANTE:	<i>Cyclotella ocellata</i>		Nº células/ml: 528	

## ADICIONAL INFORME EMBALSE DE IRABIA 2004-2005

Durante el año 2022 se han revisado los datos del embalse de Irabia recopilados durante los años 2004 y 2005, en aplicación del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, a partir de la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La metodología utilizada ha consistido en obtener del informe de dicho año los datos necesarios para estimar de nuevo el estado trófico y el potencial ecológico y, recalcular el valor correspondiente en cada variable y en el estado final del embalse, utilizando las métricas publicadas en 2015, lo que permite comparar el estado de los embalses en un ciclo interanual de forma homogénea.

En cada apartado considerado se indica la referencia del apartado del informe original al que se refiere este trabajo adicional.

### 1. ESTADO TRÓFICO

Para evaluar el grado de eutrofización o estado trófico de una masa de agua se aplican e interpretan una serie de indicadores de amplia aceptación. En cada caso, se ha tenido en cuenta el valor de cada indicador en función de las características limnológicas básicas de los embalses. Así, se han podido interpretar las posibles incoherencias entre los diversos índices y parámetros y establecer la catalogación trófica final en función de aquellos que, en cada caso, responden a la eutrofización de las aguas.

Dentro del presente estudio se han considerado los siguientes índices y parámetros:

#### **a) Concentración de nutrientes. Fósforo total (PT)**

La concentración de fósforo total en el epilimnion del embalse es un parámetro decisivo en la eutrofización ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria. De entre los índices conocidos, se ha adoptado en el presente estudio, el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) resumido en la tabla A1, ya que es

el que mejor refleja el grado trófico real en los casos estudiados y además es el de más amplio uso a nivel mundial y en particular en la Unión Europea (UE), España y la propia Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Desde 1984 se demostró que los criterios de la OCDE, que relacionan la carga de nutrientes con las respuestas de eutrofización, eran válidos para los embalses españoles.

**Tabla A1.** Niveles de calidad según la concentración de fósforo total.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100

### b) Fitoplancton (Clorofila *a*, densidad algal)

A diferencia del anterior, el fitoplancton es un indicador de respuesta trófica y, por lo tanto, integra todas las variables causales, de modo que está influido por otros condicionantes ambientales además de estarlo por los niveles de nutrientes. Se utilizan dos parámetros como estimadores de la biomasa algal en los índices: concentración de clorofila *a* en la zona fótica ( $\mu\text{g/L}$ ) y densidad celular ( $\text{n}^\circ$  células/ml).

Al contar en este estudio mayoritariamente con sólo una campaña de muestreo, y por tanto no contar con una serie temporal que nos permitiera la detección del máximo anual, se utilizaron las clases de calidad relativas a la media anual (tabla A2). La utilización de los límites de calidad relativos a la media anual de clorofila se basó en el hecho de que los muestreos fueron realizados durante la estación de verano. Según la bibliografía limnológica general, el verano coincidiría con un descenso de la producción primaria motivado por el agotamiento de nutrientes tras el pico de producción típico de finales de primavera. Por ello, la utilización de los límites o rangos relativos al máximo anual resultaría inadecuada.

Para la densidad celular, basamos nuestros límites de estado trófico en la escala logarítmica basada en los estudios limnológicos de Margalef, ya utilizada para incluir más clases de estado trófico en otros estudios (tabla A2). Estos resultados se ajustaban de forma más aproximada a los obtenidos mediante otras métricas estándar de la OCDE como las de P total o clorofila. En el presente estudio, los índices elegidos son los siguientes:

**Tabla A2.** Niveles de calidad según la clorofila *a* y la densidad algal del fitoplancton.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

### c) Transparencia de la columna de agua. Disco de Secchi (DS)

Por su parte, la transparencia, medida como profundidad de visibilidad del disco de Secchi (media y mínimo anual en m), está también íntimamente relacionada con la biomasa algal, aunque más indirectamente, ya que otros factores como la turbidez debida a sólidos en suspensión, o los fenómenos de dispersión de la luz que se producen en aguas carbonatadas, afectan a esta variable.

