



EAE ARTEKO ARROAK  
(EBROKO ARROA)

CUENCAS INTERCOMUNITARIAS  
(CUENCA EBRO)



EAE ARTEKO ARROAK  
(IPAR ARROA)

CUENCAS INTERCOMUNITARIAS  
(CUENCA NORTE)



EAE BARNEKO ARROAK

CUENCAS INTRACOMUNITARIAS

# EAE - K O L U R G A I N E K O U R - M A S E N E Z A U G A R R I E N B I L K E T A

IV. ALEA: EAE-KO HEZEGUNEEN EZAUGARRIEN BILKETA - I  
(KANTAURIKO ISURIALDEA)

## C A R A C T E R I Z A C I Ó N D E L A S M A S A S D E A G U A S U P E R F I C I A L E S D E L A C A P V

TOMO IV: CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES DE LA CAPV - I  
(VERTIENTE CANTÁBRICA)

2002KO UZTAILA / JULIO DE 2002

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

LURRALDE ANTOLAMENDU ETA  
INGURUMEN SAILA  
Uren Zuzendaritza

DEPARTAMENTO DE ORDENACION  
DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE  
Dirección de Aguas





## CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES DE LA CAPV

### DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN DEL TRABAJO

- Ana Oregi Bastarrika (Directora de Aguas del Gobierno Vasco)
- José María Sanz de Galdeano Equiza (Responsable de Planificación Hidrológica)
- Iñaki Arrate Jorrín (Planificación Hidrológica)
- Eugenio Rico Eguizabal (Universidad Autónoma de Madrid)
- Xabier Iturrate Garrell (Planificación Hidrológica)
- Fernando Ruiz Fernández (Planificación Hidrológica)
- Alberto Manzanos Arnaiz (Planificación Hidrológica)
- Patxi Zurinaga Bañales (Planificación Hidrológica)

### EQUIPOS ADJUDICATARIOS

#### LOTE A. Cuencas Intercomunitarias Cuenca Ebro

#### ONDOTEK, U.T.E.

ONDOAN S.COOP.  
Parque Tecnológico Ed. 101 C  
48170 Zamudio

ANBIOTEK S.L.  
Lehendakari Agirre, 29-4  
4801 Bilbao



- José María Blanco Neira (ONDOAN, S.COOP.)
- Onintza Gandarias Iglesias (ONDOAN, S.COOP.)
- Begoña García de Bikuña Redondo (ANBIOTEK S.L.)
- Alberto Aguirre Gaitero (ANBIOTEK S.L.)
- Henar Fraile Fraile (ANBIOTEK S.L.)
- Maite Moso Díez (ANBIOTEK S.L.)
- Jose Manuel Leonardo Ibarrola (ANBIOTEK S.L.)

#### LOTE B. Cuencas Intercomunitarias Cuenca Norte

#### INGURU CONSULTORES S.A.

Avda. Santiago 19 bajo  
01003 Vitoria-Gasteiz



- Agustín Hierro Ibáñez
- Igor García Usabiaga
- Susana Torregaray Pagola
- Estibaliz Nanclares Medrano
- Oihana Santos Beiztegi
- Luis Docampo Pérez (Huriem S.L.)
- Jose Antonio Bustillo Ramirez (Kepos S.L.)
- Marta Llorente Rodríguez (Kepos S.L.)
- Santiago Alba Corral (Kepos S.L.)
- Jesús Llorente González (Kepos S.L.)

#### LOTE C. Cuencas Intracomunitarias

#### EKOLUR S.L.L.

Paseo Lugaritz 25 bajo  
20009 Donostia



- Iñaki Urrizalki Oroz
- Coro Agirre Otaegi
- Tomás Aramburu Calafell
- Roberto Pastor Remiro
- Iker Azpiroz Colmenero
- Ricardo Pérez Leoz
- Eduardo Etxenike Olano
- Estela Cuevas Díez
- Moisés Guardiola i Buñi
- Joan Armengol Bachero (Universitat de Barcelona)
- Francesc Sabater Comas (Universitat de Barcelona)
- Ramón Orlando Matxinbarrena
- Iván Aguirre Ayerbe

### EQUIPO REDACTOR DEL TOMO I, METODOLOGÍA

INGURU CONSULTORES S.A.

