

# Estudio limnológico de la gravera de Gimileo



biodibertsitatea  
eta paisaia  
BIODIVERSIDAD Y  
PAISAJE

2004

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN ETA LURRALDE  
ANTOLAMENDU SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE  
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

 **ingurumena.net**

# **ESTUDIO LIMNOLÓGICO DE LA GRAVERA DE GIMILEO (LABASTIDA, ALAVA)**

**Informe elaborado por Cimera Estudios Aplicados S.L. para la Dirección de Aguas  
del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno  
Vasco**

**Enero de 2004**

**Dirección y Coordinación:**

**Álvaro Chicote Díaz**

**Equipo de trabajo:**

**Adel el Anjoumi el Amrani**

**Carmen Fernández-Enríquez**

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>CARACTERIZACIÓN LIMNOLÓGICA</b> .....	<b>12</b>
5.1	PARÁMETROS FÍSICOS .....	12
5.1.1	MORFOMETRÍA.....	12
5.1.2	HIDROLÓGICA .....	16
5.1.3	PROPIEDADES ÓPTICAS. TRANSPARENCIA DEL AGUA.....	18
5.1.4	RÉGIMEN TÉRMICO. TEMPERATURA DEL AGUA .....	20
5.2	PARÁMETROS QUÍMICOS .....	22
5.2.1	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	22
5.2.2	OXÍGENO DISUELTO .....	23
5.2.3	pH .....	25
5.2.4	NUTRIENTES .....	26
5.2.5	SULFÚRICO.....	32
5.3	PARÁMETROS BIOLÓGICOS .....	33
5.3.1	PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS.....	33
5.3.2	FITOPLANCTON .....	35
5.3.3	VEGETACIÓN ACUÁTICA.....	37
5.3.4	ZOOBENTOS .....	39
5.4	CALIDAD DEL AGUA Y ESTADO TRÓFICO .....	41
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>52</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>54</b>

## **1 INTRODUCCIÓN**

Las zonas húmedas constituyen unos de los ecosistemas más ricos y singulares. Son muchos los bienes y servicios ofrecidos por este tipo de ambientes entre los que se pueden destacar su papel en el ciclo hidrológico y en el de los materiales, su influencia sobre las características climáticas y microclimáticas, la elevada productividad y la capacidad depurativa de las aguas, sin olvidar otros valores, quizás menos tangibles pero sin duda de igual importancia como son la elevada biodiversidad que albergan, la destacada función paisajística o el importante valor sociocultural.

El patrimonio de humedales existentes en el País Vasco es relativamente bien conocido, si bien todavía son muchas las lagunas de información concernientes a la mayoría de estos valiosos ecosistemas (biodiversidad, producción biológica, hidrología, etc.). Si tuviéramos que definir un sistema acuático lenítico de interior "tipo" dentro del País Vasco, tendríamos que hablar de un sistema palustre de pequeño tamaño (< 1 Ha) y de escasa profundidad (la mayoría inferiores a 2 m), siendo muchos los casos en los que se da una ausencia de lámina de agua libre durante largos periodos del ciclo hidrológico (sistemas temporales) o de forma permanente (criptohumedales).

Aunque de escasa entidad, el País Vasco en general y la provincia alavesa en particular, posee un importante número de zonas húmedas interiores, máxime si sumamos a las de origen natural, el de otras de origen artificial como pueden ser las constituidas por algunos embalses y balsas de riego. A pesar de ello, la sobreexplotación de los recursos naturales, la excesiva especulación del suelo y la profunda alteración de las características naturales de las aguas, junto a la elevada fragilidad de estos ecosistemas han propiciado que estos elementos tan valiosos hayan sufrido un elevado deterioro en las últimas décadas.

Afortunadamente, esta catastrófica tendencia parece haber remitido en la actualidad. La conciencia colectiva actual tiene un claro reflejo en la preocupación generalizada de las administraciones públicas que se han apresurado en tomar las medidas necesarias para preservar el patrimonio de zonas húmedas presentes en los territorios que administran. El Gobierno Vasco es sin lugar a dudas un claro exponente de esta situación.

La minería es sin duda una de las actividades que genera mayor alteración ambiental. La extracción de áridos es considerada un tipo de minería a cielo abierto que centra su actividad en los tramos medios y bajos de los ríos, provocando graves modificaciones y generando espacios marginales fuertemente degradados tras la finalización de la explotación. Sin embargo, en muchas ocasiones generan láminas de agua que en poco espacio de tiempo experimentan un acelerado proceso de naturalización. La obstinada

actitud de la naturaleza hace que estos humedales en poco tiempo alcancen unos destacados valores ambientales por si mismos. El 40% de los Humedales Catalogados en la Ley de Protección de Zonas Húmedas de la Comunidad de Madrid, deben su origen a antiguas extracciones de áridos, lo que sin duda es indicativo del importante valor ambiental que pueden llegar a alcanzar estos humedales artificiales. Pero su potencial puede ir más allá.

De partida, su sola presencia ya puede ser considerada como una compensación a la elevada pérdida de humedales sufrida en las últimas décadas. Así, en el mundo anglosajón han sido calificados como humedales de mitigación o compensación. Ahora bien, conviene aclarar que en ningún caso debe ser considerado como una justificación para llevar a cabo cualquier actuación que suponga la pérdida de un humedal natural, cuya figura debe ser considerada a todos efectos como insustituible; pero además, tampoco se debe emplear este argumento como justificación para la concesión de un nuevo proyecto de explotación, pues en la mayoría de los casos esto lleva aparejado el deterioro o la pérdida de otros ambientes de inestimable valor como son los bosques ribereños y los tramos fluviales afectados.

Las láminas de agua generadas por actividad extractiva representan además una gran oportunidad, y al mismo tiempo un reto, para gestores, empresas, grupos conservacionistas e investigadores que pueden llegar a convertir estos espacios marginales en humedales de gran valor (Giró, 1994). Lamentablemente son pocos los casos en los que su restauración ha ido más allá de lo que puede ser un simple maquillaje. La Comunidad de Madrid es un buen ejemplo. Los últimos estudios cifran en más de 300 láminas de agua (algunas de ellas de hasta 100 ha.), originadas por la intensa actividad extractiva que desde hace años se lleva realizando (principalmente en los tramos medios y bajos de los ríos Jarama y Tajo). Sin embargo, son muy pocos los casos en los que se ha llevado a cabo labores de restauración; y en aquellas en las que se ha realizado alguna intervención, ésta no ha pasado de una simple labor de ajardinamiento y acondicionamiento para el uso público. Más aun, su abandono ha supuesto en numerosos casos que se hayan convertido en vertederos incontrolados, lo que ha supuesto un incremento del deterioro ambiental y una dificultad añadida a la hora de llevar a cabo las medidas correctoras oportunas.

La extracción de áridos llevada a cabo en la zona interior de un meandro del río Ebro a su paso por el término municipal de Labastida ha originado durante su período de explotación una importante modificación de los ecosistemas donde se emplaza. A pesar de la escasa distancia a la que se encuentra de poblaciones de cierta entidad como son Haro (La Rioja) o Labastida (Álava), este paraje se encuentra relativamente aislado y poco transitado, lo que ha permitido un buen proceso de naturalización tras el abandono de las explotaciones y un idóneo refugio para una fauna variada e interesante. Así, en la actualidad forma un conjunto heterogéneo de ambientes acuáticos, con un evidente potencial para la conservación de comunidades asociadas a los medios palustres. En este sentido, la gestión de este espacio natural debe contar con una información actualizada y

rigurosa de los valores ambientales de estos ecosistemas acuáticos, su potencialidad para diversos usos, y en su caso de las posibles actuaciones que se pueden emprender para restaurar o mejorar su estado actual.

Por tanto, la conservación de este humedal artificial y su gestión-restauración, debe ser tenida en cuenta al menos por tres motivos:

1. Su preservación ofrece la oportunidad de incrementar el patrimonio de humedales y contrarrestar la pérdida sufrida en las últimas décadas.
2. La actuación adecuada sobre ellos permite acelerar el proceso de naturalización, pero además, una adecuada restauración (generalmente de poco costo), permite obtener unos resultados que de otra forma serían muy difíciles de alcanzar.
3. El abandono supone en muchos casos un grave deterioro del entorno. Son muchos los ejemplos conocidos de graveras que tras el proceso de explotación acaban convirtiéndose en peligrosos puntos de contaminación de los acuíferos subyacentes, por citar alguno de los ejemplos más destacados de profunda alteración ambiental.

En el presente informe técnico se exponen los trabajos realizados para llevar a cabo el “Estudio limnológico de la Gravera de Gimileo (Labastida, Álava)” que ha sido llevado por CIMERA ESTUDIOS APLICADOS S.L. para el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

## **2 OBJETIVOS**

Con los resultados obtenidos y que se exponen en el presente documento se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

El OBJETIVO BÁSICO a conseguir sería el de dar un diagnóstico del estado actual del humedal artificial conocido como “humedal de Gimileo”.

Para ello se han considerado los siguientes OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar sus características morfométricas
2. Definir su funcionamiento hidrológico
3. Determinar y caracterizar las comunidades acuáticas
4. Analizar la calidad de sus aguas y clasificar su estado trófico
5. Dar un diagnóstico de los valores ambientales que existen en la actualidad y definir propuestas de actuación encaminadas a mejorar los valores ambiental que actualmente presenta

El presente trabajo se encuentra incluido dentro de un estudio más amplio, del que participaron la Consultora de Recursos Naturales, S.L. y el Departamento de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad del País Vasco, por lo que quedan excluidos en este informe los trabajos acometidos por el resto de los equipos de trabajo y que a grandes rasgos corresponden a la caracterización de la fauna vertebrada y la vegetación.



### 3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La laguna de Gimileo se encuentra ubicada en el término municipal de Labastida (Álava), dentro del paraje natural conocido como Rincón o Recodo de Gimileo (30TWN147117), a 430 msnm, según lo recoge el mapa topográfico nacional: Haro 170 (22-9) (Figura 1).

A pesar de estar situado solo 500 m. de distancia del núcleo urbano más cercano (Gimileo) y a 3 km de la población local más importante (Haro), Gimileo se encuentra localizado en un paraje relativamente aislado y poco transitado.

Las barreras geográficas impuestas en primera instancia por el cauce del río Ebro, y tras él, el ofrecido por un pronunciado escarpe formado por el río en su margen derecha, hacen que Gimileo se encuentre bien aislado de la actividad humana. El acceso a este lugar queda así restringido a su lado norte, a través de una pista bien asentada, que parte del kilómetro 2 de la comarcal que une las poblaciones de Haro y Labastida.

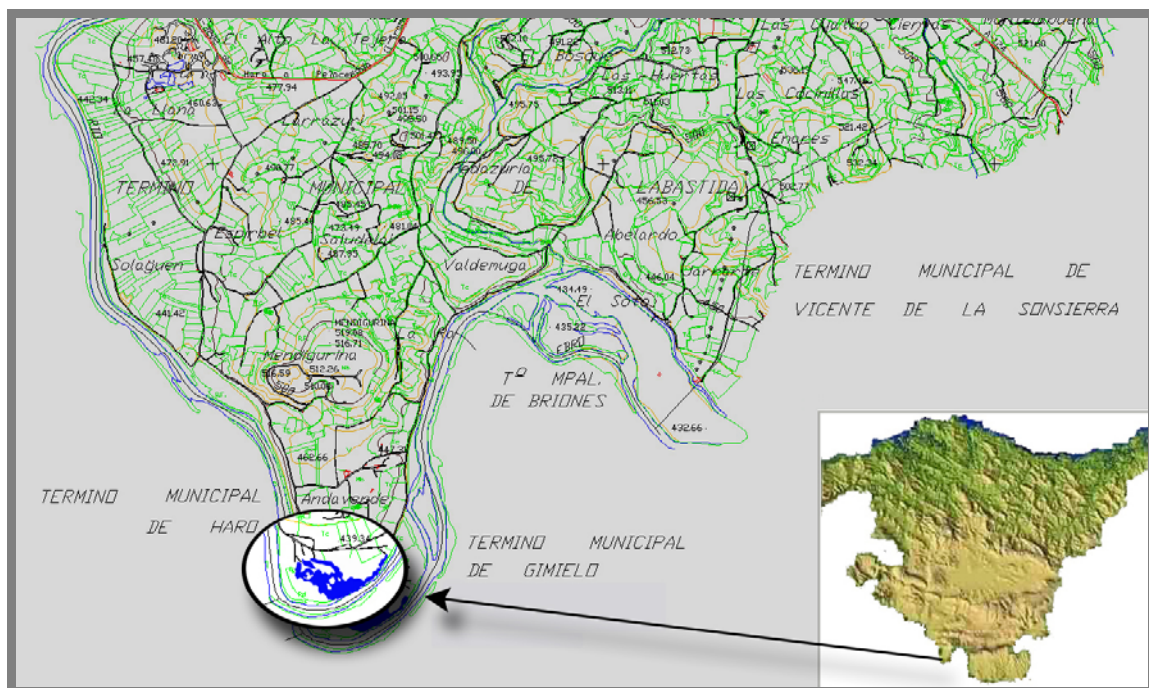


Figura 1. Localización geográfica de la laguna de Gimileo.

#### 4 METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El trabajo de campo fue realizado durante el periodo comprendido entre julio de 2002 y mayo de 2003, en diferentes campañas de muestreo que se llevaron a cabo con una periodicidad mensual. Tanto las determinaciones *in situ* como la recogida de muestras para su posterior análisis en laboratorio se realizaron sobre la cubeta principal, en la zona de máxima profundidad (Figura 3). Para ello se realizó previamente un recorrido general por la masa de agua, empleando una embarcación acompañada de una ecosonda que permitió además reconocer la morfología general de la cubeta.

Las mediciones realizadas en campo corresponden a los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH, empleándose para su determinación una sonda multiparamétrica, modelo: YSI MPS 556, acompañada de un cable de 4 m. Las mediciones se llevaron a cabo a diferentes profundidades en función de la heterogeneidad espacial que presentaba en cada momento la columna de agua. Además de éstas también fue estimada en campo la transparencia del agua mediante el empleo de un disco de Secchi.

Las muestras tomadas para su determinación en laboratorio fueron tomadas en superficie, recogidas en recipientes de polipropileno y vidrio, almacenadas en oscuridad y, según los casos, refrigeradas a 4°C hasta su posterior análisis en laboratorio. Con el fin de alargar la estabilidad de algunos parámetros las muestras fueron subdivididas *in situ* y tratadas con diferentes conservantes. Los parámetros analizados fueron nitrito, nitrato, amonio, fósforo reactivo soluble, fósforo total, sulfhídrico, pigmentos fotosintéticos y muestras biológicas para el estudio del fitoplancton y zoobentos. Las determinaciones analíticas realizadas en el laboratorio fueron llevadas a cabo mediante el uso de un espectrofotómetro (Odyssey DR/2500), siguiendo métodos normalizados (APHA, 1992).

En la Tabla 1 se presenta el conjunto de las variables físico-químicas estudiadas, el método analítico y la referencia bibliográfica donde puede ser consultada la descripción de la técnica utilizada.

Para el análisis de pigmentos fotosintéticos se filtraron *in situ*, cantidades variables de agua, según su contenido sestónico y siempre evitando someter al filtro a situaciones de estrés. El filtro empleado fue de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 0,7  $\mu\text{m}$  (Whatman GF/F). El método de extracción fue en frío (4°C) y en acetona al 90%. Las longitudes de onda y los coeficientes empleados para los cálculos fueron los propuestos en el método tricromático (Jeffrey & Humphrey, 1975).

El análisis taxonómico y la descripción de la composición y estructura del fitoplancton se realizaron a partir de muestras confinadas en botella de cristal opaco, utilizándose para su fijación una solución yodada de lugol al 1%. Una vez en el laboratorio, cada muestra fue sedimentada, según la técnica de Uthermhöl (1958), y posteriormente examinada al microscópico óptico. La identificación se llevó, siempre que se pudo, a nivel de especie.

Para el análisis del zoobentos se llevaron a cabo muestreos semicuantitativos, empleando para ello una red de mano de 0,5 mm de luz de malla. El muestreo consistió en mangueros sucesivos en todos los mesohábitats existentes dentro de la zona litoral. Las muestras se fijaron *in situ* con alcohol al 70%. En laboratorio, los organismos fueron separados mediante una columna de tamices con diferente luz de poro, bajo una lluvia fina de agua y utilizando posteriormente mesas transparentes de iluminación invertida. La identificación de las muestras se llevó a nivel de familia en la mayoría de los casos.

Para el análisis de las comunidades acuáticas se utilizó lupa binocular estereoscópica (Leica S6E) y microscopio óptico (Nikon SE).

Tabla 1. Metodología empleada en el análisis de los diferentes parámetros físico-químicos considerados en el estudio (\* =muestras filtradas a través de filtros Whatman GF/F; R, conservación a 4°C; O, conservación en oscuridad).