Se utilizaron las clases de calidad relativas al mínimo anual de transparencia según criterios OCDE. Se utilizaron en este caso los rangos relativos al mínimo anual (tabla A3) debido a varios factores: por un lado, la transparencia en embalses es generalmente menor que en lagos; por otro lado, en verano se producen resuspensiones de sedimentos como consecuencia de los desembalses para regadío, y por último, la mayoría de los embalses muestreados son de aguas carbonatadas, con lo que la profundidad de Secchi subestimaría también la transparencia.

**Tabla A3.** Niveles de calidad según la transparencia.

Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

### Catalogación trófica final

Se han considerado la totalidad de los índices expuestos, que se especifican en la tabla A4, estableciéndose el estado trófico global de los embalses estudiados según la metodología descrita a continuación, utilizando el valor promedio de los dos muestreos en su caso.

**Tabla A4.** Resumen de los parámetros indicadores de estado trófico.

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración PT ( $\mu\text{g}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

Sobre la base de esta propuesta, en la tabla A5 se incluye la catalogación de las diferentes masas de agua por parámetro. Así, para cada uno de los embalses, se asignó un valor numérico (de 1 a 5) según cada clase de estado trófico.

**Tabla A5.** Valor numérico asignado a cada clase de estado trófico.

ESTADO TRÓFICO	VALORACIÓN
Ultraoligotrófico	1
Oligotrófico	2
Mesotrófico	3
Eutrófico	4
Hipereutrófico	5

La valoración del estado trófico global final se calculó mediante la *media* de los valores anteriores, re-escalada a cinco rangos de estado trófico (es decir, el intervalo 1-5, de 4 unidades, dividido en 5 rangos de 0,8 unidades de amplitud).

## 2. ESTADO DE LA MASA DE AGUA

El **estado** de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales, y viene determinado por el *peor valor* de su estado ecológico y químico.

- El *estado ecológico* es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia (es decir, en ausencia de alteraciones). En el caso de los embalses se denomina *potencial ecológico* en lugar de estado ecológico. Se determina a partir de indicadores de calidad (biológicos y fisicoquímicos).

- El estado químico de las aguas es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

## 2.1. POTENCIAL ECOLÓGICO

### 2.1.1. INDICADORES DE CALIDAD BIOLÓGICOS: FITOPLANCTON

Como consecuencia de la aprobación de la IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica, Orden ARM/2656/2008), se ha realizado una aproximación al potencial ecológico para el elemento de calidad fitoplancton denominada *propuesta normativa*. En ella se establecen las condiciones de máximo potencial para los siguientes parámetros: clorofila a, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias, en función de la tipología del embalse.

Se debe seguir el procedimiento descrito en el Protocolo MFIT-2013 Versión 2 para el cálculo del RCE de cada uno de los cuatro parámetros:

#### - Cálculo de Ratio de Calidad Ecológico (RCE)

##### Cálculo para clorofila a:

$$\text{RCE} = [(1/\text{Chla Observado}) / (1/\text{Chla Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para biovolumen:

$$\text{RCE} = [(1/\text{biovolumen Observado}) / (1/\text{ biovolumen Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para el Índice de Grupos Algales (IGA):

$$\text{RCE} = [(400\text{-IGA Observado}) / (400\text{- IGA Máximo Potencial Ecológico})]$$

##### Cálculo para el porcentaje de cianobacterias:

$$\text{RCE} = [(100 - \% \text{ cianobacterias Observado}) / (100 - \% \text{ cianobacterias Máximo Potencial Ecológico})]$$

#### 1) Concentración de clorofila a

Del conjunto de pigmentos fotosintetizadores de las microalgas de agua dulce, la clorofila a se emplea como un indicador básico de biomasa fitoplanctónica. Todos los grupos de microalgas contienen clorofila a como pigmento principal, pudiendo llegar a

representar entre el 1 y el 2 % del peso seco total. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo con la concentración de clorofila *a* se indica en la tabla A6.