# Índice

---

<b>1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LOS HUMEDALES DE LA CAPV .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES TRABAJOS SOBRE ZONAS HÚMEDAS EN LA CAPV .....</b>	<b>5</b>
<b>4. METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LAS ZONAS HÚMEDAS</b>	<b>12</b>
4.1    INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS.....	16
4.2    INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS.....	18
4.3    INDICADORES BIOLÓGICOS.....	20
<b>5. HUMEDALES DE INTERIOR SIN PROCESOS ALUVIALES: LAGOS Y LAGUNAS.....</b>	<b>21</b>
5.1    INTRODUCCIÓN A LOS DATOS DISPONIBLES SOBRE LOS HUMEDALES DE INTERIOR SIN PROCESOS ALUVIALES .....	21
5.2    INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS.....	26
5.2.1 <i>Morfogénesis de los humedales</i> .....	26
5.2.2 <i>Morfología de los humedales</i> .....	28
5.3    INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS.....	34
5.3.1 <i>La singularidad química</i> .....	40
5.3.2 <i>El estado trófico</i> .....	41
5.4    INDICADORES BIOLÓGICOS.....	45
5.4.1 <i>Comentarios sobre los resultados biológicos de las zonas húmedas</i> .....	48
<b>6. HUMEDALES DE INTERIOR DE TIPO ALUVIAL .....</b>	<b>51</b>
6.1    ENCHARCAMIENTOS DEL RÍO BUTRÓN.....	51
6.2    ZONA HÚMEDA DE LA VEGA DE ASTRABUDUA.....	52
6.3    ENCHARCAMIENTOS DEL VALLE DE BOLÚE.....	53
<b>7. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
7.1    ZONA MINERA.....	56
7.2    CHARCA DE ETXERRE.....	58
7.3    LAGUNAS DE ALTUBE.....	59
7.4    LAGUNA DE ARBIETO.....	60
7.5    SANTA BÁRBARA.....	60
7.6    ENCHARCAMIENTOS DEL RÍO BUTRÓN.....	61
7.7    ZONA HÚMEDA DE LA VEGA DE ASTRABUDUA Y ENCHARCAMIENTOS DEL RÍO BOLÚE.....	61
<b>8. BIBLIOGRAFÍA CITADA .....</b>	<b>65</b>

ANEXO I.....MAPA

ANEXO II.....FOTOGRAFÍAS

## 1. Introducción al análisis de los humedales de la CAPV

En el contexto ecológico, los humedales o zonas húmedas son todos los ecosistemas acuáticos contenidos por los continentes o estrechamente ligados a los mismos. Son humedales los acuíferos, aerosoles, saturaciones freáticas o criptohumedales, manantiales, lagos, lagunas, charcas, estanques, embalses, balsas para riego o piscicultura, marismas, deltas, rías, intersticios costeros, torrentes, cursos de agua y ríos, de carácter natural o artificial, sean o no aguas de régimen temporal o permanente, sean o no aguas de régimen subterráneo, epicontinental o aéreo (existen aerosoles con plancton aéreo constituido por organismos terrestres como crías de arañas, bacterias y diásporas de productores primarios), entre otros. Tanto es una laguna o río a cielo descubierto, un humedal, como lo es el mismo tipo de laguna ubicada en el interior de oquedades y cuevas kársticas, al estilo de las existentes en la antigua Yugoslavia o en Pozalagua de Karrantza (Bizkaia). Allí donde existan relaciones tróficas ligadas al agua continental en cualquiera de sus formas físicas, se debe hablar de humedal.

Tradicionalmente los humedales han sido considerados como las masas de agua epicontinentales no fluyentes, diferenciadas por su tamaño, régimen temporal y profundidad que influencia la distribución vertical de componentes bióticos y abióticos. La limnología surgió para dar explicación al comportamiento de todas ellas, bautizada por Françoise Alphonse Forel del griego limné, que significa lago. Pronto surgieron los estudios de las aguas corrientes constituyendo una disciplina a la que denominaron potamología, del griego potamos, que significa río. Ambas se fusionaron en una única Limnología como estudio de todas las aguas de la superficie terrestre.