<b>Parámetro</b>	<b>Técnica</b>	<b>Conservación</b>	<b>Referencia</b>
<i>Temperatura</i>	<i>Termistor</i>	-	-
<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>Potenciométrico</i>	-	-
<i>Conductividad eléctrica</i>	<i>Potenciométrico</i>	-	-
<i>pH</i>	<i>Potenciométrico</i>	-	-
<i>Transparencia</i>	<i>Disco Secchi</i>	-	-
<i>Nitrato*</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O	APHA (1992)
<i>Nitrato*</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O	APHA (1992)
<i>Amonio*</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O, HgNO <sub>3</sub>	APHA (1992)
<i>Nitrógeno total</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O	APHA (1992)
<i>Fósforo reactivo soluble*</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O	APHA (1992)
<i>Fósforo total</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	APHA (1992)
<i>Sílice*</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O	APHA (1992)
<i>Sulfhídrico</i>	<i>Colorimétrico</i>	R, O	APHA (1992)

## 5 CARACTERIZACIÓN LIMNOLÓGICA

### 5.1 PARÁMETROS FÍSICOS

#### 5.1.1 MORFOMETRÍA

La forma y dimensiones de las masas de agua condicionan notablemente su funcionamiento ecológico. La interpretación de los datos físico-químicos o biológicos hay que buscarla en numerosas ocasiones en el tamaño y la forma de una cubeta lacustre y de su cuenca. Parámetros como la profundidad, superficie de la lámina de agua, longitud máxima, volumen, longitud de la línea de costa, por citar los más elementales, son decisivos para interpretar aspectos como el grado trófico de una laguna, la tasa de renovación de sus aguas, la presencia de vegetación acuática o los fenómenos de estratificación de la columna de agua.

Adicionalmente, cuando se trata de diagnosticar la potencialidad de un humedal de reciente formación y de poder definir posibles criterios de gestión, es de sumo interés conocer con el mayor nivel de detalle posible características morfométricas como son la pendiente de las orillas la forma de la cubeta y su perímetro, el desarrollo de costa, etc. ya que en la mayoría de los casos son estos los aspectos que determinan los criterios de una restauración adecuada.

El estado actual de este humedal se ha analizado a partir de ortoimagen, con comprobación en campo de su validez. Dicha comparación muestra una evidente modificación tanto de la forma como del tamaño (Figura 2). En la ortoimagen de 1998 se aprecia la presencia de dos unidades físicamente separadas, una de pequeñas dimensiones y somera, localizada al este de la zona de estudio y otra unidad de mayor dimensión, localizada en una posición más meridional, de aspecto más profundo y con una extensa zona litoral. En 2001, la morfometría general del conjunto muestra sensibles variaciones, apreciándose en líneas generales una ampliación de la superficie palustre y la interconexión de cubetas, que temporalmente quedan aisladas, al menos superficialmente, cuando el nivel del agua desciende.



*Figura 2. Gimileo es un humedal de reciente construcción que ha sufrido importantes cambios en tiempos recientes. En 1998 (ortofotografía superior), Gimileo estaba formado por dos lagunas independientes, que no presentaban ninguna conexión superficial con el río Ebro. En 2001 se aprecia un incremento de la superficie del humedal, quedando constituido por una cubeta principal de forma sinuosa y dos cubetas menores que eventualmente se comunican en periodos en los que se produce una elevación del nivel del agua (en la imagen únicamente se observa solo una de las cubetas aisladas); Además de estos cambios morfológicos el humedal presenta una conexión directa con el río Ebro en su orilla este que no existía antes de 1998. La línea azul delimita aproximadamente la superficie ocupada por la lámina de agua en ambos periodos.*



Actualmente, Gimileo se encuentra constituido por una lámina de agua principal de forma más o menos sinuosa. Su eje principal muestra una orientación este-oeste, una longitud máxima de 475 m, una anchura máxima de 158 m y un perímetro algo superior a 1.750 m (Figura 3). La superficie de la lámina de agua ocupa una superficie aproximada de 3,5 ha. La forma perimetral de esta cubeta es extremadamente irregular, favoreciendo así la diversidad de hábitat, lo que en principio estaría potenciando el desarrollo de una importante franja litoral y el de sus comunidades acuáticas asociadas (Figura 4). Sin embargo, esta situación no se cumple, al menos para una buena parte del humedal. Varios son los aspectos que pueden ser apuntados a este respecto. Por un lado, la topografía del entorno se caracteriza por el predominio de formas más o menos abruptas y fuertes pendientes, constituidos por arenas poco consolidadas y materiales rocosos de gran tamaño, cuya estructura y forma dificultan el asentamiento y desarrollo de la vegetación helofítica (Figura 5). Por otro lado, la escasa profundidad de la mayor parte de la cubeta junto al carácter arenoso y poco consolidado de los materiales que lo constituyen, ayudado por el efecto de movimiento y resuspensión del oleaje, daría un resultado poco propicio para el enraizamiento de la vegetación hidrofítica, que adicionalmente se vería restringida además por la turbidez del agua y por tanto por la limitación en cuanto a disponibilidad de luz.

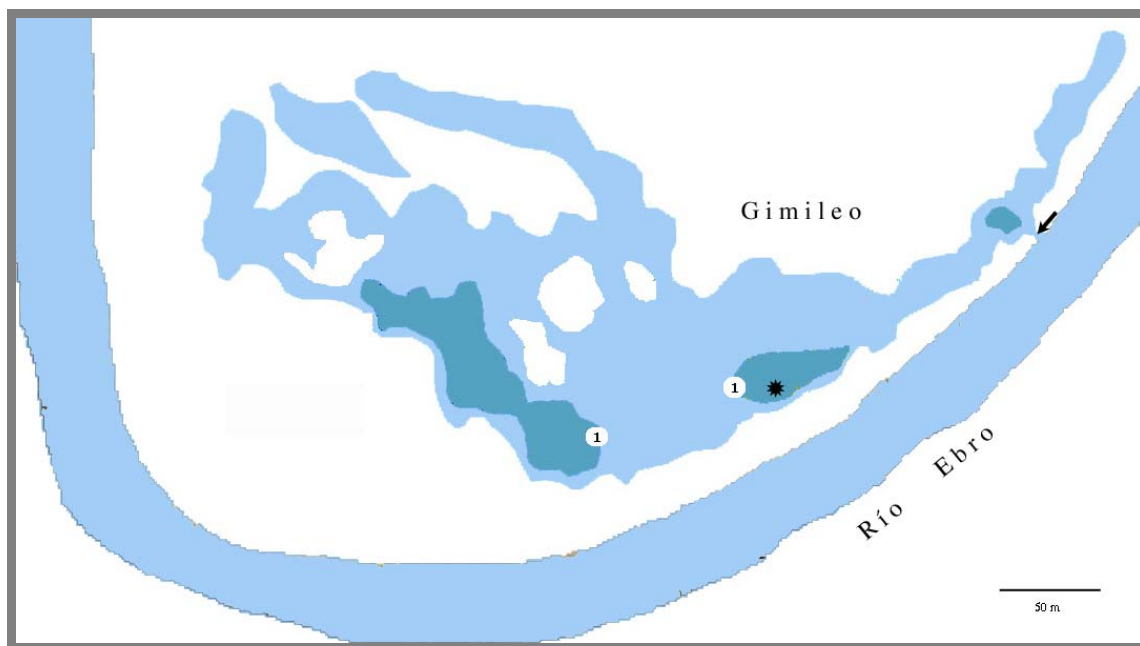
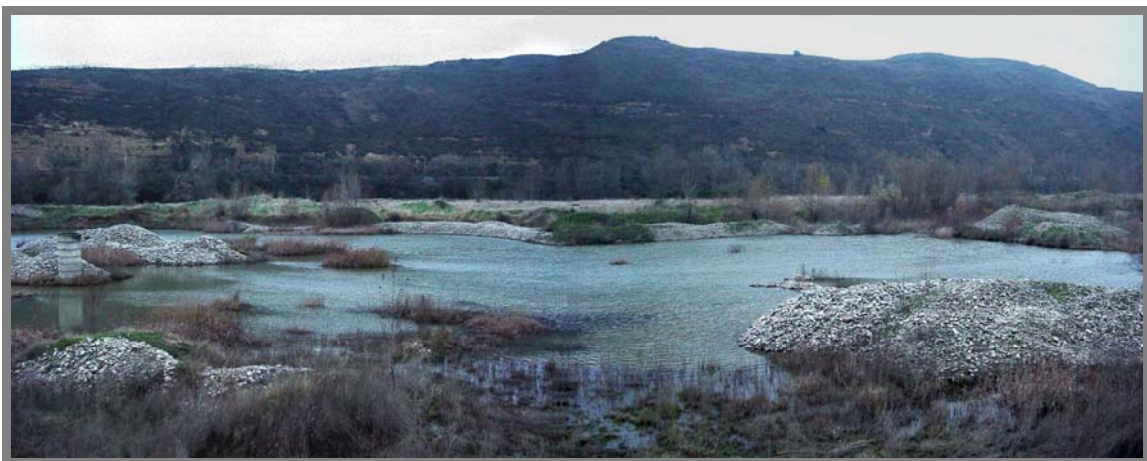


Figura 3. Gimileo es un humedal de escasa profundidad. En la mayor parte de su superficie no se supera el metro de profundidad. En la batimetría únicamente se representa la isolínea de 1 m, ya que profundidades mayores a 2 m solo son alcanzadas en un espacio reducido de la cubeta que se encuentra localizado al sur (\*). La flecha indica el punto de conexión con el río Ebro.

En cuanto a la forma de la cubeta, el proceso de extracción dio lugar a una batimetría compleja e irregular. Así, en líneas generales, la mayor parte de la cubeta presenta una escasa profundidad, que generalmente no supera 0,5 m. Esta zona somera, que ocupa aproximadamente los dos primeros tercios del lado norte, da paso a través de un abrupto escalón a zonas más profundas que varían entre 1,5 y 2 metros de profundidad, siendo de 2,55 m. la profundidad máxima registrada.

La laguna de Gimileo es por tanto un sistema palustre somero que potencialmente debería funcionar como un sistema lagunar, con escasa tendencia a la estratificación térmica y con posibilidad de que se den episodios de mezcla-estratificación intercalados a lo largo de los meses calurosos. Al tratarse de un sistema artificial originado como consecuencia de una actividad extractiva, la morfometría puede presentar notables diferencias con ecosistemas naturales ubicados en la misma zona. La estructura irregular de las diferentes cubetas que constituyen el complejo de formaciones palustres actual (característica que habitualmente se repite en este tipo de humedales artificiales), es quizás el aspecto más interesante a destacar desde un punto de vista morfométrico y probablemente también funcional.

Por otro lado, cabe resaltar la gran inestabilidad que puede llegar a tener la morfología actual de la cubeta y su entorno. Su ubicación dentro de la llanura de inundación del Ebro hace que este humedal se encuentre sometido a modificaciones que estarían asociadas a los episodios de fuertes crecidas que este río llega a presentar. Este hecho fue constatado en el invierno de 2002-2003, periodo en el que el río rompió el malecón que delimita el cauce del río por su margen izquierda, convirtiendo el humedal en parte del curso fluvial y elevando el nivel de las aguas varios metros por encima del habitual.



*Figura 4. Aspecto que presentaba la lámina de agua principal en el año 2003.*



*Figura 5. La fuerte pendiente presente en buena parte de sus orillas, junto a la granulometría de gran tamaño dificulta en gran medida el asentamiento de las comunidades litorales.*

### **5.1.2 HIDROLÓGICA**

La laguna de Gimileo se encuentra localizada dentro del dominio hidrogeológico de la Depresión del Ebro, en una llanura de inundación de valle fluvial en la que se desarrollan las unidades hidrogeológicas conocidas como acuíferos cuaternarios. Estas unidades se encuentran constituidas por los depósitos aluviales actuales y las terrazas bajas ligadas a la red de drenaje principal y conectado hidráulicamente con ellas (Figura 6). Es característico de éstas que el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie, lo que facilita la aparición de ambientes húmedos cuando se lleva a cabo el socavamiento del terreno.

El origen artificial de la cubeta hace que ésta carezca de una cuenca definida y de una red de drenaje organizada. El funcionamiento hidrológico del humedal, como ha sido posible constatar en estudios específicos sobre ambientes similares, estaría vinculado al funcionamiento del sistema hidrogeológico subyacente sobre el que se asienta (Figura 7). La presencia de esta masa de agua se debe al afloramiento del nivel freático y el régimen de entradas y salidas al sistema está fuertemente vinculado a líneas de flujo



subsuperficiales que se establecerían a favor de las cotas marcadas por los niveles piezométricos.

En la actualidad, la cubeta principal cuenta con una conexión hidráulica superficial con el río Ebro, que se da a través de su orilla este (Figura 3), no existiendo ningún otro aporte directo de arroyos, ni vertidos u otras entradas y/o salidas en superficie. Además, en este balance conceptual sobre el funcionamiento hidrológico de la laguna, también deben ser contabilizadas las salidas por evapotranspiración, especialmente durante el periodo estival y las entradas a través de la precipitación directa, sin bien estas últimas pueden ser consideradas de escasa cuantía dado la influencia mediterránea de la zona.

Así, cabe definir a Gimileo como un sistema mixto y abierto desde el punto de vista hidrológico, con una importante tasa de renovación, de régimen permanente y poco fluctuante durante buena parte del año, manteniendo por tanto un funcionamiento singular para una zona en la que la escasez e irregularidad de las precipitaciones y la elevada evapotranspiración potencial, hace que en los humedales localizados en las proximidades se caractericen por presentar un funcionamiento de carácter temporal, con periodos prolongados de ausencia de agua durante gran parte del año.

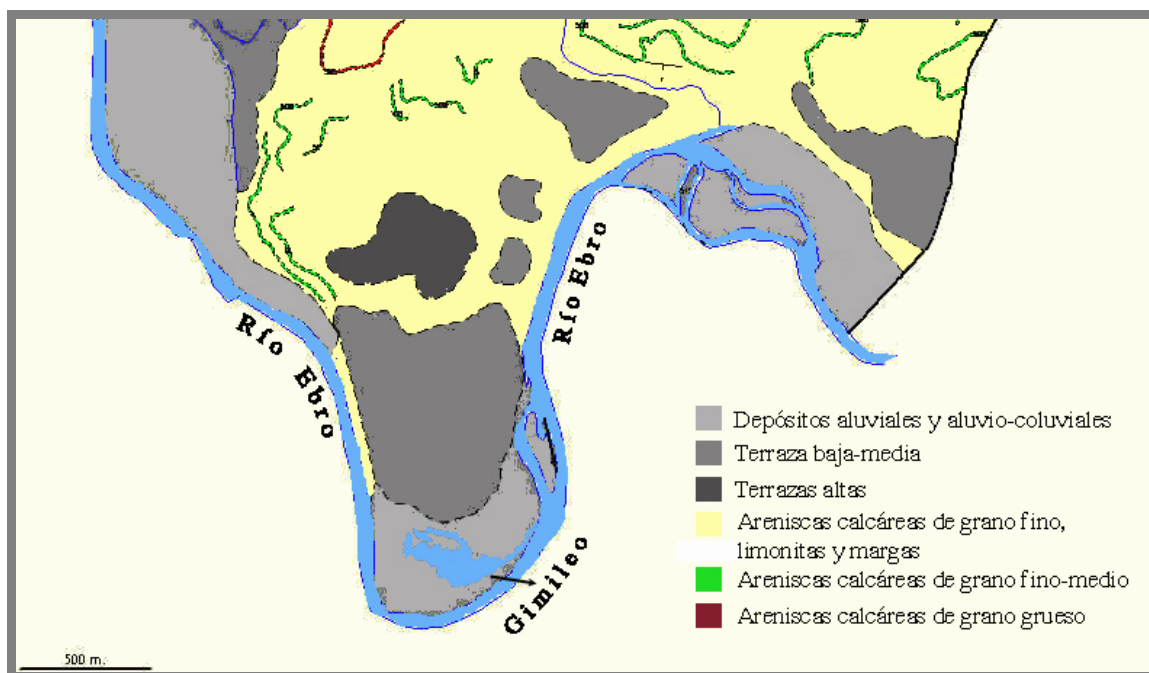


Figura 6. Mapa geológico del área sobre la que se asienta Gimileo (FUENTE: EVE, 2001).

Ahora bien, como ya se ha comentado anteriormente, cabe destacar la importante influencia que puntualmente puede llegar a ejercer la dinámica fluvial durante periodos de fuertes avenidas, que con un periodo de retorno variable como el observado el pasado invierno, pueden llegar a elevar varios metros el nivel de las aguas.