**Tabla A6.** Clases de potencial ecológico según el RCE de la concentración de clorofila *a*.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,211	0,210 – 0,14	0,13 – 0,07	< 0,07
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,195	0,194 – 0,13	0,12 – 0,065	< 0,065
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,304	0,303 – 0,203	0,202 – 0,101	< 0,101
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 2) Biovolumen algal

El biovolumen es una medida mucho más precisa de la biomasa algal, por tener en cuenta el tamaño o volumen celular de cada especie, además del número de células. La clasificación del potencial ecológico de acuerdo al biovolumen de fitoplancton se indica en la tabla A7.

**Tabla A7.** Clases de potencial ecológico según el RCE del biovolumen algal del fitoplancton.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,189	0,188 – 0,126	0,125 – 0,063	< 0,063
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,175	0,174 – 0,117	0,116 – 0,058	< 0,058
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,261	0,260 – 0,174	0,173 – 0,087	< 0,087
Valoración de cada clase	2	3	4	5

## 3) Índice de grupos algales (IGA)

Se ha aplicado un índice basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales del fitoplancton, denominado *IGA*, y que viene siendo utilizado por CHE desde 2010.

El índice *IGA* se expresa:

$$Iga = \frac{1 + 0.1 * Cr + Cc + 2 * (Dc + Chc) + 3 * Vc + 4 * Cia}{1 + 2 * (D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Siendo,

<i>Cr</i>	<b>Criptófitos</b>	<i>Cia</i>	<b>Cianobacterias</b>
<i>Cc</i>	<b>Crisófitos coloniales</b>	<i>D</i>	<b>Dinoflageladas</b>
<i>Dc</i>	<b>Diatomeas coloniales</b>	<i>Cnc</i>	<b>Crisófitos no coloniales</b>
<i>Chc</i>	<b>Clorococales coloniales</b>	<i>Chnc</i>	<b>Clorococales no coloniales</b>
<i>Vc</i>	<b>Volvocales coloniales</b>	<i>Dnc</i>	<b>Diatomeas no coloniales</b>

En cuanto al IGA, se han considerado los rangos de calidad establecidos en la tabla A8.

**Tabla A8.** Clases de potencial ecológico según el RCE del Índice de Grupos Algales (IGA).

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango Tipos 1, 2 y 3	> 0,974	0,973 – 0,649	0,648 – 0,325	< 0,325
Rango Tipos 7, 8, 9, 10 y 11	> 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327
Rango Tipo 12	> 0,929	0,928 – 0,619	0,618 – 0,31	< 0,31
Rango Tipo 13	> 0,979	0,978 – 0,653	0,652 – 0,326	< 0,326
Valoración de cada clase	2	3	4	5

#### 4) Porcentaje de cianobacterias

El aumento de la densidad relativa de cianobacterias se ha relacionado en numerosas ocasiones con procesos de eutrofización.

Para el cálculo del porcentaje de cianobacterias se ha utilizado el procedimiento descrito en el Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses Versión 2 (MAGRAMA, 2016). Se aplica para el cálculo la siguiente fórmula:

$$\%CIANO = \frac{BVOL_{CIA} - [BVOL_{CHR} - (BVOL_{MIC} + BVOL_{WOR})]}{BVOL_{TOT}}$$

Donde:	BVOL <sub>CIA</sub>	Biovolumen de cianobacterias totales
	BVOL <sub>CHR</sub>	Biovolumen de Chroococcales
	BVOL <sub>MIC</sub>	Biovolumen de <i>Microcystis</i>
	BVOL <sub>WOR</sub>	Biovolumen de <i>Woronichinia</i>
	BVOL <sub>TOT</sub>	Biovolumen total de fitoplancton

Los valores de cambio de clases se establecen como se muestran en la tabla A9.

**Tabla A9.** Clases de potencial ecológico según el RCE del porcentaje de cianobacterias.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
Rango <i>Tipos 1, 2 y 3</i>	> 0,908	0,907 – 0,607	0,606 – 0,303	< 0,303
Rango <i>Tipos 7, 8, 9, 10 y 11</i>	> 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24
Rango <i>Tipo 12</i>	> 0,686	0,685 – 0,457	0,456 – 0,229	< 0,229
Rango <i>Tipo 13</i>	> 0,931	0,930 – 0,621	0,620 – 0,31	< 0,31
Valoración de cada clase	2	3	4	5

Posteriormente, es necesario llevar a cabo la *transformación de los valores de RCE obtenidos* a una escala numérica equivalente para los cuatro indicadores (RCE<sub>trans</sub>). Las ecuaciones varían en función del tipo de embalse.