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un *Marco Comunitario de Actuación en el Ámbito de la Política de Aguas*, conocida generalmente como Directiva Marco del Agua de la UE (DM), entró en vigor el 22 de diciembre de 2000. Engloba todas las masas de agua superficiales no fluyentes (ríos), no costeras, ni de transición, bajo la nomenclatura de lagos, y propone dos sistemas de diferenciación, "A" y "B". En el sistema "A" se utiliza la profundidad media como factor de clasificación ( $>15$  m, 3 m a 15 m y  $<3$  m), y en el "B" pueden utilizarse otros factores optativos como la estratificación térmica. Sin embargo, hay una gran diferencia ecológica entre una charca y un lago que se expresa en la clasificación, que se propone a continuación, a partir de una modificación de las ideas de Hutchinson (en Wetzel, 1981):

- I. *Lagos con una profundidad mayor o igual a 15 m.* Los nichos ecológicos de las distintas especies se distribuyen en distintas zonas: epilitoral, supralitoral, litoral, litoriprofundal, profundo y pelágica. Es analizable la estratificación térmica y el régimen de mezclas y existe una correlación inversa entre la productividad de todos los niveles tróficos y determinados parámetros morfométricos de las cubetas, como la profundidad media o la profundidad relativa. Se ajustan al modelo de Vollenweider o derivaciones. En este grupo entran también los grandes embalses.

- II. *Lagos con una profundidad entre 3 y 15 m.* Similar a los anteriores pero carente de zona profunda. Son aplicables las fórmulas de Vollenweider para  $Z < 18$  m, o derivaciones. Tienen cabida también los pequeños embalses. En estos lagos disminuye o desaparece la correlación del grupo anterior entre productividad y profundidad.
- III. *Lagunas.* Tienen una profundidad media de 1 m y una profundidad máxima inferior a 3 m. Tiende a dominar la distribución horizontal de los nichos ecológicos de las especies. Los hábitats se diversifican en planos horizontales.
- IV. *Charcas o Estanques.* Láminas de agua o masas con una profundidad máxima menor de 1 m en las que predomina la distribución horizontal de los nichos. Incluyen a los criptohumedales: láminas de agua de no más de 20 cm de profundidad máxima, originadas por la sobresaturación del nivel freático en períodos de lluvia, y que desaparecen tras la retracción de los mismos. Tienen un carácter bastante temporal. Existen estanques o charcas con profundidades medias inferiores al metro que mantienen agua durante todo el año o de forma estacional, pero los criptohumedales son todos de régimen temporal.

Haciendo una evaluación preliminar del trabajo y aplicando los criterios del sistema A que considera los criterios de calificación anteriores, los humedales a estudiar en este proyecto se pueden clasificar en los siguientes grupos:

1. Ninguna de las zonas húmedas incluidas en el presente proyecto, tanto para las cuencas intra como intercomunitarias, pertenecen a la categoría de *Lago*, con profundidad media superior a los 15 m, es decir a la categoría I.
2. La denominada Charca de Etxerre es de origen artificial; tiene una profundidad media de 8 m y máxima de 14,5 -15 m, y es un lago de la *categoría II* que manifiesta estratificación térmica en sus verticales máximas. La distribución vertical de los parámetros bióticos presenta menor intensidad que en los lagos de *categoría I*, y es menos notable la influencia morfométrica en la biota que en la *categoría I*. De hecho, está comprobado en Etxerre la rotura de dicha estratificación térmica en períodos de inestabilidad meteorológica.
3. Los lagos Mayor y Menor de La Arboleda (Trapagarán), Gerente en el barrio Las Carreras (Abanto) y Galdames (pozo La Rita) son también lagos de categoría II, si bien con mayor tendencia hacia la *categoría I*.
4. Las denominadas charca de Monreal en la cuenca alta del río Altube, Arbieto en Orduña, Santa Bárbara en Hernani, varios pozos de la zona minera (San Benito, La Bomba, El Redondo, Mame, etc.), y los encharcamientos del río Bolúe son limnológicamente, lagunas o sea pertenecerían a la *categoría III*, caracterizadas porque alcanzan una profundidad máxima inferior a 2,5 m y una profundidad media próxima e inferior a 1 m. En todas ellas dominan los planos horizontales en la distribución de la biota, de la fauna y flora regional, y carecen de zonación vertical como la descrita anteriormente para los lagos.