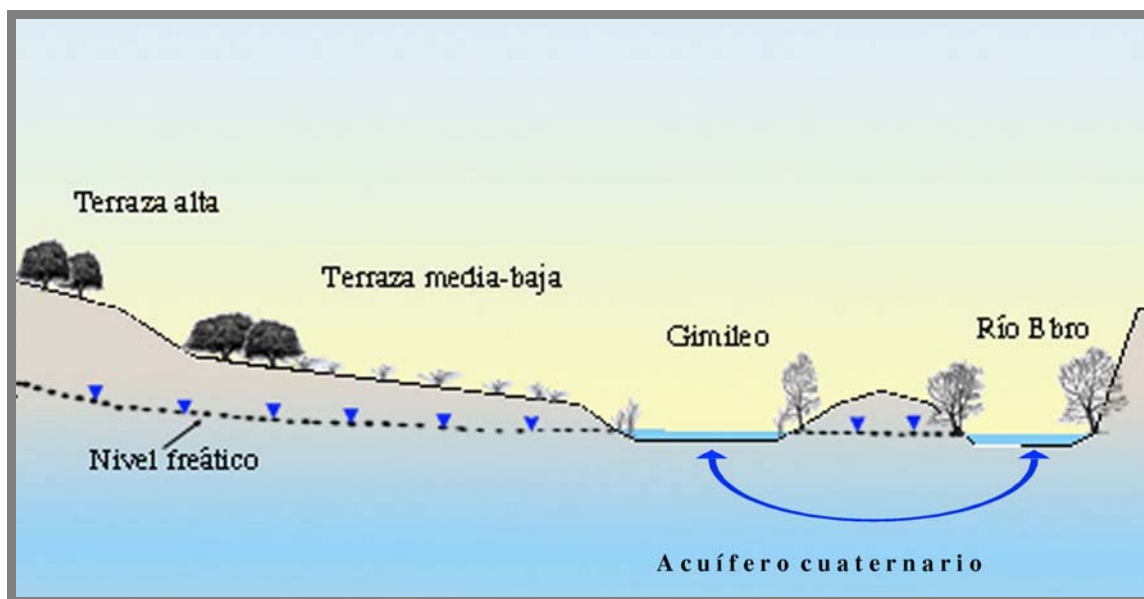


Figura 7. Gimileo es un humedal que mantiene una estrecha relación hidráulica con el río Ebro. Ambos se asientan sobre la misma unidad hidrogeológica: el acuífero cuaternario, lo que determina que la conexión hidráulica se establezca no solo a través de flujos superficiales, sino también subsuperficiales.

### 5.1.3 PROPIEDADES ÓPTICAS. TRANSPARENCIA DEL AGUA

Las propiedades ópticas de los ecosistemas acuáticos regulan en gran medida la fisiología y el comportamiento de los organismos acuáticos. Estas afectan a la capacidad de penetración de la radiación solar en la masa de agua, la cual es la principal fuente de energía que modula y dirige el metabolismo de los ecosistemas.

Los productores primarios utilizan una fracción muy pequeña de la luz disponible, de manera que se podría pensar que la luz raramente puede ser un factor limitante. Sin embargo, la capacidad de atenuación del agua determina la distribución vertical de la intensidad lumínica y, por tanto, del espacio en el que se dan las condiciones favorables para la producción. Además de estos efectos directos, la absorción de la energía solar y

su disipación en forma de calor afectan profundamente a la estructura termal, a la estratificación de las masas de agua, y a los modelos de circulación del agua.

La reducción de la transmisión de la luz está bastante relacionada con la materia particulada en suspensión, y por tanto con la biomasa fitoplanctónica. Esto ha propiciado que numerosos autores hayan considerado la medida de la transparencia como un buen indicador de la productividad (Ryding y Rast, 1992). Sin embargo, la utilidad de este parámetro como indicador del estado trófico plantea ciertos problemas, ya que la biomasa algal no es el único factor que limita la transparencia del agua. Otros materiales en suspensión como son arcillas, lodos, sustancias coloreadas, etc., afectan a la capacidad de penetración de la luz.

La estimación de la transparencia del agua, como ha sido comentada en la metodología, se realizó mediante el empleo del disco de Secchi. Los resultados obtenidos, con un valor medio de 0,47 m., indican la presencia de unas aguas muy turbias con una escasa transparencia, indicadora de condiciones hipertróficas. La evolución temporal de esta variable, aunque no muestra un patrón muy bien definido (Figura 8), si tiene cierta tendencia a indicar la presencia de aguas algo más transparentes durante el invierno, donde se alcanzan los valores más elevados de visión del disco ( $DS_{max}= 0,70$  m.); por el contrario es en primavera cuando se midieron los valores más bajos ( $DS_{min}= 0,17$  m).

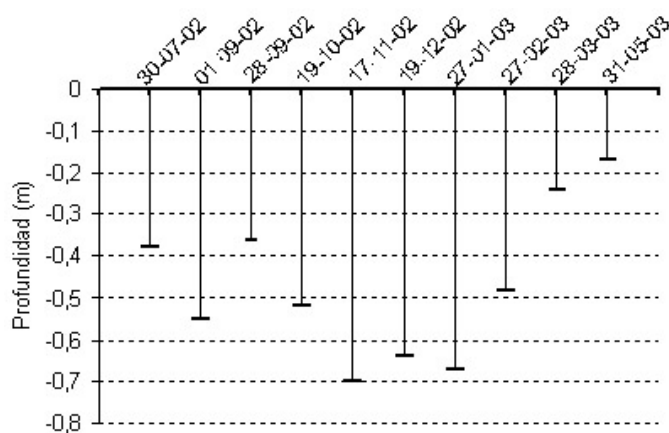


Figura 8. Profundidad de visión del disco de Secchi.

En líneas generales se observa una evolución que muestra una buena relación con la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas, cuyo máximo desarrollo se produce durante el mismo periodo. Por otro lado, también es importante resaltar que estos valores son indicativos de la escasa disponibilidad de luz que existe en el sistema para el desarrollo de la vegetación acuática sumergida.

#### **5.1.4 RÉGIMEN TÉRMICO. TEMPERATURA DEL AGUA**

El comportamiento térmico de los sistemas acuáticos está gobernado por el balance anual de entradas y salidas de calor. La fuente más importante de calor es, generalmente, la radiación solar, lo que determina que la respuesta termal esté principalmente asociada al clima, dándose ciertas variaciones en el balance energético en función de las condiciones meteorológicas de un ciclo hidrológico determinado.

Este patrón general de intercambio calórico y energético, que de forma natural se establece entre una masa de agua y su entorno, y que afecta a los primeros metros e incluso centímetros de la columna de agua (zona fótica), puede excepcionalmente mostrar variaciones; así, cuando la entrada de aguas en forma de flujo superficial o subsuperficial alcanza cierta magnitud, el aporte calórico y la distribución de las temperaturas dentro del sistema sufre profundas modificaciones que afectan tanto a la estructura termal como a los procesos químicos y biológicos.

La situación geográfica del área de estudio debería propiciar el modelo de funcionamiento definido como monomítico cálido, caracterizado por la existencia de un periodo de estratificación estival que se alternaría en el año con otro de mezcla invernal.

La escasa profundidad de la laguna, sin duda, restringe en gran medida la capacidad de estratificación de las aguas de Gimileo. En la mayor parte de la cubeta, la profundidad es inferior a 1,5 m. Sin embargo, en su lado más meridional, en una zona relativamente protegida de la acción del viento, las aguas llegan a alcanzar una profundidad superior a 2,5 m. Las mediciones realizadas en esta zona muestran a Gimileo como un sistema que tiende a la estratificación. La elevada turbidez de sus aguas contribuye en gran medida a que la mayor parte de la energía lumínica se acumule en el primer metro, alcanzando gradientes muy pronunciados (12,2°C/m, mayo de 2003) y temperaturas muy elevadas en superficie (28 °C, mayo de 2003). A pesar de ello y dada la escasa profundidad de la termoclina, ésta puede llegar a romperse y formarse varias veces a lo largo del año.

En el inicio del periodo estudiado (Figura 9), las aguas presentaron una homogeneidad térmica que dio paso a un breve periodo de estratificación en el mes de septiembre. Posteriormente las aguas volvieron a mezclarse, situación que perduró hasta bien entrada la primavera. Tras este largo periodo de seis meses, las aguas volvieron a estratificarse con bastante intensidad, manteniéndose en estas condiciones hasta el final del estudio.

La existencia de episodios de estratificación térmica intercalados con los de un estado de mezclado durante el periodo estival es algo habitual en este tipo de sistemas relativamente someros y, en definitiva, es el tipo de funcionamiento habitual en sistemas lagunares como es Gimileo.

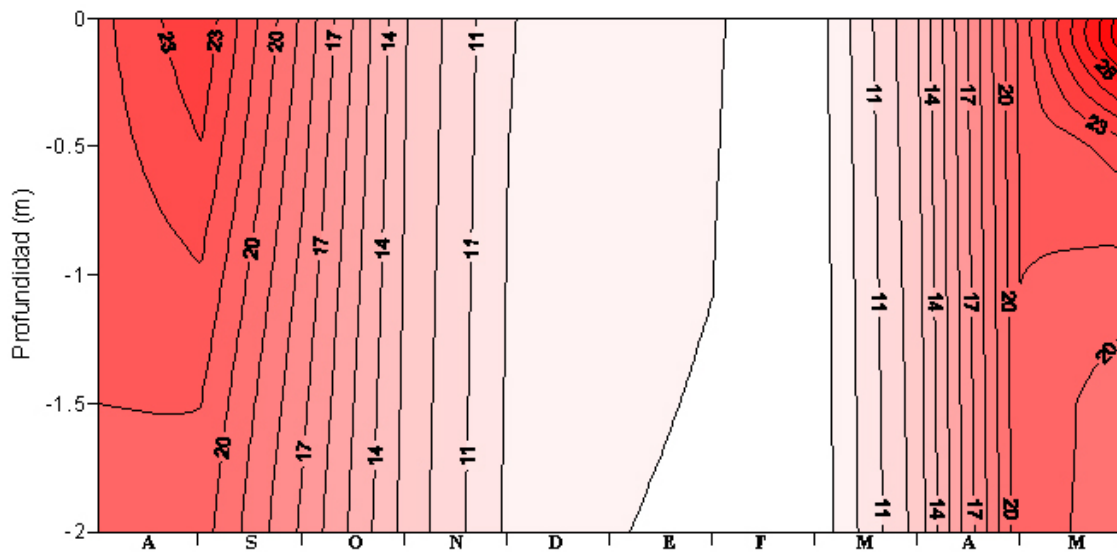


Figura 9. Serie temporal de temperaturas (°C) registradas en el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003.

## 5.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

### 5.2.1 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad es una medida de la capacidad que posee una solución acuosa para conducir la electricidad. De forma indirecta es, por tanto, una medida de la mineralización del agua, ya que esta capacidad depende de la concentración de electrolitos (aniones y cationes). Los principales responsables de la conductividad eléctrica del agua son los iones de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , y así llamados mayoritarios, mientras que los nutrientes y otros compuestos disueltos en el agua no suelen contribuir significativamente al valor total de la conductividad.

La conductividad eléctrica depende, en gran medida, de las características litológicas de la cuenca vertiente, siendo mayor en áreas donde predominan los sustratos ricos en materiales solubles (yesos, calizas), y menor en donde predominan las rocas vítreas (granitos, gneis).

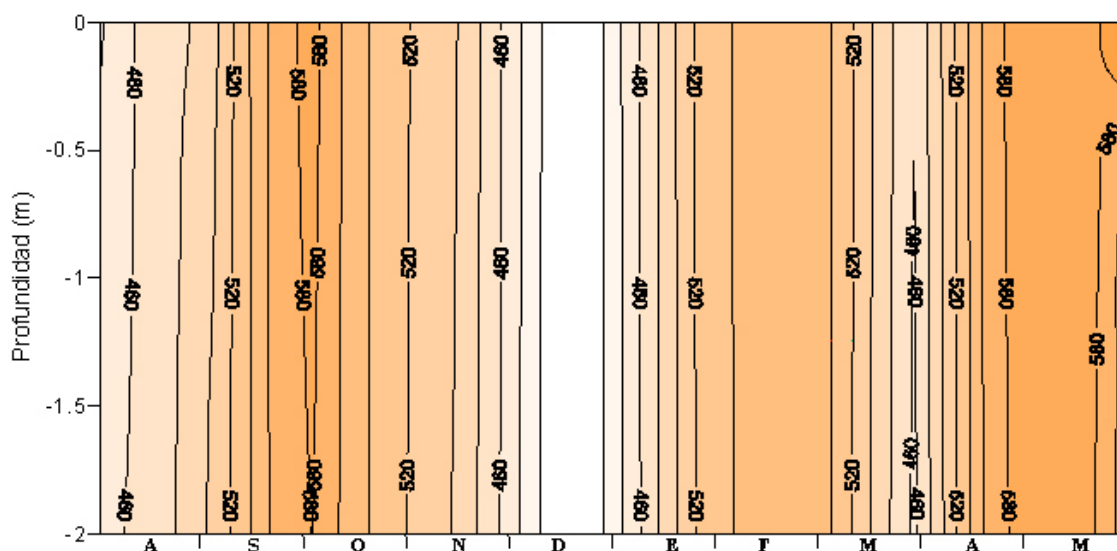


Figura 10. Serie temporal de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ) registradas en el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003.

La conductividad eléctrica medida presentó un valor medio de 518  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un máximo de 627  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un mínimo de 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Son por tanto aguas con una mineralización relativamente baja que oscilaron entre aguas clasificadas como dulces ( $< 500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y subsalinas (500-2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), según Montes y Martino (1987). La distribución espacial de los valores obtenidos mostró una gran homogeneidad en todos los perfiles realizados (Figura 10), sin que se llegaran a observar importantes diferencias entre las aguas superficiales y las más profundas, salvo al final del periodo estudiado en el que se aprecia un ligero gradiente químico.

### **5.2.2 OXÍGENO DISUELTO**

El oxígeno disuelto, debido a su estrecha relación con los procesos biológicos, es uno de los principales parámetros que permiten evaluar las condiciones de una masa de agua. No obstante, existe también dependencia entre los valores esperables de oxígeno disuelto y algunas características físicas de las soluciones acuosas como son la temperatura, presión atmosférica y salinidad. Por estos motivos, con frecuencia esta variable se expresa tanto en valores absolutos de concentración como en un porcentaje calculado sobre el valor esperado en caso de saturación de oxígeno para las condiciones físicas observadas.

Los perfiles de oxígeno obtenidos presentan en general una mayor heterogeneidad que los vistos anteriormente, con curvas clinogradas en las que se aprecia una moderada oxigenación de las aguas superficiales durante la mayor parte del periodo estudiado y una importante disminución de la presencia de este gas en profundidad. El valor medio en cuanto a concentración fue de 8,90 mg/l con valores mínimos que llegaron a 1,3 mg/l, lo que ya puede ser considerado como crítico para el desarrollo de la vida piscícola. En cuanto al porcentaje de saturación, el valor medio fue de 91%, apreciándose una fuerte disminución en profundidad, al menos durante los meses de primavera y verano.

La evolución temporal del oxígeno muestra un marcado contraste a lo largo del periodo estudiado (Figura 11 y Figura 12). Así tras el inicio del ciclo, en el que la columna mostraba una buena oxigenación, se dio paso a un periodo breve en el que se aprecia cierto agotamiento en profundidad, coincidente con el estado de estratificación térmica observado hacia el final del verano. Posteriormente se observa una progresiva recuperación hasta alcanzar el nivel de saturación, situación que se mantiene hasta el inicio de la primavera, momento en el que se da un notable agotamiento en profundidad (14%, mayo de 2003), y que contrasta con el estado de sobresaturación que se alcanza en superficie (218%, abril de 2003).

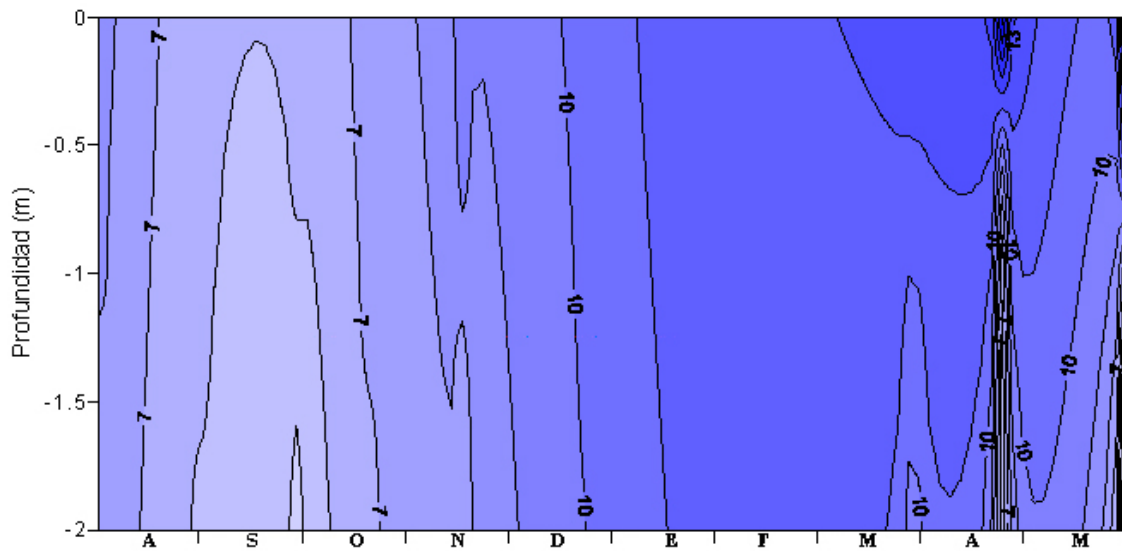


Figura 11. Serie temporal de oxígeno (mg/l) registradas en el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003.