Tipos 1, 2 y 3

Clorofila a	
RCE > 0,21	$RCE_{trans} = 0,5063 \times RCE + 0,4937$
RCE ≤ 0,21	$RCE_{trans} = 2,8571 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,19	$RCE_{trans} = 0,4938 \times RCE + 0,5062$
RCE ≤ 0,19	$RCE_{trans} = 3,1579 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,91	$RCE_{trans} = 4,4444 \times RCE - 3,4444$
RCE ≤ 0,91	$RCE_{trans} = 0,6593 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9737	$RCE_{trans} = 15,234 \times RCE - 14,233$
RCE ≤ 0,9737	$RCE_{trans} = 0,6162 \times RCE$

Tipos 7, 8, 9, 10 y 11

Clorofila a	
RCE > 0,43	$RCE_{trans} = 0,7018 \times RCE + 0,2982$
RCE ≤ 0,43	$RCE_{trans} = 1,3953 \times RCE$
Biovolumen	
RCE > 0,36	$RCE_{trans} = 0,625 \times RCE + 0,375$
RCE ≤ 0,36	$RCE_{trans} = 1,6667 \times RCE$
% Cianobacterias	
RCE > 0,72	$RCE_{trans} = 1,4286 \times RCE - 0,4286$
RCE ≤ 0,72	$RCE_{trans} = 0,8333 \times RCE$
Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,9822	$RCE_{trans} = 22,533 \times RCE - 21,533$
RCE ≤ 0,9822	$RCE_{trans} = 0,6108 \times RCE$

Tipos 6 y 12

Clorofila a	
RCE > 0,195	$RCE_{trans} = 0,497x RCE + 0,503$
RCE ≤ 0,195	$RCE_{trans} = 3,075 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,175	$RCE_{trans} = 0,4851 x RCE + 0,5149$
RCE ≤ 0,175	$RCE_{trans} = 3,419 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,686	$RCE_{trans} = 1,2726x - 0,2726$
RCE ≤ 0,686	$RCE_{trans} = 0,875 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,929	$RCE_{trans} = 5,6325x - 4,6325$
RCE ≤ 0,929	$RCE_{trans} = 0,6459 x RCE$

Tipo 13

Clorofila a	
RCE > 0,304	$RCE_{trans} = 0,575 x RCE + 0,425$
RCE ≤ 0,304	$RCE_{trans} = 1,9714 x RCE$

Biovolumen	
RCE > 0,261	$RCE_{trans} = 0,541x RCE + 0,459$
RCE ≤ 0,261	$RCE_{trans} = 2,3023 x RCE$

% Cianobacterias	
RCE > 0,931	$RCE_{trans} = 5,7971 x RCE - 4,7971$
RCE ≤ 0,931	$RCE_{trans} = 0,6445 x RCE$

Índice de Grupos Algales (IGA)	
RCE > 0,979	$RCE_{trans} = 18,995 x RCE - 17,995$
RCE ≤ 0,979	$RCE_{trans} = 0,6129 x RCE$

Para la combinación de los distintos indicadores representativos del elemento de calidad fitoplancton se hallará la *media* de los RCE transformados correspondientes a los parámetros “*abundancia-biomasa*” y “*composición*”. La combinación de los RCE transformados se llevará a cabo primero para los indicadores de clorofila y biovolumen, ambos representativos de la abundancia. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados.

Posteriormente se llevará a cabo la combinación de los indicadores representativos de la composición: porcentaje de cianobacterias y el IGA. La combinación se hará mediante las *medias* de los RCE transformados. Finalmente, para la combinación de los indicadores de composición y abundancia-biomasa se hará la *media aritmética*.