5. Los encharcamientos de la vega del Butrón y zona húmeda de la vega de Astrabudua no alcanzan profundidades superiores a un metro. Son, por tanto, *criptohumedales*, que presentan un régimen hídrico marcado por la temporalidad.

## 2. Objetivos del trabajo

Los objetivos establecidos en este trabajo se esquematizan como sigue:

1. Recopilar la bibliografía sobre las zonas húmedas incluidas en este proyecto. Describir el estado de la información existente sobre las mismas y completarla en la medida de lo posible con información procedente de otros estudios. En este sentido, se amplía el inventario de zonas húmedas, especialmente en la zona cantábrica, así como su nivel de información.
2. Establecer un diagnóstico previo del estado de los humedales, a partir de la información existente, procedente de distintas fuentes y obtenida con distintos puntos de vista.
3. Establecer las recomendaciones más importantes para posteriores estudios sobre los humedales de la CAPV, encaminados a obtener una ecorregionalización de detalle y un diagnóstico sobre su estado ecológico.

### **3. Descripción de los principales trabajos sobre zonas húmedas en la CAPV**

A continuación se describen los informes recopilados y consultados sobre zonas húmedas de la CAPV:

#### **Caracterización y Tipificación Ecológica de los Humedales de Interior de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Montes, et.al., 1994). Dpto. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.**

Constituido por memoria y apéndices. Se realiza un inventario de los lagos y formaciones palustres interiores del País Vasco, y se aplican metodologías para determinar las componentes abiótica y biótica. Obtienen un inventario florístico in situ, completado y corroborado con la bibliografía. La fauna de macroinvertebrados del bentos es recogida mediante red de nylon y, posteriormente, se procede a una identificación de los organismos en el laboratorio. No existe un inventario de peces. El inventario de batracios, reptiles, aves y mamíferos es extraído principalmente de la bibliografía. Igualmente se realiza analítica fisicoquímica de las aguas, que normalmente se limita a una sola muestra de agua, en la mayoría de los humedales inventariados. El inventario es muy completo en la cuenca mediterránea. Los apéndices contienen las fichas técnicas de cada humedal, que facilitan datos sobre su ubicación, climatología, características geológicas, datos fisicoquímicos de las aguas, listados de plantas acuáticas, invertebrados bénticos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, los usos y los impactos.

Los principales resultados obtenidos en el estudio son:

- I. Clasificación de los humedales de acuerdo con su funcionamiento limnológico: morfometría, hidrología, fisiografía y características fisicoquímicas de las aguas.
- II. Clasificación de los humedales en función de la composición y distribución de sus comunidades de plantas macrófitas.
- III. Clasificación de los humedales en función de la composición de invertebrados del bentos.
- IV. Ecorregionalización de las zonas húmedas de interior. Catalogan los humedales de la CAPV en 7 ecorregiones: a) Litoral. b) Cantábrica Interior. c) Prepirenaica. d) Divisoria de Aguas. e) Submediterránea Norte-Occidental. f) Submediterránea Oriental y g) Mediterránea. Muestran la diferencia en el funcionamiento térmico de dos lagos ubicados en sendas ecorregiones: el lago de Arreo en la submediterránea norte occidental y el lago Mayor de La Arboleda en la cantábrica interior. Analizada la relación entre la profundidad y la temperatura, el trabajo deduce la existencia de un

mayor gradiente, es decir disminuye más rápidamente la temperatura con la profundidad, en el lago de Arreo que en el lago Mayor.

- V. Valoración ambiental de los lagos y formaciones palustres mediante los siguientes criterios: el tipo de formación morfogeológica, la composición química del agua, la complejidad del hábitat, invertebrados, aves, vegetación acuática, singularidad del ecosistema y los valores sociales: económicos, recreativos, paisajísticos, culturales-históricos, pedagógicos y científicos.
- VI. Identificación de los usos e impactos que manifiestan los humedales.
- VII. Definición de las directrices básicas para el desarrollo del Plan Territorial Sectorial de los lagos y formaciones palustres interiores del País Vasco.

**Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas del País Vasco (GRAMA, 1997). Dpto. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.**

Con memoria y anejos. Recopila el inventario registrado en el anterior informe *Caracterización y tipificación ecológica de los humedales de interior de la CAPV* (Montes et al., 1994), y lo extiende a las marismas, encharcamientos costeros y encharcamientos fluviales de la cuenca cantábrica, incluyendo la Reserva Biológica de Urdaibai y la Bahía de Txingudi. No se realizan mediciones del medio abiótico y biótico *in situ*. Por el contrario, se recopilan las medidas fisicoquímicas de aguas y los listados biológicos establecidos en otros trabajos y proyectos como el arriba indicado. Establece perfiles topográficos de los humedales, listados de la vegetación y de la fauna clasificada en las clases: mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces. No se incluyen los invertebrados. Los principales resultados aportados son:

- I. Valoración de la flora en función de la extensión que ocupa y de acuerdo con la clasificación de las especies en: muy común, común y extendida, escasa, rara, muy rara, localizada, endemismo, única cita, exótica y posiblemente extinguida.
- II. Valoración de la fauna, clasificando las especies en: extinguida, en peligro, vulnerable, rara, insuficientemente conocida, no amenazada, y, particularmente, las aves en migrantes, invernantes, nidificantes y residentes. Ponderan como factores de mayor valoración la rareza de las especies, la tasa de nidificación y el estado de conservación de las mismas.
- III. Valoración del ecosistema por su estado de conservación, singularidad, riqueza de especies, potencialidad ecológica y tipificación según convenio RAMSAR.
- IV. Análisis del medio socio-económico. Se establecen aprovechamientos y usos actuales, alteraciones e impactos, compatibilidades y conflictos con otros planeamientos como el urbanístico.

**Estudio de las Aguas Embalsadas y Sólidos Depositados en la Cantera del Barrio de Arkotxa (IMPOLUSA, 1983). Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco.**

Constituye el primer análisis de la contaminación de las aguas de la denominada charca de Etxerre en el año 1983. El estudio se centra en la analítica de las aguas, del sedimento de la charca y en las emanaciones gaseosas de H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, hexano y metano. Se pone de manifiesto la existencia de una fuerte contaminación del medio acuático, así como una alteración nauseabunda y nociva de la atmósfera circundante. Se midieron en las aguas 25 parámetros físicoquímicos: pH, K, O<sub>2</sub>, T<sup>a</sup>, DQO, DBO<sub>5</sub>, SS, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, Cd, S<sup>2-</sup>, NH<sub>3</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>. Además de analizarse el tipo y origen de la contaminación del agua, sedimento y atmósfera, el informe aporta un modelo muy determinista de la evolución temporal a corto plazo de los principales contaminantes, los sulfuros, la DQO, el oxígeno, los bicarbonatos y el pH.

**Dictamen sobre la Situación Limnológica Actual de la Laguna de Etxerre (Bizkaia) (Rico & Montes, 1994). Dpto. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.**

Retoma el problema de la situación y evolución del estado ambiental de la Charca de Etxerre. El estudio se centra en el análisis del pH, conductividad, alcalinidad, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, oxígeno, nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos, ácido sulfhídrico, sílice y clorofila "a" en la columna de agua. Se comprueba que se ha producido una disminución en la concentración de todos los iones mayoritarios y de la conductividad respecto a las mediciones realizadas en 1983 en el trabajo anteriormente indicado de IMPOLUSA. Asimismo, se establece el estado mesotrófico de la laguna.