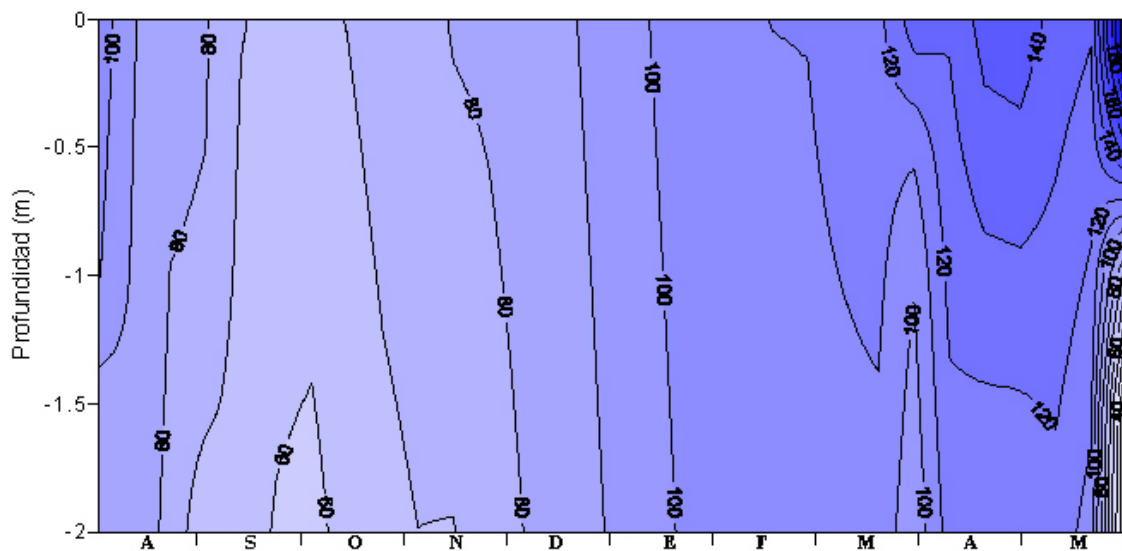


Figura 12. Serie temporal de oxígeno (%) registradas en el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003.



Son por tanto valores fuertemente contrastados con marcadas diferencias temporales. La buena oxigenación de las aguas profundas durante la mayor parte del tiempo se debe fundamentalmente a la ausencia de una estratificación prolongada y a un habitual mezclado de las aguas. Asimismo, en ningún momento se detectó la presencia de sulfhídrico o de cualquier otro gas que indicara la existencia de procesos reductores o metabolismo anaerobio. Igualmente el sedimento recogido no mostró el color negrozco característico de ambientes anaerobios.

### **5.2.3 pH**

El pH juega un papel central en la química del agua, afectando, por ejemplo, a la dinámica de los nutrientes (Harper, 1992). Pero además, nos suele informar de aspectos tan interesantes como son las características litológicas de la cuenca de drenaje, los usos del suelo, o la actividad biológica que se desarrolla en un cuerpo de agua. Así, cambios en el pH pueden ser usados para estimar el metabolismo (fotosíntesis y respiración) de los sistemas acuáticos (Hall y Moll, 1975; Geider y Osborne, 1992) y en definitiva nos informa sobre su estado trófico.

Su medición, en si misma, es un buen indicador de calidad:

- Valores bajos del pH indican condiciones agresivas o corrosivas del agua que condicionan la vida de numerosos organismos acuáticos. Igualmente señalan la baja capacidad de tamponamiento de las aguas, y por lo tanto, muy sensibles a cambios procedentes del exterior.
- Los valores moderadamente altos del pH se asocian, por el contrario, a aguas bien tamponadas, con una considerable reserva alcalina, capaces por tanto de amortiguar los cambios inducidos por la entrada de materiales desde el exterior. También una intensa actividad fotosintética aumenta el valor del pH.

Los perfiles de pH realizados describen una situación claramente relacionada con los ciclos de mezcla y estratificación de las aguas y con la dinámica del oxígeno (Figura 13). Así, durante la mayor parte del periodo se aprecia un valor muy cercano a la neutralidad (7,6-7,8) en toda la columna. Sin embargo durante los periodos de estratificación se dio una diferencia significativa entre superficie y fondo. Así, mientras el pH se mantuvo siempre cercano a la neutralidad en profundidad, las aguas superficiales experimentaron un notable incremento, especialmente en la primavera de 2003 en el que se llegó a alcanzar un valor superior a 9. Esta situación es coincidente con los valores de sobresaturación de oxígeno y tienen una clara relación con la intensa actividad fotosintética que debió darse en esos meses.

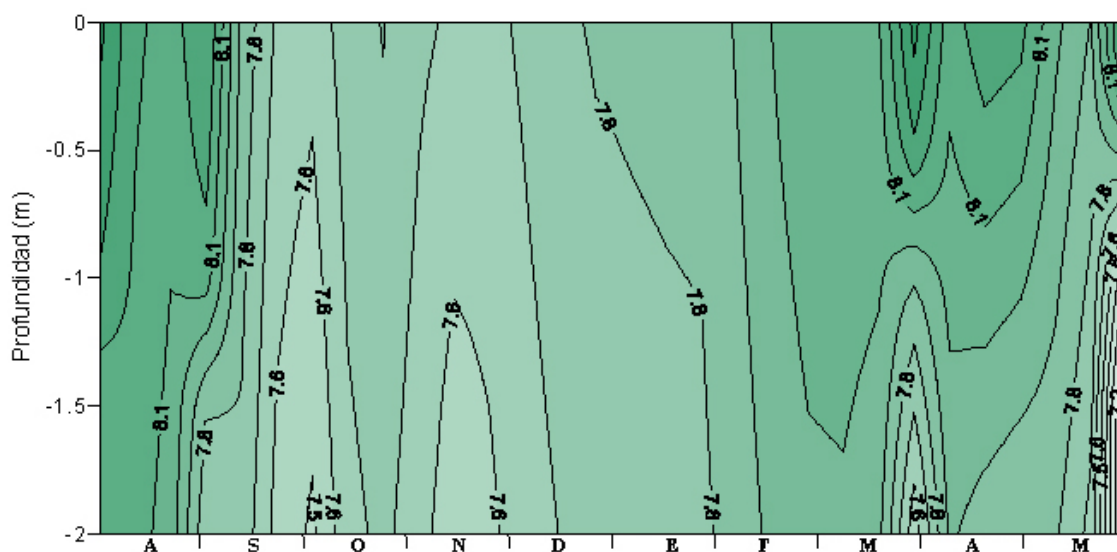


Figura 13. Serie temporal del pH registrado en el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003.

#### 5.2.4 NUTRIENTES

Se denominan nutrientes aquellos elementos que resultan necesarios para el crecimiento de los productores primarios. Ciertos nutrientes (azufre, calcio, magnesio, etc.) son demandados con una intensidad que ni por su solubilidad ni por su abundancia resultan limitantes para el crecimiento. Otros, generalmente definidos como micronutrientes (hierro, manganeso, molibdeno, etc.), son escasos, pero normalmente son requeridos a niveles traza y, por lo tanto, no suelen imponer condiciones restrictivas. Mención especial deben recibir el nitrógeno y el fósforo. Numerosos experimentos han demostrado en el laboratorio y en el campo el importante papel del fósforo, nitrógeno y, en algunos casos la sílice, en la dinámica de las poblaciones algales, tanto lo que respecta a su biomasa como a la composición específica (Ryding & Rast, 1992). La relación entre la disponibilidad y la demanda biológica hace que estos sean los elementos que principalmente regulan o limitan la productividad de los ecosistemas acuáticos.

La rapidez con que son adquiridos, almacenados y/o transformados y excretados, hace que los diferentes compuestos que se forman en el agua estén sometidos a un elevado

dinamismo. El nitrógeno y el fósforo no siempre son directamente utilizables por los productores primarios a partir de sus formas moleculares sino que requieren ser ingeridos como formas con diferente grado de oxidación: nitratos, nitritos o amonio, para el caso del nitrógeno y ortofosfato, si se refiere al fósforo.

En la Tabla 2 se presentan de forma resumida los valores de nitrógeno y fósforo obtenidos junto con algunos estadísticos básicos. En los apartados siguientes se hace un análisis resumido de los diferentes parámetros analizados. Una información más detallada de los resultados puede ser consultada en los anexos II y III.

Tabla 2. Algunos estadísticos descriptivos de los niveles de concentración de los nutrientes analizados.

	<b>PRS</b> ( $\mu\text{g P/l}$ )	<b>Pt</b> ( $\mu\text{g P/l}$ )	<b>NO<sub>2</sub></b> ( $\mu\text{g N/l}$ )	<b>NO<sub>3</sub></b> ( $\mu\text{g N/l}$ )	<b>NH<sub>4</sub></b> ( $\mu\text{g N/l}$ )	<b>Ninorg.</b> ( $\mu\text{g N/l}$ )	<b>Norg</b> ( $\mu\text{g N/l}$ )	<b>Nt</b> ( $\mu\text{g N/l}$ )	<b>Nt/Pt</b>
<b>Media</b>	4	86	8	683	88	724	450	1.174	18,4
<b>Máximo</b>	8	149	14	1.374	158	1.385	1.069	1.687	41,1
<b>Mínimo</b>	1	33	4	225	42	294	105	424	3,6
<b>Rango</b>	8	116	10	1.149	116	1.091	965	1.263	37,6
<b>Número</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8

#### 5.2.4.1 NITRÓGENO

El estudio de la dinámica del nitrógeno y su variación en el espacio y en el tiempo generalmente aporta una valiosa información que permite profundizar en diversos aspectos relacionados con el funcionamiento de los procesos biológicos. Por todo ello resulta conveniente analizar el comportamiento de cada de las formas más comunes en las que el nitrógeno se presenta en el agua y, sobre todo, su distribución espacial y su dinámica temporal (Figura 14).

El amonio es el principal producto final de la descomposición de la materia orgánica nitrogenada y constituye uno de los principales productos de excreción de los animales acuáticos. En este sentido, la distribución del amonio en el agua está condicionada a la productividad y a la contaminación debida a la materia orgánica. Otro aspecto relacionado con el contenido de amonio es el nivel de oxigenación del agua, de tal forma que éste tiende a acumularse en las condiciones de anoxia más estrictas. Los valores de amonio encontrados son bajos en todo momento, llegando a estar por debajo del nivel de detección del método analítico utilizado durante la mayor parte del tiempo ( $<30 \mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$ ), lo que dificulta en cierta medida la posibilidad de describir su dinámica. La falta de un fondo anóxico, podrían estar dando lugar a un balance neto positivo en la relación que se establece entre los procesos de nitrificación y amonificación, o lo que es lo mismo, a la rápida conversión microbiana del amonio procedente de la descomposición de la materia orgánica en una forma inorgánica más oxidada como es el nitrato.

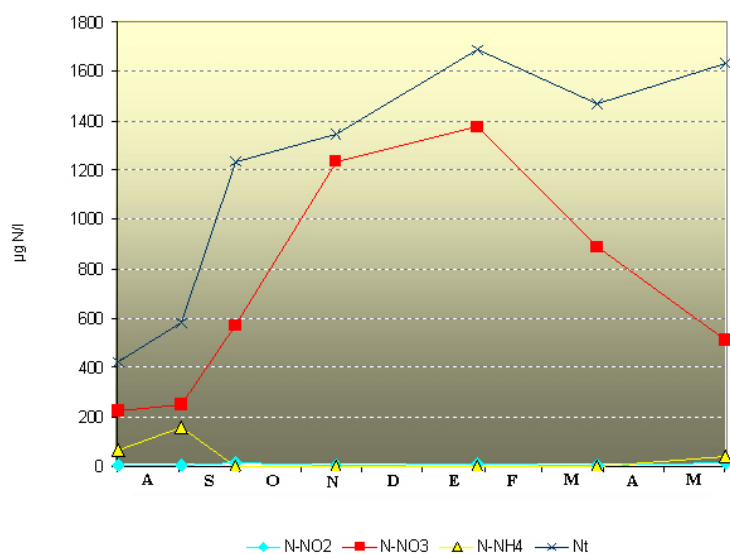


Figura 14. Dinámica de las diferentes formas de nitrógeno analizadas.

El nitrógeno inorgánico en forma de nitrito es generalmente muy bajo en las aguas naturales. Su aportación al conjunto del nitrógeno presente en el medio acuático suele ser escasa y su presencia sólo alcanza valores relevantes en determinadas condiciones de microanoxia (por ejemplo, en la capa metalimnética de las masas de agua en la que el ambiente hidroquímico y la actividad microbiana son los adecuados). El nitrito, al igual que el amonio, se presentó en muy bajas concentraciones. El valor más elevado fue encontrado a finales de septiembre ( $14 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$ ), en tanto que en julio de 2002 y mayo de 2003 se registraron los valores más bajos ( $4 \mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$ ).

El nitrato generalmente suele ser una de las reservas más importantes de nitrógeno inorgánico dentro de los ambientes acuáticos. Los valores encontrados en Gimileo fueron moderadamente altos y constituyeron la mayor reserva de nitrógeno inorgánico. La concentración media fue de  $683 \mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$  con marcadas diferencias a lo largo del periodo estudiado. Su distribución temporal muestra una secuencia lógica. Durante los meses de invierno se observó una acumulación de este nutriente en el agua; por el contrario en el periodo de máxima actividad biológica (primavera y verano) se dio un marcado agotamiento, dejando claramente establecido el importante papel que juega como fuente de nitrógeno para los productores primarios.

En cuanto al análisis de todas las formas de nitrógeno, Gimileo presentó un incremento notable a lo largo del periodo estudiado, pasando de  $427$  a  $1687 \mu\text{g N/l}$  en los primeros meses, manteniéndose esta elevada concentración, propia de ambientes eutróficos, en los meses finales del estudio. Dos periodos pueden ser diferenciados en cuanto a la importancia relativa de las diferentes formas analizadas: inicialmente (agosto-enero) se dio un predominio del nitrógeno inorgánico (nitrato); posteriormente, coincidiendo con un incremento de la biomasa algal, se produce un agotamiento de la forma inorgánica y un incremento de la orgánica, lo que podría ser interpretado como un paso del nitrógeno del compartimento inorgánico al planctónico.

#### **5.2.4.2 FÓSFORO**

De todas las formas posibles en las que el fósforo se encuentra en el agua, el ortofosfato disuelto representa la principal fuente para el fitoplancton; esto ha propiciado que en numerosos estudios limnológicos (principalmente en aquellos en los que se busca el análisis de las características tróficas) sea ésta la forma más comúnmente estudiada. Sin embargo, restricciones metodológicas, relacionadas con la dificultad de distinguir analíticamente entre las distintas formas de oxidación del fósforo, con los niveles mínimos de detección de estas técnicas y con la capacidad descrita para algunas algas de tomar ciertos compuestos orgánicos como fuente de fósforo (Reynolds, 1984), han propiciado el incremento de los análisis del fósforo en su conjunto (total o disuelto)

como principal indicador del estado trófico de un sistema acuático (Alvarez Cobelas *et al.*, 1991).

Así pues, el término PRS (fósforo reactivo soluble), incluido en el texto, incluye además del ortofosfato (generalmente mayoritario) otro conjunto de formas inorgánicas indeterminadas que reaccionan positivamente en el análisis; es pues ésta una forma de describir, de la forma más aproximada posible, la dinámica del fósforo en su forma más asimilable por el fitoplancton y que en definitiva nos informan de la disponibilidad de un “nutriente de primera necesidad”. El otro parámetro analizado en relacionado con el fósforo sería el “fósforo total”, que puede ser considerado como el banco de reserva de este nutriente en el sistema, pero que generalmente solo se encuentra disponible a medio plazo. También puede ser considerado como un indicador de biomasa, dado que generalmente es éste el compartimento en el que mayoritariamente se encuentra almacenado el fósforo.

La concentración de PRS encontrada fue moderadamente baja. Su valor medio fue de 4  $\mu\text{g PRS/l}$ , permaneciendo siempre por debajo de 10  $\mu\text{g PRS/l}$ . Por el contrario, el fósforo total presentó una concentración bastante elevada (Figura 15). Así, con un valor medio de 85  $\mu\text{g Pt/l}$ , podría ser clasificado según los rangos propuestos por varios autores como eutrófico. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982), califica como eutrófico las aguas cuya concentración se encuentra comprendida entre 35 y 100  $\mu\text{g P/l}$ , en tanto que Likens (1975) propone que los sistemas que superen 30  $\mu\text{g P/l}$  sean considerado como eutróficos.