El valor final de la combinación de los RCE transformados se clasificará de acuerdo a la siguiente escala de la tabla A10:

**Tabla A10.** Ratios de calidad según el índice de potencial ecológico normativo RCEtrans.

Clase de potencial ecológico	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo
<i>RCEtrans</i>	> 0,6	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Valoración de cada clase	2	3	4	5

**Tabla A11.** Valores de referencia propios del tipo ( $VR_t$ ) y límites de cambio de clase de potencial ecológico ( $B^+/M$ , Bueno o superior-Moderado;  $M/D$ , Moderado-Deficiente;  $D/M$ , Deficiente-Malo) de los indicadores de los elementos de calidad de embalses (*RD 817/2015*). Se han incluido sólo los tipos de embalses presentes en el ESTUDIO.

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	$VR_t$	$B^+/M$ (RCE)	$M/D$ (RCE)	$D/M$ (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,00	0,211	0,14	0,07
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,36	0,189	0,126	0,063
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,10	0,974	0,649	0,325
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,908	0,607	0,303
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,60	0,433	0,287	0,143
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	0,61	0,982	0,655	0,327
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
Tipo 12	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,40	0,195	0,13	0,065
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,63	0,175	0,117	0,058
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,50	0,929	0,619	0,31
			Porcentaje de cianobacterias	0,10	0,686	0,457	0,229
Tipo 13	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila <i>a</i> mg/m <sup>3</sup>	2,10	0,304	0,203	0,101
			Biovolumen mm <sup>3</sup> /L	0,43	0,261	0,174	0,087
		Composición	Índice de Catalán (IGA)	1,10	0,979	0,653	0,326
			Porcentaje de cianobacterias	0,00	0,931	0,621	0,31

## 2.1.2. INDICADORES DE CALIDAD FISICOQUÍMICOS

Todavía la normativa no ha desarrollado qué indicadores fisicoquímicos se emplean en embalses, pero por similitud con los que se recogen para lagos (Real Decreto 817/2015) se utilizan los siguientes:

### 1) Transparencia

La transparencia es un elemento válido para evaluar el grado trófico del embalse; tiene alta relación con la productividad biológica; y además tiene rangos establecidos fiables y de utilidad para el establecimiento de los límites de clase del potencial ecológico. Se ha evaluado a través de la profundidad de visión del disco de Secchi (DS), considerando su valor para la obtención de las distintas clases de potencial (tabla A12).

**Tabla A12.** Clases de potencial ecológico según la profundidad de visión del Disco de Secchi.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Disco de Secchi (DS, m)	> 6	6 - 3	< 3
Valoración de cada clase	1	2	3

### 2) Condiciones de oxigenación

Representa un parámetro secundario de la respuesta trófica que viene a indicar la capacidad del sistema para asimilar la materia orgánica autóctona, generada por el propio sistema a través de los productores primarios en la capa fótica, y la materia orgánica alóctona, es decir, aquella que procede de fuentes externas al sistema, como la procedente de focos de contaminación puntuales o difusos.

Se ha evaluado estimando la reserva media de oxígeno hipolimnético en el periodo de muestreo, correspondiente al periodo de estratificación. En el caso de embalses no estratificados se consideró la media de oxígeno en toda la columna de agua. Las clases consideradas han sido las correspondientes a la concentración de oxígeno en la columna de agua; parámetro vital para la vida piscícola. En la tabla A13 se resumen los límites establecidos.

**Tabla A13.** Clases de potencial ecológico según la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion o en toda la columna de agua, cuando el embalse no está estratificado.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración hipolimnética (mg/L O <sub>2</sub> )	> 8	8 - 6	< 6
Valoración de cada clase	1	2	3

### 3) Concentración de nutrientes

En este caso se ha seleccionado el fósforo total (PT), ya que su presencia a determinadas concentraciones en un embalse acarrea procesos de eutrofización, pues en la mayoría de los casos es el principal elemento limitante para el crecimiento de las algas.

Se ha empleado el resultado obtenido en la muestra integrada, considerando los criterios de la OCDE especificados en la tabla A14 (OCDE, 1982) adaptado a los intervalos de calidad del RD 817/2015.