**Diagnóstico Ambiental de la Charca de Etxerre (IHOBE, 1995). Promovido por el Dpto. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco e IHOBE.**

El trabajo consta de dos partes: una dedicada al análisis de los rellenos y agua extraída de los sondeos realizados en los rellenos circundantes a la charca, donde se alcanzaron entre 1,8 m. y 14,5 m. de profundidad, y otra centrada exclusivamente en el análisis abiótico y biótico de toda la laguna. En la primera, se analizan el pH, K, CN<sup>-</sup> total, Ni, Zn, Cu, Pb, Cd, As, Hg y AOX de los rellenos y aguas de los sondeos. En la segunda, se analizan los citados parámetros medidos en los rellenos, más la T<sup>a</sup>, O<sub>2</sub>, SST, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, alcalinidad total, DQO, DBO<sub>5</sub>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>3</sub>N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, P total, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>S, Fe, Mn, AOX's y PCB's, tanto en la columna de agua como en el sedimento. Se trazaron los perfiles de profundidad de oxígeno, temperatura y conductividad del agua, y se realizaron análisis microbiológicos, análisis de sangre en peces y muestreos con redes, pesca eléctrica y a *visu* de invertebrados, peces, batracios, reptiles, aves y mamíferos, así como de la flora acuática y de la vegetación del medio terrestre circundante. Se obtuvieron los siguientes resultados:

1. En los rellenos, se confirma la no existencia de contaminación del suelo en lo que respecta a los metales analizados, obteniéndose valores inferiores a los recomendados para suelos destinados a uso residencial/parque.
2. En las aguas subterráneas ningún metal presenta concentraciones de las cuales se derive la existencia de riesgos ecotoxicológicos. Por el contrario, los AOX superan con creces los valores limitantes propuestos para la salud humana (entre 41 y 77 veces).
3. Entre 1983 a 1995 se concluye que no se ha producido el vertido de sólidos en la laguna, al no detectarse un incremento en el espesor de los sedimentos de la laguna, de acuerdo con los resultados batimétricos.
4. Un predominio de los fenómenos de fermentación en toda la masa de agua, cuya consecuencia es la persistencia de una anoxia total en la verticalidad de toda la columna, desencadenante de una fuerte metanogénesis, sulfatorreducción y desnitrificación.
5. La presencia de elevadas concentraciones de sulfuros desionizados, hierro, AOX's y PCB's en disolución acuosa. Igualmente se produjo un elevado incremento de la materia orgánica y también del hierro de los sedimentos, entre el año 1995 y los datos de 1993 del informe de IMPOLUSA, anteriormente citado.
6. Ninguna de las especies de anfibios y reptiles acuáticos indicadas en el inventario de humedales de Montes et.al. (1994) fue detectada en la laguna. La fauna de aves y mamíferos era también muy reducida con respecto a la indicada en dicho inventario.
7. Se determinó que la laguna estaba en estado hipereutrófico.

**Estudio de la Evaluación y Recuperación Ambiental de los Montes Mineros de Abanto-Zierbena y Ortuella (Bueno et.al., 1994). Curso de Postgrado de Evaluación y Recuperación Ambiental de la UPV/EHU.**

Consta de dos tomos: el tomo I dedicado al análisis temático y el tomo II, donde se recogen la zonificación y propuestas de recuperación ambiental de la zona. Se realizan medidas de variables físicoquímicas de cuatro arroyos de la zona y de cinco masas de agua, determinándose la conductividad, el bicarbonato y el fósforo total. La parte fundamental de la metodología consiste en la recopilación de los datos existentes y en el tratamiento temático de la información seleccionada. Los principales resultados relacionados con los humedales son:

- I. En el estudio geomorfológico, estratigráfico y sedimentológico de la zona se tipifican siete puntos de interés geológico, recogidos en su correspondiente cartografía temática por la Diputación Foral de Bizkaia. En tres de estos puntos se ubican humedales incluidos en este proyecto. Son: a) La mina Carmen que da nombre a tres lagunas de gran importancia en la zona y, destaca geológicamente por su imponente falla de ortogonal buzamiento y por su rica minería de limonitas y hematites en sustrato calizo. b) La zona de trincheras de las minas Pickoy y Pickwick, en el entorno del arroyo del

Cuadro al sur del municipio de Ortuella y c) El pozo Gerente en Putxeta (Las Carreras).