La aparentemente contradictoria distribución del fósforo en el sistema podría estar justificada por la movilidad de este nutriente dentro de los diferentes compartimentos. Así, el fósforo que inicialmente pudiera estar disponible en forma disuelta al principio de la primavera, como consecuencia de una mayor actividad y desarrollo del plancton, pasaría al compartimento biológico a lo largo de esta estación e incluso durante gran parte del verano. De este modo, es frecuente que los sistemas acuáticos al final del periodo estival presenten un marcado agotamiento de este nutriente en su fase disuelta. Por su parte, la fracción particulada generalmente muestra un desfase temporal en su dinámica temporal, de tal forma que los valores más elevados suelen darse en un momento en el que el fósforo disuelto se agota. En Gimileo el fósforo total mostró una buena relación con la biomasa algal, lo que claramente señala a este grupo como el principal compartimento en el que se almacena el fósforo durante el periodo de máxima productividad.

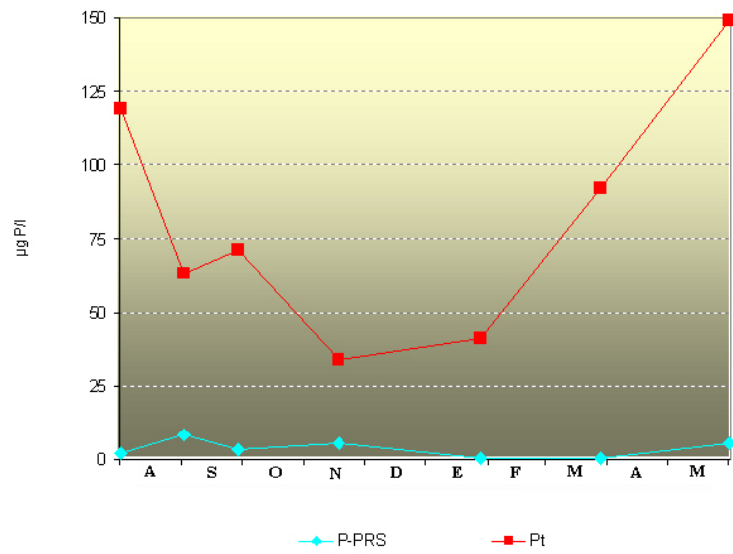


Figura 15. Dinámica de las diferentes formas de fósforo analizadas.

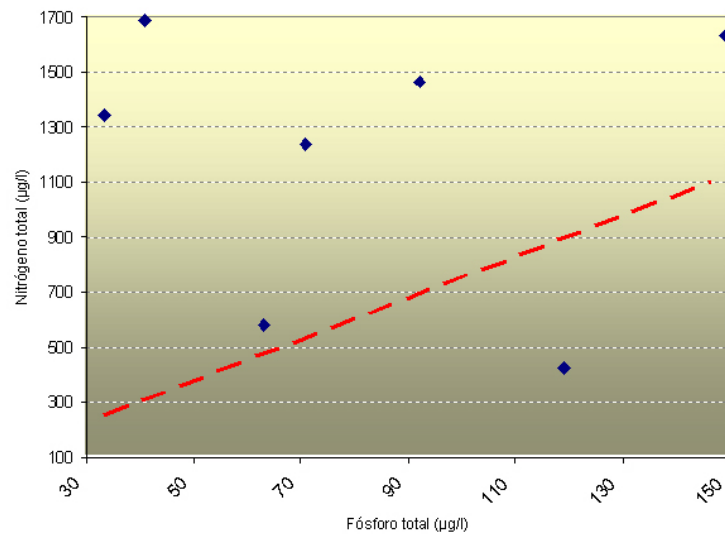


Figura 16. Relación entre el nitrógeno y el fósforo en Gimileo. Los rombos corresponden a las muestras de los diferentes meses del periodo estudiado y la línea discontinua representa la relación 7,5:1. Los valores situados por encima indican un estado de limitación del crecimiento por fósforo.

A la vista del conjunto de los nutrientes analizados y considerando la relación de Redfield (1934) como indicador del nutriente que estaría limitando la productividad del sistema y el desarrollo de las comunidades planctónicas, la situación observada parece tener una clara relación con la actividad del fitoplancton; así, si consideramos una proporción másica entre 5-12 en la relación N/P como un estado de transición en el que ninguno de los dos nutrientes actúa como limitante, Gimileo mostró cierta variación a lo largo del periodo estudiado, pasando de estar limitado por el nitrógeno durante (verano de 2002), a ser el fósforo el nutriente limitante durante el resto del periodo estudiado.

### **5.2.5      *SULFHÍDRICO***

La presencia de sulfhídrico en el agua se debe principalmente a la actividad microbiana que a través de la descomposición de la materia orgánica y de la reducción del sulfato produce este gas cuyo interés va más allá de la propia dinámica del azufre, por cuanto su producción y/o acumulación en determinadas concentraciones acarrea consecuencias negativas para la calidad del agua. La elevada presencia de sulfhídrico en el medio acuático, además de modificar el ciclo de otros nutrientes, la productividad y la distribución de los organismos, produce la muerte a la mayoría de los seres vivos.

Su presencia en el medio acuático generalmente está relacionada con la existencia de intensos periodos de estratificación y cierta abundancia de azufre en el medio. Los sistemas acuáticos situados en cuencas sedimentarias, ricas en sulfatos, la aplicación abusiva de fertilizantes ricos en azufre y las deposiciones atmosféricas son condiciones externas que, junto con el establecimiento de largos periodos de estratificación, adecuados para que se desarrolle un hipolimnion anóxico con bajos potenciales redox, favorecen la presencia de sulfhídrico.

Las condiciones encontradas en Gimileo, con presencia de oxígeno durante buena parte del periodo estudiado, no favorecen la formación y acumulación de este gas, que no fue detectado en ningún momento. Igualmente en las muestras de sedimento tomadas tampoco se detectó su presencia.



### 5.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

#### 5.3.1 PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS

La estimación de la concentración de pigmentos es una medida indirecta de la biomasa de productores primarios fitopláctónicos que nos acerca al conocimiento de la capacidad fotosintética de la comunidad en estudio. A pesar de que la relación entre los valores de clorofila *a* (pigmento más abundante del fitoplancton) y la producción primaria no tienen por que ser correlativos y dada la dificultad que entrañan las técnicas habitualmente utilizadas para valorar este último parámetro, el análisis pigmentario es la técnica más frecuentemente utilizada para la caracterización trófica de los sistemas acuáticos.

Aunque la clorofila *a* es el único pigmento que se encuentra presente en todos los grupos algales y en una concentración siempre superior al resto, la estimación de otros pigmentos accesorios generalmente aporta una información útil en relación a las características de composición y de fisiología de las poblaciones fotosintéticas. Así, además del análisis de la clorofila *a*, se llevó a cabo la estimación de la clorofila *b* y *c*.

La biomasa algal, entendida en términos de concentración de pigmentos fotosintéticos, presentó valores bastante elevados en Gimileo (Tabla 3). Los resultados obtenidos guardan una buena relación con la dinámica de muchos de los parámetros ya descritos.

Tabla 3. Concentración de los principales pigmentos fotosintéticos analizados. Los valores se dan en  $\mu\text{g/l}$ .

	<i>Clorofila a</i>	<i>Clorofila b</i>	<i>Clorofila c</i>	<i>Clorofila total</i>
<i>Media</i>	61,8	1,2	8,5	71,4
<i>Máximo</i>	143,5	5,0	16,0	159,8
<i>Mínimo</i>	6,7	0,0	3,1	10,9
<i>Rango</i>	136,8	5,0	12,9	148,9
<i>Número</i>	8	8	8	8

Así, en el inicio del periodo estudiado (verano 2002), Gimileo presentada una elevada concentración de pigmentos fotosintéticos en sus aguas (57,3  $\mu\text{g/l}$ ) que dio paso a un periodo invernal de valores moderados (10,9  $\mu\text{g/l}$ ). Posteriormente tras el inicio de la primavera se aprecia un notable incremento que es mantenido hasta el final del estudio, alcanzando valores considerablemente elevados (159,8  $\mu\text{g/l}$ ).

De los tres tipos de clorofilas analizadas, como es habitual, fue la clorofila *a* la que se presentó de forma mayoritaria, seguido de clorofila *c* y clorofila *b* (Figura 17). Proporcionalmente, la relación entre estos pigmentos varía a lo largo del periodo estudiado. La concentración de clorofila *c* alcanza una importancia relativa mayor en los meses de invierno (36 y 32%), lo que muestra una clara relación con los grupos fitoplanctónicos que presentan este tipo de pigmento (criptomonas y diatomeas) y que alcanzan un mayor predominio en este periodo. La clorofila *b*, aunque en menor medida, también incrementa su importancia relativa cuando dominan en el fitoplancton clorófitas.

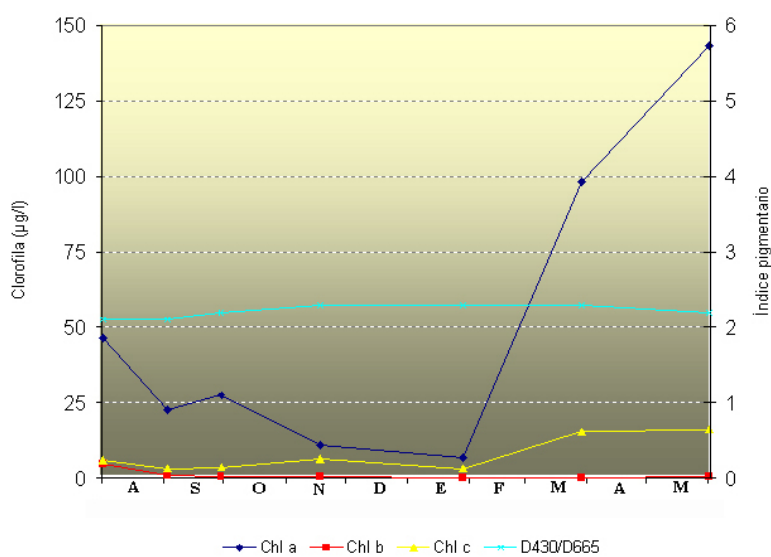


Figura 17. Valores de clorofila e índice pigmentario.

Además de la concentración de los principales pigmentos fotosintéticos, también se estimó el índice pigmentario. Este índice establece una relación entre la clorofila y otros pigmentos y, aunque afectado por diferentes parámetros fisiológicos y ambientales, es un buen indicador de las características de composición y de fisiología de las poblaciones algales. Valores bajos se dan cuando hay un predominio de clorofila funcional y por tanto se corresponde con estados de alta productividad, mientras que valores crecientes estarían en relación con el incremento en el contenido de otros pigmentos y/o con la presencia de productos de descomposición de la clorofila, favorecido por el dominio de una población envejecida (poco productiva); así, en sistemas eutróficos, frecuentemente se encuentra entre 1,4 y 2,4. El índice pigmentario presentó pocas variaciones en Gimileo (2,1-2,3), pero los valores encontrados son indicadores de una comunidad fitoplanctónica muy activa.

### 5.3.2 FITOPLANCTON

La estructura de las poblaciones fotosintéticas de los ecosistemas acuáticos es dinámica y se encuentra en constante cambio tanto en su composición taxonómica como en su actividad fisiológica (Wetzel, 1991). 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 por cuanto 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. Pero ambos aspectos no son ni excluyentes ni englobadores. El estudio de la estructura y evolución de las comunidades fitoplanctónicas, junto con otros parámetros químicos (niveles de nitrógeno y fósforo, fundamentalmente) son, según las recomendaciones de la OCDE (1982), los mejores descriptores del estado trófico de los ecosistemas acuáticos.

En las muestras analizadas se han registrado un total de 74 táxones, con una aportación muy variable entre los diferentes grupos algales (anexo IV). Así, en cuanto a riqueza taxonómica son las clorofíceas con 45 táxones las que se encuentran mejor representadas. En una proporción más modesta cianobacterias, diatomeas y criptofíceas aportaron 7, 10 y 5 táxones, respectivamente. En cuanto a su distribución temporal, también se observan notables diferencias a lo largo del periodo estudiado (Figura 18). Así, en su conjunto se observa una mayor riqueza florística en los meses de verano: 47 en septiembre de 2002, frente a 14 en mayo de 2003. La aportación relativa de cada uno también es muy variable, observándose un característico reemplazo de grupos a lo largo del ciclo. Inicialmente, durante el verano se observó un claro predominio de clorofíceas (68%), con *Pediastrum simplex*, *Scenedesmus acutus* y *S. acuminatus* como especies

más importantes; acompañando a éstas también hubo una importante presencia de cianobacterias (18%), con *Snowella lacustris* como principal representante. Posteriormente, durante el otoño se dio un reemplazo de estos grupos estivales por otros caracterizados por el predominio de diatomeas y criptomonas, con *Ciclotella* sp. *Fragillaria capuccina*, *Criptomonas erosa* y *Rhodomonas lacustris* como ejemplos más destacados. Esta situación se mantuvo durante todo el invierno, para posteriormente dar paso a una nueva recuperación de cianobacterias y clorofíceas en la primavera de 2003.

En cuanto a la densidad algal, los valores son concordantes con los de clorofila (Figura 19). Así, son los meses de verano y primavera en los que se alcanza una mayor concentración fitoplanctónica, siendo mayo el mes en el que se registró la mayor densidad (23.704 cel/ml). Por el contrario, los meses de invierno presentaron unos valores más moderados (1.747 cel/ml en diciembre de 2002).

Tanto los principales grupos encontrados como la dinámica temporal y la concentración algal es la que habitualmente puede ser encontrada en sistemas eutróficos, altamente productivos. Por otro lado, los táxones observados se corresponden con especies cosmopolitas de amplia distribución.

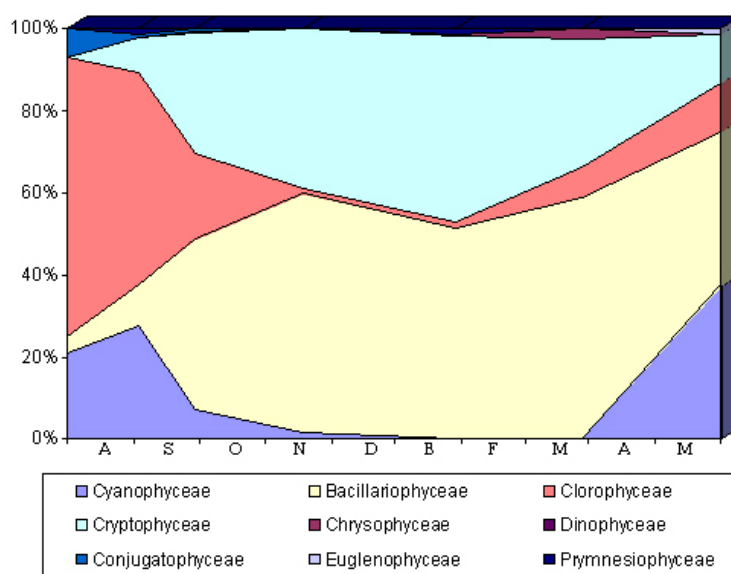


Figura 18. Evolución temporal de la importancia relativa de los grupos fitoplanctónicos presentes en la laguna de Gimileo.

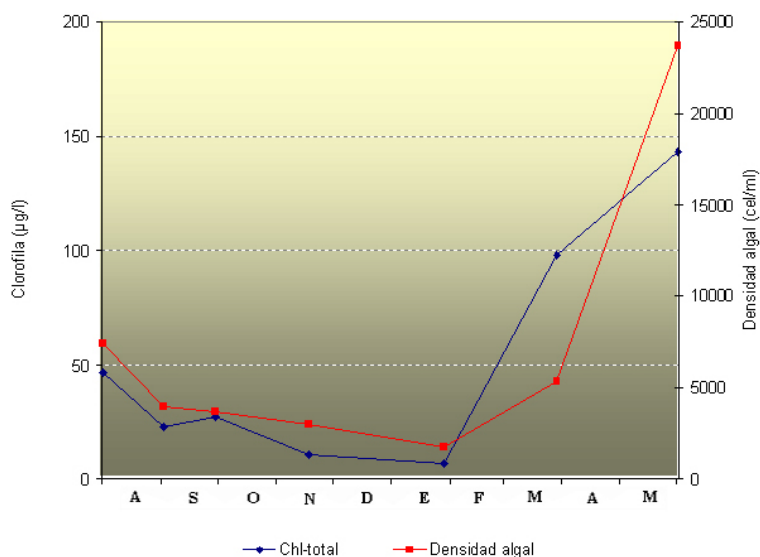


Figura 19. Clorofila total y densidad fitoplanctónica.