**Tabla A14.** Clases de potencial ecológico según la concentración de fósforo total.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Bueno	Moderado
Concentración de PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	0 - 4	4 -10	> 10
Valoración de cada clase	1	2	3

Si se toman varios datos anuales, se hace la *mediana* de los valores anuales.

Posteriormente se elige el *peor valor* de los tres indicadores (transparencia, condiciones de oxigenación y fósforo total).

### 4) Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca

Dentro de los indicadores fisicoquímicos también se tienen en cuenta las **sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca**. El valor medio de los datos anuales se revisa para ver si *cumple o no con la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del Anexo V del RD 817/2015*. Si *incumple* supone asignarle para los indicadores fisicoquímicos la categoría de *moderado*.

**Tabla A15.** Clases de potencial ecológico para sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca.

Clase de potencial ecológico	Muy Bueno	Moderado
Sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

El potencial ecológico resulta del *peor valor* entre los indicadores biológicos y fisicoquímicos.

**Tabla A16.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Físicoquímico	Potencial Ecológico
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

## 2.2. ESTADO QUÍMICO

El estado químico es “*no bueno*” cuando hay algún incumplimiento de la Norma de Calidad Ambiental, bien sea como media anual (NCA\_MA), como máximo admisible (NCA\_CMA) o en la biota (NCA\_biota) para las **sustancias prioritarias y otros contaminantes**. Las NCA se recogen en el *Anexo IV del RD 817/2015*.

**Tabla A17.** Clases de estado químico para sustancias prioritarias y otros contaminantes.

Clase de estado químico	Bueno	No alcanza el buen estado
Sustancias prioritarias y otros contaminantes	Cumple NCA	No cumple NCA
Valoración de cada clase	2	3

## 2.3. ESTADO

El estado de la masa de agua es el *peor valor* entre su potencial ecológico y su estado químico.

**Tabla A18.** Determinación del estado.

Estado	Estado Químico	
Potencial Ecológico	Bueno	No alcanza el buen estado
Bueno o superior	Bueno	Inferior a bueno
Moderado	Inferior a bueno	
Deficiente		
Malo		

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO TRÓFICO DEL EMBALSE DE IRABIA

Se han considerado los indicadores especificados en la tabla A19 para los valores medidos en el embalse, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita.

**Tabla A19.** Parámetros indicadores y rangos de estado trófico.

Parámetros   Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P ( $\mu\text{g P / L}$ )	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cél./ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
<b>VALOR PROMEDIO</b>	<b>&lt; 1,8</b>	<b>1,8 – 2,6</b>	<b>2,6 – 3,4</b>	<b>3,4 – 4,2</b>	<b>&gt; 4,2</b>

En la tabla A20a se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final para la campaña de muestreo de 2004.

**Tabla A20a.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Irabia 2004.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	12,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	4,55	Oligotrófico
CLOROFILA <i>a</i>	1,40	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	1046	Mesotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>2,50</b>	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como oligotrófico; la concentración de clorofila *a* como oligotrófico y la densidad algal como mesotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Irabia en 2004 ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

En la tabla A20b se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final para la campaña de muestreo de 2005.

**Tabla A20b.** Diagnóstico del estado trófico del embalse de Irabia 2005.

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
CONCENTRACIÓN P TOTAL	11,00	Mesotrófico
DISCO SECCHI	4,00	Oligotrófico
COLOROFILA <i>a</i>	2,50	Oligotrófico
DENSIDAD ALGAL	323	Oligotrófico
<b>ESTADO TRÓFICO FINAL</b>	<b>2,25</b>	<b>OLIGOTRÓFICO</b>

Atendiendo a los criterios seleccionados, la concentración de P total ha clasificado el embalse como mesotrófico; la transparencia como oligotrófico; la concentración de clorofila *a* como oligotrófico y la densidad algal como oligotrófico. Combinando todos los indicadores, el estado trófico final para el embalse de Irabia en 2005 ha resultado ser **OLIGOTRÓFICO**.