- II. La hidrogeomorfología constituye una de las principales aportaciones del proyecto. Tipifican la zona en bloques hidrológicos y recopilan la hidroquímica de 19 masas de agua, entre arroyos, manantiales y algunos pozos. La analítica fue realizada por el grupo de Hidrogeología de la UPV en 1990 y por el departamento de Química Analítica de la misma UPV en 1991. Más del 50% de las determinaciones analíticas se refieren a las aguas del manantial de la Casa Yagüe, ubicado en Gallarta, que constituye la principal surgencia de la unidad hidrogeológica de Gallarta. En estas aguas se analizaron todos los iones inorgánicos conservativos, los nutrientes y un amplio listado de metales, incluyéndose el cobalto y la plata.
- III. Inventario de la fauna y flora terrestre y acuática, distribuida en los siguientes medios: robleal, aliseda, coníferas, matorral, campiña, cultivos, agua, roca, zonas sin vegetación y zonas urbanas, incluyendo los cursos principales que drenan la zona como son los arroyos Granada y Cotorrio.
- IV. Recopilación e inventario de 89 puntos de vertido incontrolado, muchos de los cuales han anegado lagunas, incluso naturales, y otros amenazan con contaminar, anegar y/o colmatar otras masas de agua de gran interés por su singularidad química, como la laguna La Bomba, descrita en este informe.

**Restauración y Conservación del Medio Ambiente del Casco Histórico de Ortuella (SUGORRI, 1999). Promovido por la Asociación SUGORRI para la Gestión Urbanística y Conservación del Medio Ambiente de la Zona Minera.**

Abarca desde el embalse de Oiola, pasando por La Arboleda, hasta la zona sur del municipio de Ortuella, introduciéndose en áreas limítrofes de otros municipios como Abanto, Trapagaran, Baracaldo y Galdames. El estudio consta de una memoria y de dos tomos: el tomo I dedicado a la planificación urbanística de la zona desde las cimentaciones al diseño de viviendas y el tomo II dedicado al inventario, caracterización y gestión ambiental de la zona. En lo que se refiere a las aguas continentales, existen mediciones de parámetros fisicoquímicos y biológicos en cursos fluviales, lagunas, lagos y embalses. Los estudios biológicos fueron realizados mediante: inspección *a visu*, trampeo de mamíferos con jaulas de captura en vivo y posterior suelta, pesca eléctrica de anfibios y peces y captura con red de mano tipo Kicker, y con otras redes específicas como butrinos y reteles, de los invertebrados del bentos. Los principales resultados relacionados con este proyecto se resumen como sigue:

- I. Inventario y morfometría de 45 masas de agua distribuidas en charcas naturales, embalses, lagunas y lagos artificiales. El levantamiento batimétrico realizado en algunas de las más grandes muestra su carácter de lagunas, con profundidades entre 1 y 6 m, donde antes se sospechaban calados mucho mayores.

- II. Determinación mediante el estudio microbiológico de las aguas de densidades muy bajas de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos, así como la ausencia absoluta de *Salmonella* y *Giardia lamblia*.
- III. Análisis de la mineralización y de las concentraciones de nutrientes de las aguas.
- IV. Establecimiento de una valoración ecológica de los humedales basada en los invertebrados bénticos, ictiofauna, herpetofauna, aves, mamíferos y vegetación acuática.
- V. Recuperación y conservación de la cubierta vegetal del casco histórico y de las áreas limítrofes. Recuperación y gestión de viales (rutas turísticas) y la conservación de las zonas de interés ecológico (zonas de laplaces, balcón de Ortuella en la falla de la mina Carmen, biotopos relictos, acondicionamiento de lagos hacia estado más maduros en su sucesión ecológica, etc.).

### **Otros estudios**

Hay que comentar la reciente puesta en marcha (2001) de una red de seguimiento del estado ecológico de los humedales interiores de la CAPV por parte de la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. En el marco de este trabajo se ha iniciado el control de los principales humedales interiores de la CAPV conforme a los criterios y requerimientos que emanan de la Directiva Marco, así como el inventario y la caracterización de determinadas zonas húmedas del complejo lagunar de Altube y de la Zona Minera de Bizkaia. Los datos generados en dicha red aún no están disponibles.

Las zonas húmedas de la vertiente cantábrica objeto de seguimiento actualmente son Bolúe, Arbieto, Morreal (Altube) y Lamiojin, a falta de incluir un humedal, aún por decidir, de la Zona Minera.