### 5.3.3 VEGETACIÓN ACUÁTICA

Los macrófitos acuáticos, junto al fitoplancton, constituyen el conjunto de los productores primarios de un sistema acuático. Son por tanto los principales componentes del sistema que regulan el flujo de energía, constituyendo así el primer nivel de la pirámide trófica. Además, la vegetación acuática contribuye en gran medida a la estabilidad y diversidad por cuanto representa un importante refugio para muchos organismos.

El cinturón de helófitos de la laguna se encuentra dominado por *Typha domingensis*, siendo pocos los elementos que acompañan a la espadaña en la constitución de la vegetación de las orillas. Cabe destacar la presencia de algún ejemplar de *Juncus maritimus* o la presencia más habitual de *Lytrum salicaria*, *Scirpus holoschoenus*, *Juncus subnodulosus* o *Agrostis stolonifera* que en algunas zonas contactan con elementos forestales adyacentes, constituidos principalmente por chopos y sauces. El nivel de desarrollo es muy variable; así, en algunas zonas de la laguna, principalmente en su vertiente más meridional y en algunas cubetas más aisladas y someras alcanza una buena cobertura (Figura 20). Estas manchas meridionales situadas en la lámina principal

llegan a alcanzar un tamaño adecuado para el asentamiento de la avifauna. Sin embargo, en muchas orillas, la laguna presenta unas características topográficas, con fuertes pendientes y materiales poco consolidados, lo que dificulta enormemente el asentamiento y desarrollo de la vegetación litoral (Figura 21).

En cuanto al conjunto de plantas hidrófilas, existe un escaso desarrollo. En la cubeta principal apenas han podido ser observados algunos ejemplares de *Myriophyllum spicatum* y *Potamogeton nodosus*. De mayor interés podría calificarse el desarrollo observado en algunas de las charcas laterales en las que ha podido ser observada la presencia de praderas de *Nitella hyalina* y *Chara vulgaris*, acompañadas de *Potamogeton pusillus*. De todas éstas, cabe destacar la presencia de *N. hyalina*, especie poco frecuente y de distribución poco conocida, generalmente citada en el Levante Peninsular. Así, si tenemos en cuenta los criterios de valoración de humedales desde un punto de vista botánico, propuesto por Cirujano *et al.* (1992), Gimileo podría ser definido como humedal de importancia nacional con interés singular ( $I_H=6,1$ ). Esta situación puede ser sin embargo definida como circunstancial, ya que tras la crecida y posterior desbordamiento del Ebro durante el invierno del 2002-2003, no se volvieron a observar las praderas formadas por esta especie.



*Figura 20. Tras el abandono de la explotación, la vegetación ha alcanzado en algunas zonas un importante grado de maduración. En la imagen se muestra el aspecto que presentan algunas de las charcas laterales localizadas al oeste y que de forma intermitente quedan conectadas hidráulicamente con la cubeta principal.*





*Figura 21. La pronunciada pendiente que presentan muchas de las orillas de la laguna dificulta en gran medida el asentamiento de la vegetación litoral.*

#### **5.3.4 ZOOBENTOS**

Los macroinvertebrados bentónicos son un grupo común en la mayoría de los ecosistemas acuáticos. Así, su uso como herramienta para la caracterización y determinación de la calidad de las aguas ha sido ampliamente utilizado en ríos. Sin embargo, a pesar de que el estudio de sus pautas de sucesión ecológica y estacional en zonas húmedas puede proporcionar una información muy interesante sobre el conjunto de un ecosistema acuático, especialmente en aquellos que se encuentran en proceso de recuperación, son pocos los trabajos realizados.

El elevado esfuerzo que implica llevar a cabo una adecuada determinación taxonómica, junto a la buena correlación encontrada entre la calidad de las aguas y categorías taxonómicas superiores a la de especie, ha propiciado que en la mayor parte de los casos

la información disponible se de únicamente a nivel de familia. Por otro lado, los estudios más recientes en humedales se han centrado principalmente en determinar su papel ecológico, determinante en la mayoría de los casos en los procesos de descomposición y reciclado de la materia orgánica y los nutrientes. Esta situación ha propiciado que, en la mayoría de los casos no se disponga de información adecuada sobre la biodiversidad aportada por este importante grupo o sobre aspectos como son la autoecología o el status de las poblaciones que existen en una región.

El zoobentos incluye organismos que oscilan entre unas cuantas micras (protozoos) y algunas decenas de centímetros (grandes bivalvos y cangrejos). Así, en función del tamaño se establecen diferentes categorías, distinguiendo entre megabentos (> 1 mm), macrobentos (> 0,5 mm) y microbentos (<0,1 mm). De todos ellos es el macrobentos la categoría que de forma más frecuente es estudiada y es la que se ha tenido en cuenta en el presente estudio.

La disponibilidad de habitats adecuados para el desarrollo del macrobentos generalmente queda determinada por la composición y estructura de la vegetación acuática, ya que éstos les aportan alimento, refugio y soporte para las puestas de sus huevos. En este sentido, Gimileo ofrece pocas oportunidades para el desarrollo de una fauna zoobentónica diversa y abundante. Sin embargo, a pesar de esta aparente falta de habitats adecuados para su asentamiento, fueron determinadas hasta un total de 31 familias (anexo V), una cifra que puede ser considerada como moderadamente elevada si la comparamos con la encontrada en otros estudios realizados en los humedales vascos (Montes *et al.* 1994).

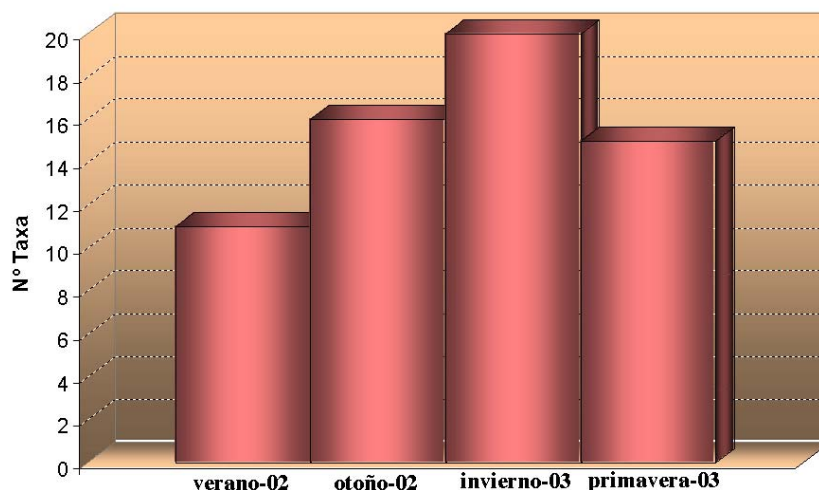


Figura 22. Distribución temporal de la riqueza zoobentónica encontrada en Gimileo.



Heterópteros y dípteros son dos grupos con gran capacidad de dispersión y por tanto constituyen junto a coleópteros y odonatos los primeros colonizadores de una lámina de agua. Los dos primeros fueron encontrados como grupos dominantes, destacando dentro de éstos *Micronecta* sp. y Chironomidae, respectivamente. Ambas son formas oportunistas que pueden vivir en aguas sin vegetación y eutróficas. Otros grupos destacados fueron los moluscos, con *Radix* sp. y *Galba truncata* como ejemplos más importantes, que alcanzaron su mayor desarrollo durante el invierno.

También llama la atención la variación temporal en cuanto a riqueza faunística encontrada. Así, fue en el invierno cuando se encontró un mayor número de familias, siendo el verano la estación que presentó el valor más bajo (Figura 22).

#### 5.4 CALIDAD DEL AGUA Y ESTADO TRÓFICO

Aun cuando el intento de clasificar y evaluar el estado trófico de un ecosistema acuático es una tendencia anterior al fenómeno de la eutrofización cultural, es a partir del reconocimiento de este problema y del momento en que se plantea la puesta en marcha de medidas correctoras cuando se lleva a cabo el desarrollo de diferentes métodos para llevar a cabo una adecuada clasificación trófica de cualquier masa de agua. Así, actualmente las masas de agua pueden ser clasificados, en términos generales y desde una perspectiva trófica, dentro de un rango más o menos arbitrario, en cuyos extremos se sitúan los términos de ultraoligotrófico e hipertrófico, pasando por otros como son oligo, meso y eutrófico (OCDE, 1982). Esta clasificación se basa en una serie de parámetros tanto físico-químicos como biológicos, y la asignación a una determinada clase trófica debe ser tomada como una decisión probabilística (Vollenweider & Kerekes, 1981), debido a la contradicción a la que se llega en algunas ocasiones a la hora de analizar los diferentes parámetros de una forma aislada.

En este sentido, la OCDE ha cambiado su propio “sistema concreto de clasificación” (OCDE, 1982) por un “sistema de clasificación de límite abierto”, aplicando un cálculo estadístico a su base de datos (Ryding y Rast, 1992). Con este último esquema de clasificación, mostrado en la Tabla 4, una masa de agua puede considerarse correctamente clasificada si no hay más de un parámetro que se desvíe de su valor medio geométrico por un valor de desviación de 2.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, Gimileo quedaría adecuadamente clasificado dentro de la categoría de eutrófico, ya que a excepción del nitrógeno, el resto de los parámetros tróficos alcanzaron un valor medio superior al establecido para esta categoría (Tabla 5).

La baja calidad de las aguas es, sin duda, un claro reflejo de la elevada contaminación que presenta el Ebro a su paso por Gimileo. Los valores recogidos por la estación de calidad más próxima al área de estudio, localizada en el puente romano de Haro (nº 208) asignan una calidad A3 (Figura 23 y anexo III), categoría más baja asignada a las aguas superficiales para la producción de aguas potables. La elevada contaminación parece ser debida a la presencia, aguas arriba de la estación 208, de la localidad de Miranda, población que mantiene una importante actividad industrial y que carece de una adecuada depuración de sus aguas (CHE, 2002). El mal estado de algunos de los principales afluentes que se encuentran aguas arriba de esta estación (Oroncillo y Zadorra), estarían también contribuyendo al deterioro de la calidad. Es por tanto lógico, teniendo en cuenta lo que ya fue comentado en relación al funcionamiento hidrológico, que la laguna se vea afectada por esta baja calidad del río y que el sistema se encuentre fuertemente eutrofizado.

Tabla 4. Valores límites de la OCDE para un sistema abierto de clasificación trófica ( $X$ = media geométrica;  $SD$ = desviación estándar).

Parámetro		Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Fósforo total ( $\mu\text{g/l}$ )	$x$	8,0	26,7	84,4
	$x \pm 1SD$	4,85-13,3	14,5-49	48-189
	$x \pm 2SD$	2,9-22,1	7,9-90,8	16,8-424
Nitrógeno total ( $\mu\text{g/l}$ )	$x$	661	753	1875
	$x \pm 1SD$	371-1180	485-1170	861-4081
	$x \pm 2SD$	208-2103	313-1816	395-8913
Clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ )	$x$	1,7	4,7	14,3
	$x \pm 1SD$	0,8-3,4	3,0-7,4	6,7-31
	$x \pm 2SD$	0,4-7,1	1,9-11,6	3,1-66
Valor máximo de Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	$x$	4,2	16,1	42,6
	$x \pm 1SD$	2,6-7,6	8,9-29	16,9-107
	$x \pm 2SD$	1,5-13	4,9-52,5	6,7-270
Profundidad de Secchi (m)	$x$	9,9	4,2	2,45
	$x \pm 1SD$	5,9-16,5	2,4-7,4	1,45-4,0
	$x \pm 2SD$	3,6-27,5	1,4-13	0,9-6,7

Tabla 5. Valores medios (media geométrica) obtenidos en Gimileo, de los distintos parámetros propuestos por la OCDE, para la clasificación trófica de una masa de agua.

Parámetro	Media geométrica
Fósforo total ( $\mu\text{g/l}$ )	77
Nitrógeno total ( $\mu\text{g/l}$ )	1.068
Clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ )	37,7
Valor máximo de Chl a ( $\mu\text{g/l}$ )	143,5
Profundidad de Secchi (m)	0,37

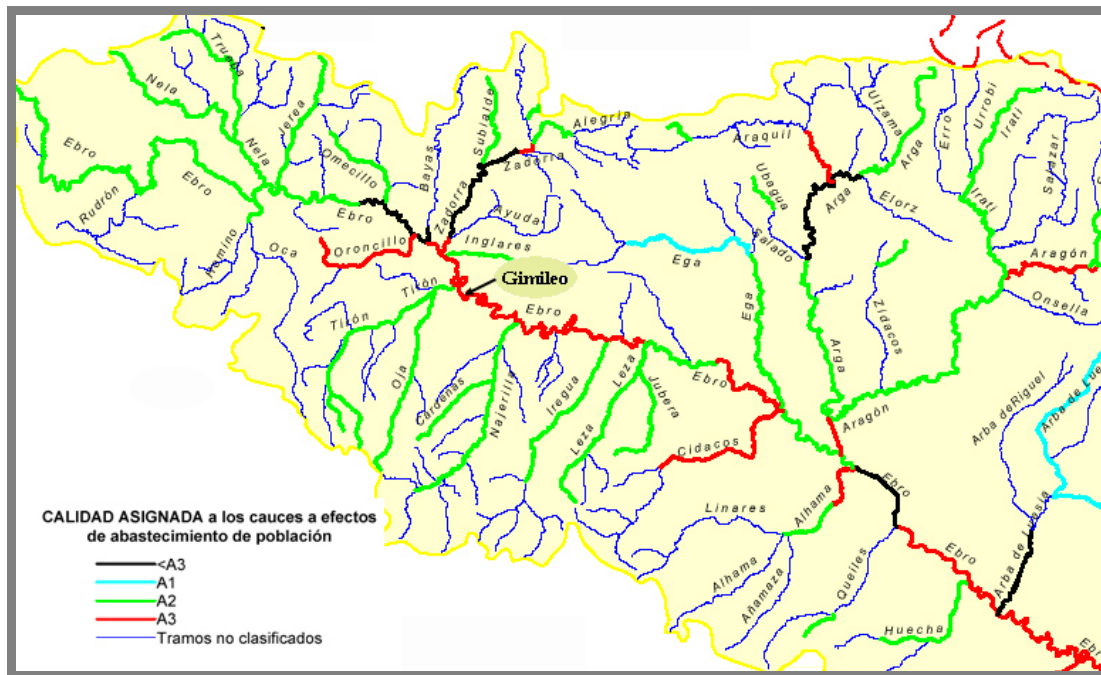


Figura 23. El estado eutrófico de Gimileo se encuentra determinado por la mala calidad del Ebro. La calidad asignada a este río, así como la de algunos de los principales afluentes que se encuentran localizados aguas arriba de Gimileo (Zadorra y Oroncillo), son clasificadas por la Confederación Hidrográfica del Ebro como de muy baja calidad.

## **6 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN**

La laguna de Gimileo es un humedal que en la actualidad presenta un tamaño aproximado de 3,5 ha., superficie que puede variar en gran medida a lo largo del año. Su proximidad al río Ebro, con el que actualmente mantiene una conexión hidráulica superficial a través de su orilla este, hace que este humedal se encuentre sometido a su ritmo hidrológico. Esto provoca que durante periodos de aguas altas la laguna alcance mayores proporciones. Pero además estos eventos hidrológicos pueden llegar a producir importantes modificaciones físicas como son la apertura relativamente reciente que actualmente le mantiene conectada con el Ebro. Además, estas avenidas extraordinarias pueden llegar a ser lo suficientemente importantes como para llegar a modificar de forma importante las actuales características morfológicas de la cubeta y su entorno, lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de llevar a cabo posibles actuaciones que estén encaminadas a mejorar su calidad ambiental.

Por otro lado, estos cambios bruscos en el nivel de las aguas dados por episodios de avenidas, propician un permanente proceso de rejuvenecimiento del sistema lo que en cierta medida condiciona que pueda alcanzarse un nivel de madurez adecuado y siempre deseable desde el punto de vista de la gestión.

Su demostrada dependencia hidrológica con el Ebro, también impone ciertas restricciones a la hora de poder alcanzar un cierto éxito en su gestión. La deteriorada calidad de las aguas de éste río a su paso por Gimileo, condicionan en gran medida las posibilidades de éste. Así, conseguir mejorar la calidad de sus aguas, aun siendo algo más que deseable, se encuentra absolutamente condicionado a un orden de gestión superior y que va más allá de la propia actuación sobre un entorno próximo.

Así, desde un punto de vista limnológico, Gimileo es un sistema fuertemente eutrofizado y por tanto forzado. Su elevada productividad planctónica, unido a la presencia de un sedimento poco consolidado y fácilmente resuspendido por la acción mecánica del viento, hace que sus aguas presenten una elevada turbiedad, lo que en gran medida representa un importante limitante para el asentamiento de las comunidades bentónicas, tanto profundas como litorales. Esta situación se ve en gran medida acrecentada por la presencia de una comunidad piscícola constituida fundamentalmente por ciprínidos, algo que además de poder ser calificado como de bajo interés, contribuye a la remoción de sus fondos y en definitiva dificulta el asentamiento de las comunidades litorales.