### DIAGNÓSTICO DEL ESTADO FINAL DEL EMBALSE DE IRABIA

En la mayoría de los casos en lugar del estado de la masa, sólo se puede establecer el potencial ecológico (además sin tener en cuenta la presencia de sustancias preferentes y contaminantes específicos de cuenca, para los indicadores fisicoquímicos). Tampoco se han estudiado las sustancias prioritarias y otros contaminantes que permitan determinar el estado químico, por eso se diagnostica la masa con el **potencial ecológico**.

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase B+/M (Bueno o superior/Moderado), M/D (Moderado/Deficiente) y D/M (Deficiente/Malo), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en las tablas A21 y A22.

**Tabla A21.** Parámetros, rangos del RCE y valores para la determinación del potencial ecológico normativo.

			RANGOS DEL RCE				
Indicador	Elementos	Parámetros	Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
Biológico	Fitoplancton	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	≥ 0,433	0,432 – 0,287	0,286 – 0,143	< 0,143	
		Biovolumen algal (mm <sup>3</sup> /L)	≥ 0,362	0,361 – 0,24	0,23 – 0,12	< 0,12	
		Índice de Catalán (IGA)	≥ 0,982	0,981 – 0,655	0,654 – 0,327	< 0,327	
		Porcentaje de cianobacterias	≥ 0,715	0,714 – 0,48	0,47 – 0,24	< 0,24	
			Bueno o superior	Moderado	Deficiente	Malo	
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>			<b>&gt; 0,6</b>	<b>0,4 - 0,6</b>	<b>0,2 - 0,4</b>	<b>&lt; 0,2</b>	
			RANGOS DE VALORES				
Indicador	Elementos	Parámetros	Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	> 6	3 - 6	1,5 - 3	0,7 - 1,5	< 0,7
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	> 8	8 - 6	6 - 4	4 - 2	< 2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	0 - 4	4 - 10	10 - 35	35 - 100	> 100
			Muy bueno	Bueno	Moderado		
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>			<b>&lt; 1,6</b>	<b>1,6 – 2,4</b>	<b>&gt; 2,4</b>		

La combinación de los dos indicadores, fisicoquímico y biológico, para la obtención del potencial ecológico normativo sigue el esquema de decisiones indicado en la tabla A22.

**Tabla A22.** Combinación de los indicadores.

Indicador Biológico	Indicador Fisicoquímico	Potencial Ecológico (PE)
Bueno o superior	Muy bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Bueno	Bueno o superior
Bueno o superior	Moderado	Moderado
Moderado	Indistinto	Moderado
Deficiente		Deficiente
Malo		Malo

En la tabla A23a se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2004.

**Tabla A23a.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Irabia 2004.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ )	1,40	1,86	1,60	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>			<b>BUENO O SUPERIOR</b>
Indicador	Elementos	Indicador	Valor	PE			
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,55	Bueno			
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	4,16	Moderado			
	Nutrientes	Concentración de PT ( $\mu\text{g P/L}$ )	12,00	Moderado			
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>			<b>MODERADO</b>
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Irabia para el año 2004 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.

En la tabla A23b se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico, tras pasar el filtro del indicador fisicoquímico para el año 2005.

**Tabla A23b.** Diagnóstico del potencial ecológico del embalse de Irabia 2005.

Indicador	Elementos	Parámetro	Indicador	Valor	RCE	RCET	PE
Biológico	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a (µg/L)	2,50	1,04	1,03	Bueno o superior
<b>INDICADOR BIOLÓGICO</b>				<b>2</b>		<b>BUENO O SUPERIOR</b>	
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>							
Indicador	Elementos	Indicador	Valor				PE
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi (m)	4,00				Bueno
	Oxigenación	O <sub>2</sub> hipolimnética (mg O <sub>2</sub> /L)	5,67				Moderado
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P/L)	11,00				Moderado
<b>INDICADOR FISICOQUÍMICO</b>				<b>3</b>		<b>MODERADO</b>	
<b>POTENCIAL ECOLÓGICO</b>				<b>MODERADO</b>			
<b>ESTADO FINAL</b>				<b>INFERIOR A BUENO</b>			

De acuerdo con los resultados obtenidos, el Estado Final del embalse de Irabia para el año 2005 es de nivel 3, **INFERIOR A BUENO**.