La eliminación del horizonte edáfico superficial durante el proceso de explotación ha propiciado el afloramiento de elementos de granulometría gruesa, restringiéndose en

gran medida la capacidad recolonizadora de la vegetación. Adicionalmente, la acumulación de grava de gran tamaño junto a la presencia de formas topográficas de pronunciada pendiente, no solo limitan el asentamiento de la cubierta vegetal sino que además tiene un marcado efecto negativo en el paisaje (Figura 24). Esto no solo afecta al entorno del humedal sino que, como ya ha sido comentado, condiciona la capacidad de las comunidades acuáticas para colonizar sus orillas.

A pesar de todo, Gimileo presenta unas características ciertamente interesantes de cara a su conservación. Su localización en un área retirada y de escasa presencia humana junto a la proximidad de habitats de marcado interés como son el Soto de Labastida o las formadas por el bosque de ribera adyacente, le dan un valor añadido y una indudable potencialidad. Algunos de los valores que acoge Gimileo ya han sido expuestos, otros han podido ser recogidos en estudios que complementan el presente, pero sin duda, el gran reto debe estar en incrementar el enorme potencial que nos brindan en general este tipo de ambientes acuáticos. Desde un punto de vista limnológico en particular y desde otro más ambicioso y centrado en una mejora general del entorno, se han considerado como adecuadas las siguientes propuestas:



*Figura 24. La falta de la capa superficial del suelo y el apilamiento de grava en montículos, son situaciones habitualmente encontradas en terrenos en los que se ha llevado a cabo la explotación de áridos. En la restauración de estos espacios deben ser tenidas en cuenta las medidas correctoras adecuadas para contrarrestar este tipo de alteraciones.*



1. Retirada de residuos sólidos de diversa índole que aparecen dispersos por el entorno, algunos de ellos calificados como peligros (bidones de aceite).
2. Retirada de las escasas infraestructuras pertenecientes a la antigua explotación minera y que aun persisten en la zona que, si bien en la mayoría de los casos no representan un perjuicio para el desarrollo de la flora y la fauna, si determinan la calidad paisajística del entorno (Figura 25).
3. Retirada de suelos contaminados por manchas de hidrocarburos que de forma dispersa aparecen en diversos puntos.
4. Revegetación del entorno del humedal. Esta recomendación ofrece un doble beneficio: (1) obtener una adecuada integración paisajística y (2) generar pantallas visuales que favorezcan el asentamiento de la fauna más exigente. Para la realización de esta actuación sería conveniente tener en cuenta: (1) uso de especies forestales locales, evitando la utilización de especies foráneas, (2) tener en cuenta el sustrato arbustivo en las labores de revegetación, (3) llevar a cabo correcciones y enmiendas de los suelos que actualmente se encuentran empobrecidos como consecuencia de la retirada de los horizontes superficiales, favoreciéndose así la recuperación natural.



*Figura 25. La retirada de antiguas infraestructuras, como la que puede verse en la imagen, representaría una indudable mejora paisajística del entorno.*

5. Suavización de taludes y eliminación de montículos de grava con el fin de favorecer la integración paisajística y el desarrollo de las comunidades litorales. Conviene aclarar en este sentido, que el mantenimiento de ciertos elementos de la topografía actual es más que aconsejable, pues en muchos casos representan un espacio adecuado para el desarrollo de ciertos elementos faunísticos. En concreto se recomienda mantener los taludes localizados al norte de la laguna, por constituir lugares adecuados para la nidificación de aves de hábitos trogloditas como son *Alcedo tals*, *Riparia riparia* o *Merops apiaster* (Figura 26).
6. Mantener e incluso incrementar el tamaño y el número de cubetas y áreas encharcadizas de pequeñas dimensiones, al estilo de las que se encuentran localizadas al oeste de la lámina principal. Son varios los motivos que hacen ver aconsejable esta actuación. Por un lado, su presencia aporta una mayor diversidad de ambientes acuáticos, lo que se traduce en un incremento de la diversidad biológica. Por otro lado, su aislamiento y su carácter somero favorecerían el desarrollo de macrófitos acuáticos y la rica fauna que generalmente llevan asociada. Con este tipo de ambientes se estaría también favoreciendo el desarrollo de la herpetofauna acuática. Además, su desconexión hidráulica impediría la entrada directa de los nutrientes aportados por las aguas de la cubeta principal y junto al desarrollo de la vegetación acuática y su poder autodepurativo se mejoraría en cierta medida la calidad de las aguas de estas charcas.



Figura 26. Los taludes localizados al norte de Gimileo, como el que se muestra al fondo de la imagen, constituyen lugares adecuados para la nidificación de aves trogloditas de destacado valor, por lo que se considera aconsejable su preservación.

7. Aislamiento y desconexión del humedal con el río. El aislamiento hídrico a nivel superficial daría un doble beneficio. Aun cuando la conexión hídrica con el acuífero cuaternario pueda seguir dándose, el cerramiento del único punto que mantiene unido Gimileo con el Ebro impediría el contacto directo de sus aguas de tal forma que es muy probable que la propia capacidad autodepurativa del humedal mejorara la calidad de sus aguas, especialmente si esta labor es acompañada con una mejora de la cubierta vegetal. Por otro lado, se impediría la entrada de peces procedentes del río al interior del humedal y de esta forma se favorecerían trabajos posteriores de despesque (ver propuesta 8).
8. Realizar labores de despesque y controlar la distribución de la ictiofauna por toda la extensión del humedal, evitando, especialmente, su introducción en las pequeñas charcas localizadas al oeste y sobre aquellas que en el futuro pudieran generarse. Esta recomendación está encaminada a evitar el efecto negativo que pueden llegar a tener la fauna piscícola sobre la posible colonización de la vegetación hidrofítica.

Son varios los beneficios que se pueden atribuir a este tipo de control biológico y, en general, podemos resumirlo si consideramos que numerosos los estudios relacionan claramente la presencia de vegetación hidrofítica con la mejora de la calidad de las aguas y el incremento de la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos (ver Figura 27). Es posible que la simple retirada de la ictiofauna no sea suficiente para conseguir alcanzar una fase de “aguas claras”, o incluso que este tipo de control sea difícil de mantener en el tiempo. Los periodos en los que se produce una elevación del nivel de las aguas permiten la interconexión de cubetas y en consecuencia el acceso de la ictiofauna a todas las cubetas. Para evitar esto se podrían realizar suaves elevaciones sobre el terreno que favorezcan su aislamiento, al menos para crecidas no muy importantes. Además, la ausencia de un banco de semillas en el sedimento es otra dificultad añadida a la posibilidad de que se desarrollen las praderas de macrófitos, por lo que podría ser una buena ayuda para favorecer su desarrollo el recoger pequeñas cantidades de sedimento de humedales cercanos que actuaran de semilleros para la colonización del humedal. Igualmente podría ser de gran utilidad la creación de corrales o “mesocosmos” que actuaran de barrera ante la posible entrada de peces o de otras especies que impidan su desarrollo como puede ser el cangrejo rojo americano (*P. clarkii*), también presente en el humedal.



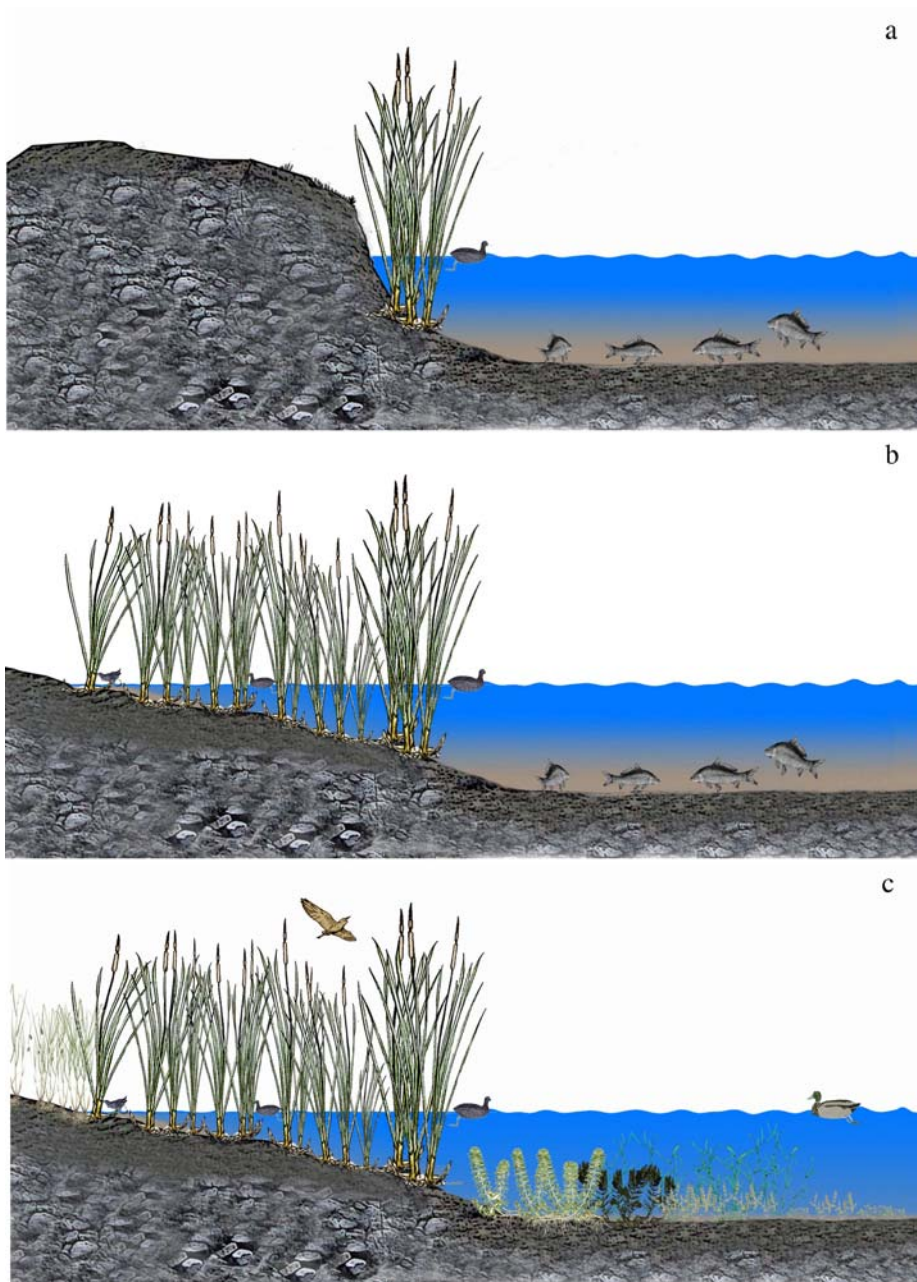


Figura 27. Posibles actuaciones que pueden llevarse a cabo para mejorar el valor actual de Gimileo; orillas escarpadas y de granulometría gruesa, la presencia de un sedimento poco consolidado y su permanente resuspendido por la ictiofauna, limitan en gran medida el desarrollo de las comunidades acuáticas (a). La suavización de las orillas favorecería el desarrollo de una banda de helófitos, pero no resolvería la problemática asociada a la presencia de unas aguas extremadamente turbias (b). La retirada de la ictiofauna favorecería en gran medida el desarrollo de macrófitos acuáticos y favorecería el asentamiento de una biota mucho más variada (c).

## 7 CONCLUSIONES

Por su génesis, Gimileo debe ser considerado como un elemento habitual, dada la profusión de balsas de riego que hay en la provincia de Álava. Sin embargo, cabe destacar la particularidad de éste por cuanto se trata del único cuyo origen es debido a la explotación de áridos.

Desde el punto de vista de sus características morfométricas, Gimileo puede ser considerado como un humedal relativamente extenso dentro de un contexto geográfico, el del País Vasco, donde predominan los elementos palustres de pequeño tamaño (generalmente inferiores a 1Ha). Por otro lado, su reducida profundidad ( $Z_{\max} = 2,5$  m), le situaría dentro del patrón que de forma más habitual presentan los humedales vascos.

En relación a sus características hidrológicas, destaca su carácter permanente fluctuante, lo que puede ser considerado como una singularidad en un territorio donde predominan los humedales de carácter temporal como son la laguna de Mateo en La Rioja o las lagunas de Naváridas y La Guardia en la Rioja Alavesa.

Por su localización geográfica puede ser definido como de ritmo mediterráneo. Su presencia en esta ecorregión podría ser destacada ya que, si bien es en ésta donde se concentra la mayor superficie palustre del País vasco (65%, según Montes, 1994), ésta lo hace en un número reducido de enclaves.

Por su concentración salina, Gimileo puede ser considerado como una identidad arregional, algo que no debe extrañar teniendo en cuenta su funcionamiento hidrológico (marcado carácter exorreico con una fuerte vinculación con el río Ebro). Así, sus aguas pueden ser clasificadas en el límite entre la categoría de dulce y subsalina.

En cuanto al contenido de nutrientes de sus aguas (N y P) y a la concentración de pigmentos fotosintéticos (Chl *a*), Gimileo debería ser clasificado como hipertrófico. Las comunidades acuáticas encontradas son igualmente indicadoras de este estado trófico. Así, tanto el fitoplancton como el zoobentos se caracterizan por la presencia de elementos banales con gran capacidad de dispersión y colonización de nuevos cuerpos de agua. A pesar de ello cabe destacar el moderadamente elevado número de táxones, encontrados en el zoobentos.

En cuanto a la vegetación acuática y las comunidades litorales, se observa en general un desarrollo muy limitado. Cabe mencionar, el importante desarrollo puntual de algunas manchas de helófitos. Por otro lado, también es especialmente llamativa la presencia *Nitella salina* en una de las charcas laterales, si bien, la estabilidad de su población está todavía pendiente de confirmación.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta sus características morfométricas, hidrológicas y físico-químicas, Gimileo puede ser definido como un sistema somero pero de carácter permanente. A pesar de ello, en ocasiones se llegan a producir fuertes gradientes verticales en la columna de agua. La fuerte carga de nutrientes, como consecuencia de su conexión hidráulica con el cauce fluvial asociado, junta a las características del sustrato que constituye su cubeta, en general poco consolidado, como cabe esperar en un sistema joven que debe su origen a la extracción de áridos, hace que Gimileo presente unas aguas muy turbias, eutrofizadas y de baja calidad. A este perfil, contribuye indudablemente la composición de la comunidad piscícola, mayoritariamente dominada por ciprínidos.

A pesar de ello, este humedal reúne diferentes características que hacen que pueda ser considerado como un importante refugio para muchas especies de fauna y también de flora. Además es importante destacar su enorme potencialidad, que sin duda podrá ser confirmada en el futuro, máxime si se consigue llevar a cabo una adecuada restauración.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Cobelas, M.; Muñoz Ruiz, P. y Rubio Olmo, A. (1991). *La eutrofización de las aguas continentales españolas*. Henkel Iberica, S.A.
- APHA-AWWA-WPCF (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- Geider, R.J. y Osborne, B.A. (1992). *Algal photosynthesis. The Measurement of Algal Gas Exchange*. Chapman & Hall. London.
- Giró, F. (1994). Restauración natural de graveras húmedas. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*. 28.
- Cirujano, S.; Velayos, M.; Castilla, F. y Gil, M. (1992). *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares)*. ICONA-CSIC. Madrid.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente (2002). Red integrada de calidad de las aguas (red ICA). Aguas superficiales. Informe anual.
- Ente Vasco de la Energía (EVE) (2001). *Mapa Geológico del País Vasco Escala 1:25.000*.
- Harper, D. (1992). *Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration*. Chapman & Hall. London.
- Hall, C.A.S. y Moll, R. (1975). *Methods of assessing. Aquatic primary productivity, in Primary productivity of the biosphere*. Lieth, H. Whittaker, H. ed. Springer Verlag. New York.
- Jeffrey S. W. y Humphrey G. F. (1975). New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c1 and c2, *Biochem. Physiol. Pflanz*. 167, 194-204.
- Likens, G.E. (1975). Primary productivity in aquatic ecosystems. In: Lieth, H. and Whittaker, R. H. (eds) *Primary Productivity of the Biosphere*. Ecol. Stud.14, 203-215, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg, New York.
- Montes, C. (coord.) (1994). *Caracterización y tipificación ecológica de los humedales de interior de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Informe técnico realizado para el Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

- Montes, C. y Martino, P (1987). *Las lagunas salinas españolas. Bases científicas para la protección de los humedales de España*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid: 95-145.
- Montes, C.; Pascual, M.; Chicote, A.; Priebe, C.; y Ramírez J. (1993). *Estudio de los valores ambientales existentes en las láminas de agua generadas por actividades extractivas en la Comunidad de Madrid*. Informe técnico.
- O.C.D.E. (1982). *Eutrophication of waters. Monitoring assesment and control*. París.
- Redfield, A.C. (1934). *On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton*. James Johnstone Memorial Volumen 2, Wiley-Interscience, Liverpool, United Kingdom.
- Reynolds, C.S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Ryding, S.O. y Rast, W. (1992). *El control de la eutrofización en lagos y pantanos*. UNESCO-Ed. Pirámide. Madrid.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.*; 9, 38.
- Wetzel, R. G. y Likens, G. E. (1991). *Limnological Analyses*. Springer, New York.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

## Perfiles físicoquímicos

Fecha	día	Estado	Z	DS	T°	OD		CE	pH
			(m)	(m)	(°C)	(mg/l)	(%)	(µS/cm)	(upH)
30/07/2002	1	mezcla	0,0	0,38	21,70	8,89	105,90	438	8,42
	1		-1,0		21,20	8,49	100,40	448	8,29
	1		-1,5		21,00	7,03	85,80	452	8,13
	1		-2,0		20,80	7,07	86,70	456	8,10
01/09/2002	32	estratificado	0,0	0,55	24,90	6,40	81,00	484	8,30
	32		-0,5		24,30	6,40	80,00	490	8,24
	32		-1,0		20,60	6,80	79,00	492	8,15
	32		-1,5		20,00	6,40	73,00	498	7,80
	32		-2,0		19,70	5,30	61,00	500	7,72
28/09/2002	59	estratificado	0,0	0,36	20,10	7,22	79,90	604	7,73
	59		-0,5		19,19	6,44	70,00	610	7,65
	59		-1,0		17,50	5,65	59,20	608	7,55
	59		-1,5		16,35	5,46	55,90	579	7,40
	59		-1,8		16,31	4,20	42,90	578	7,29
19/10/2002	79	mezcla	0,0	0,52	15,24	7,37	73,60	536	7,85
	79		-0,5		15,10	8,00	79,00	537	7,87
	79		-1,0		14,50	8,00	79,00	546	7,80
	79		-1,5		13,94	6,50	63,00	533	7,80
	79		-1,8		13,80	6,60	64,00	539	7,73
17/11/2002	107	mezcla	0,0	0,7	11,17	9,86	89,80	502	7,77
	107		-0,5		11,09	9,83	89,40	502	7,73
	107		-1,0		10,71	8,46	75,90	499	7,70
	107		-1,5		10,03	7,09	63,00	490	7,40
19/12/2002	139	mezcla	0,0	0,44	9,13	10,10	88,00	391	7,85
	139		-0,5		9,12	10,01	87,70	390	7,75
	139		-1,0		9,12	10,00	87,70	390	7,70
	139		-2,0		9,13	9,90	87,00	390	7,70
27/01/2003	178	mezcla	0,0	0,67	9,10	11,90	106,00	534	7,83
	178		-0,5		9,08	11,60	105,50	533	7,81
	178		-1,0		9,02	11,50	105,50	532	7,80
	178		-2,0		9,05	11,50	106,00	532	7,79
27/02/2003	209	mezcla	0,0	0,48	8,30	11,90	109,00	560	8,15
	209		-0,5		8,30	11,88	109,00	561	8,03
	209		-1,0		8,20	11,60	108,60	559	7,99
	209		-2,0		8,20	11,30	108,00	559	7,98
28/03/2003	238	mezcla	0,0	0,24	12,59	14,63	137,80	462	8,45
	238		-0,5		12,20	11,10	110,50	460	8,30
	238		-1,0		12,00	9,83	100,12	458	7,89
	238		-2,0		11,50	9,01	92,60	456	7,52
25/04/2003	264	estratificado	0,0		21,13	19,35	218,00	593	9,09
	264		-0,5		20,30	8,49	100,40	590	8,31
	264		-1,0		19,90	5,50	66,00	588	7,75
	264		-1,5		19,80	5,30	65,00	587	7,20
31/05/2003	300	estratificado	0,0	0,17	28,50	16,90	215,00	627	8,38
	300		-0,5		22,40	13,50	157,00	556	7,94
	300		-1,0		20,60	5,80	65,00	549	7,28
	300		-1,5		19,30	1,30	14,00	550	6,98



ANEXO II

Otros parámetros químicos y biológicos determinados en laboratorio

Fecha	z (m)	Zmax (m)	Tªagua °C	Ds (m)	OD (mg/l)	OD (%)	CE (µS/cm)	pH	P-PRS (µg/l)	Pt (µg/l)	N-NO2 (µg/l)	N-NO3 (µg/l)	N-NH4 (µg/l)	Ni (µg/l)	No (µg/l)	Nt (µg/l)	N/Pt	Chl a (µg/l)
31/07/2002	0,2	2,3	21,70	0,38	8,89	105,9	438	8,42	2	119	4	225	65	294	130	424	3,6	46,4
01/09/2002	0,2	2	24,90	0,55	6,40	81,0	484	8,30	8	63	6	249	158	412	166	578	9,1	22,8
28/09/2002	0,2	1,9	20,10	0,36	7,22	79,9	604	7,73	3	71	14	570	<30	584	652	1236	17,4	27,5
17/11/2002	0,2	1,8	11,17	0,70	9,86	89,8	502	7,77	5	33	7	1232	<30	1239	105	1344	40,2	10,7
27/01/2003	0,2	2,35	9,10	0,67	11,90	106,0	534	7,83	1	41	11	1374	<30	1385	302	1687	41,1	6,7
28/03/2003	0,2	2,2	12,59	0,24	14,63	137,8	462	8,45	1	92	5,8	888	<30	894	572	1466	15,9	98,1
31/05/2003	0,2	1,84	12,59	0,24	14,63	137,8	462	8,45	5	149	13	508	42	564	1069	1633	10,9	143,5
31/05/2003	1,5	1,84	21,13	0,17	19,35	218,0	593	9,09	6	117	4	418	<30	421	608	1029	8,8	138,7
Media aritmética			16,66	0,41	11,61	119,5	510	8,26	4	86	8	683	88	724	450	1174	18,4	61,8
Media geométrica			15,70	0,37	11	113	507	8	3	77	7	564	75	633	337	1068	14	37,7
Max			24,90	0,70	19,35	218,0	604	9,09	8	149	14	1374	158	1385	1069	1687	41,1	143,5
Min			9,10	0,17	6,40	79,9	438	7,73	1	33	4	225	42	294	105	424	3,6	6,7
rango			15,8	0,53	12,95	138,1	166	1,36	8	116	10	1149	116	1091	965	1263	37,6	136,8



### ANEXO III

## Parámetros físico-químicos y biológicos de la estación de calidad de la Confederación Hidrográfica del Ebro más próxima a Gimileo (Fuente: CHE)

RED ICA. AGUAS SUPERFICIALES CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO RESULTADOS ANALÍTICOS

#### ESTACION Nº 208. EBRO EN CONCHAS DE HARO

Parámetro	Fecha Hora Unidad	14/01/02 10:30	05/02/02 09:45	07/03/02 09:45	07/04/02 10:45	08/05/02 11:15	05/06/02 10:30	08/07/02 10:30	01/08/02 10:15
pH		8.0	7.8	7.9	8.2	8.0	7.7	8.0	7.9
Temperatura del aire	°C	6.5	9.7	8.7	18.0	12.0	10.5	19.0	16.0
Temperatura del agua	°C	8.5	10.0	9.6	14.8	15.0	19.5	22.0	22.0
Conductividad a 20 °C	µS/cm	590	530	440	670	530	560	390	375
Materias en suspensión	mg/L	5	4	12	9	8	14	13	33
DQO al dicromato	mg/L O2				20.5				
Materia orgánica U.V.	mg/L O2	21.2	25.4	22.5	>30	17.4	25.0	16.7	16.6
Aspecto		2	2	2	2	1	1	1	1
Oxígeno disuelto	mg/L O2	8.1	7.2	10.2	6.3	7.1	6.2	6.1	6.3
Oxígeno disuelto (% sat.)	% sat.	69.0	64.6	91.1	62.5	71.0	68.0	71.0	73.1
DBO5	mg/L O2	9.6	5.6	7.2	3.7	7.4	5.0	5.2	3.4
Amonio total	mg/L NH4		0.53			0.30		<0.13	
Coliformes totales a 37°	NMP/100 mL		6100			4300		600	
Calcio	mg/L Ca		67.7			68.4		49.7	
Magnesio	mg/L Mg		8.2			7.7		7.0	
Sodio	mg/L Na		51.3			28.9		29.2	
Potasio	mg/L K		2.0			1.8		2.0	
Cloruros	mg/L Cl		54.8			29.8		26.2	
Sulfatos	mg/L SO4		74.7			55.7		65.6	
Nitratos	mg/L NO3		10.9			7.4		3.3	
Alcalinidad	mg/L CO3Ca		161			171		111	
Fosfatos	mg/L PO4		0.06			0.08		<0.05	
Detergentes	mg/L L.A.S.		<0.08			<0.08		<0.08	
Cianuros	mg/L CN	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Fluoruros	mg/L F	0.14	0.14	0.12	<0.1	0.12	0.13	0.15	0.14
Arsénico	mg/L	0.00046	0.00032	0.00034	0.00024	0.00018	0.00077	0.00063	0.00072
Cadmio	mg/L		<0.003			<0.002		<0.0005	
Cromo total	mg/L	0.0154	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.001		0.0098	<0.002
Cobre	mg/L	0.0023	<0.0050	<0.0050	<0.005	<0.005	<0.0050	0.0038	
Hierro disuelto	mg/L		0.10					0.20	
Mercurio	mg/L		<0.00005			0.00010		<0.00010	
Manganeso	mg/L		NR					NR	
Niquel	mg/L	0.0057	<0.010	<0.010	0.004	0.002	<0.010	0.110	<0.010
Plomo	mg/L	NR	NR	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Selenio	mg/L	0.00013	0.00010	0.00012	0.00014	0.00011	0.00013	<0.00015	<0.00015
Zinc	mg/L	0.045	0.035	0.051	0.059	0.027	0.170	0.024	0.063
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Suma diclorobencenos	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenceno	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Tolueno	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Naftaleno	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Monoclorobenceno	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Benceno	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Suma Xilenos	µg/L	ND	ND	<5	<5	<5	<5	<5	<5

ND: Valor medido inferior al límite de detección / NR: No realizado / \*: Determinación a la que se aplica excepcionalidad

## ANEXO IV

### Fitoplancton

CLASE	ESPECIE	30/07/2002	01/09/2002	28/09/2002	17/11/2002	27/01/2003	27/03/2003	31/05/2003
Cyanophyceae	<i>Anabaena</i> sp.				20			
	<i>Gomphosphaeria apantina</i>			6				
	<i>Merimopedia tenuissima</i>	110	10	12				
	<i>Planctothrix</i> sp.	2						
	<i>Snowella lacustris</i>	1350	1020	230				8889
	<i>Spirulina</i> sp.							
Chrysophyceae	<i>Synechococcus nidularis</i>	100	80	20	30			
	<i>Dynobrium divergens</i>					2	117	
	<i>Epipyxis</i> sp.				1			
Bacillariophyceae	<i>Achnanthes minutissima</i>							
	<i>Asterionella formosa</i>				2	2	8	
	<i>Aulacoseira granulata</i>	10	2		1			
	<i>Cyclotella</i> sp.	156	260	760	960	750	3119	7797
	<i>Fragilaria crotonensis</i>				250			
	<i>Fragilaria capucina</i>	120	86	660		66		780
	<i>Fragilaria construens</i>	8						
	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>		46	96	66	80		312
	<i>Melosira varians</i>				320			
	<i>Nitzschia</i> sp.				160			
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas erosa</i>		215	660	230	15	78	468
	<i>Cryptomonas marsonii</i>		10			16		
	<i>Cryptomonas phaseolus</i>					2	39	
	<i>Cryptomonas rostriformis</i>				320	1		
	<i>Rhodomonas lacustris</i>		120	420	623	762	1559	2339
Dinophyceae	<i>Amplydinium</i> sp.		1			1		
	<i>Peridinium achromaticum</i>			1				
Chlorophyceae	<i>Actinastrum hantzschii</i>			2	1			156
	<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	6	1	10			39	
	<i>Botryococcus braunii</i>	4						
	<i>Characium</i>	1						
	<i>Chlamidomonas</i> sp.							
	<i>Closteropsis acicularis</i>	99	33	15				
	<i>Coelastrum astroidesum</i>	133	1					
	<i>Coelastrum microporum</i>	10						
	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>							156
	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	101	56	20				
	<i>Eudorina elegans</i>	10	1					
	<i>Gloeoetanium</i> ?	4	1					
	<i>Korsiloviella limnetica</i>		5	4				
	<i>Lagerheimia genevensis</i>	2	4					
	<i>Lagerheimia subsalsa</i>							312
	<i>Monoraphidium citrinale</i>	1	6					
	<i>Monoraphidium contortum</i>	1	1				6	39
	<i>Monoraphidium komarkovae</i>		2	2				8
	<i>Monoraphidium griffithii</i>	15	5					
	<i>Oocystis lacustris</i>	20	8					
	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>Duplex</i>	1	1	2	4			156
	<i>Pediastrum tetras</i>	1	1	2				
	<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>	1610	990	223	1	1		
	<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>equinolatum</i>	1	1	2				
	<i>Placosphaera opaea</i>	7	6					
	<i>Elakatothrix</i> sp.	660	320	160				936
	<i>Eudorina elegans</i>				4			
	<i>Francia</i> cf. <i>polychaeta</i>	4	2					
	<i>Kirchneriella contorta</i> var. <i>contorta</i>	1						
	<i>Kirchneriella obesa</i>	23	10					
	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	965	26	26	10		156	624
	<i>Scenedesmus acutus</i>	1223	425	250			1	8
	<i>Scenedesmus denticulatus</i>		6					8
	<i>Scenedesmus intermedius</i>							
	<i>Scenedesmus linearis</i>	12	22	20				
	<i>Scenedesmus obtusus</i>	12	2	12	15			
	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	33	10			8	156	
	<i>Scenedesmus serpentinus</i>	1	16					
	<i>Sphaerocystis planctonica</i>	10						
	<i>Tetraedron minimum</i>	32	26					
<i>Tetraedron triangulare</i>		17						
<i>Tetraedron caudatum</i>			12					
<i>Tetrastrum triangulare</i>	26	26						
<i>Tetrastrum triacanthum</i>		6				8		
<i>Torakochloris rygaardii</i>	33							
Conjugatophyceae	<i>Cosmarion bioculatum</i>	500	20	16				
	<i>Staurastrum</i> sp.	10	6	16				
Euglenophyceae	<i>Euglena acicularis</i>	5	2					312
Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina parva</i>		56			26	8	
<b>Densidad (cel/ml)</b>		<b>7433</b>	<b>3971</b>	<b>3653</b>	<b>2998</b>	<b>1747</b>	<b>5341</b>	<b>23704</b>

## ANEXO V

### Zoobentos

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	30/07/2002	28/09/2002	28/01/2003	31/05/2003
ANNELIDA	OLIGOCHAETA							
MOLLUSCA	GASTROPODA		Physidae	<i>Physa</i>	R	F	R	MA
			Lymnaeidae	<i>Radix</i>	P	P	R	P
			Lymnaeidae	<i>Galba truncata</i>			MA	P
			Planorbidae			P	C	R
			Ferrissidae	<i>Ferrissia</i>		P		F
	BIVALVIA		Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>				P
	ARACHNIDA		Hydracarina			P		
UNIRRAMIA	PTERIGOTA	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Cloeon</i>		P	P	
			Caenidae	<i>Caenis</i>	R	R	R	P
			Ephemeridae	<i>Ephemera</i>				P
			Potamanitidae	<i>Potamanthus</i>				P
		ODONATA	Gomphidae	<i>Ophiogomphus</i>			P	
			Coenagrionidae			P		P
			Aeshnidae	<i>Aeshna</i>	P	P		
		HETEROPTERA	Corixidae	<i>Micronecta</i>	DO	C	DO	MA
			Gerridae	<i>Gerris</i>		P		
		COLEOPTERA	Elmidae	<i>Limnius</i>	P			
			Scirtidae	<i>Cyphon</i>			MA	
			Hydrophilidae	<i>Laccobius</i>			P	
			Noteridae	<i>Noterus</i>			P	
			Helophoridae	<i>Helophorus</i>			P	
		TRICHOPTERA	Limnephilidae				P	
			Ecnomidae	<i>Ecnomus</i>		R		
			Hydroptilidae	<i>Agraylea</i>				P
		DIPTERA	Chironomidae		C	DO	F	DO
			Thaumaleidae		P			
			Tipulidae	<i>Tr. Eriopterini</i>			P	
			Limoniidae				P	
			Psychodidae				P	
CRUSTACEA	MALACOSTRACA	DECAPODA	Cambaridae	<i>Procambarus clarkii</i>	P	P	R	
	OSTRACODA				R	R	R	P

D = dominante, MA = muy abundante, C = común, F = frecuente, R = rara, P = presente.