Los parámetros controlados en cada uno de ellos, que superan en algunos casos los requisitos de la Directiva, son los siguientes:

<b>Tipo de Parámetros</b>	<b>Periodicidad</b>
<b>BIOLÓGICOS</b>	
Fitoplancton	3 meses
Otra flora acuática	1 año
Macroinvertebrados	1 año
Ictiofauna	3 años
Zooplancton	3 meses
<b>FISICOQUÍMICOS</b>	
Transparencia	3 meses
Condiciones térmicas	3 meses
Oxigenación	3 meses
Salinidad	3 meses
Estado de acidificación	3 meses
Nutrientes	
<b>HIDROMORFOLÓGICOS</b>	3 meses
Régimen Hidrológico	1 mes
Condiciones morfológicas	3 meses

## 4. Metodología para el diagnóstico del estado de las zonas húmedas

La Directiva Marco en el ANEXO V establece los indicadores biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos que deben ser tenidos en cuenta para la definición de los estados ecológicos: *muy bueno*, *bueno*, *aceptable*, *deficiente* y *malo* en los lagos, que son definidos como masas de agua continentales superficiales quietas. Es preciso hacer notar que limnológicamente un lago es una masa de agua superficial que experimenta estratificación térmica en la columna de agua y en los componentes bióticos y abióticos correlacionados con dicha estratificación. Normalmente, se diferencian los lagos por su profundidad media tal y como se ha descrito en la introducción.

Los indicadores de calidad biológicos establecidos por la Directiva son: el fitoplancton, los macrófitos y organismos fitobentónicos, la fauna bentónica de invertebrados y la fauna ictiológica. Los de tipo hidromorfológico son el régimen hidrológico y las condiciones morfológicas. Los indicadores de calidad fisicoquímicos son los contaminantes específicos sintéticos, contaminantes específicos no sintéticos y las condiciones generales –temperatura, balance del oxígeno, pH, salinidad, capacidad de neutralización de ácidos, transparencia, salinidad y nutrientes.

Los parámetros que se manejan en este proyecto entroncan perfectamente con los señalados en la DM, si bien no se ha puesto a punto ninguna metodología que permita calificar el estado ecológico de los humedales. Por ello, el concepto que se maneja es el de diagnóstico de estado trófico, químico y biológico, según cada caso, para evitar cualquier confusión con la tipificación global de todos los factores que establece la DM.

Definiciones del estado ecológico muy bueno, bueno y aceptable en los lagos según la DM.

Indicadores de calidad biológicos

Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Fitoplancton	<p>La composición taxonómica del fitoplancton corresponde totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas.</p> <p>La abundancia media de fitoplancton es totalmente coherente con las condiciones fisicoquímicas específicas del tipo y no puede alterar significativamente las condiciones de transparencia específicas del tipo.</p> <p>Las floraciones planctónicas se producen con una frecuencia e intensidad coherentes con las condiciones fisicoquímicas específicas del tipo.</p>	<p>Existen cambios leves en la composición y abundancia de los taxones planctónicos en comparación con las comunidades específicas del tipo. Dichos cambios no indican ningún crecimiento acelerado de algas que ocasione perturbaciones indeseables en el equilibrio de los organismos presentes en la masa de agua o en calidad fisicoquímica del agua o del sedimento.</p> <p>Se puede producir un ligero incremento de la frecuencia e intensidad de las floraciones planctónicas específicas del tipo.</p>	<p>La composición de los taxones planctónicos difiere moderadamente de las comunidades específicas del tipo.</p> <p>La abundancia se encuentra moderadamente perturbada y puede llegar a producir una perturbación significativa indeseable en los valores de otros indicadores de calidad biológicos y fisicoquímicos.</p> <p>Se puede producir un incremento moderado de la frecuencia de las floraciones planctónicas específicas tipo. Durante los meses de verano se pueden producir floraciones persistentes.</p>
Macrófitos y organismos fitobentónicos	<p>La composición taxonómica corresponde totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas.</p> <p>No existen cambios perceptibles en la abundancia media de macrófitos y de organismos fitobentónicos.</p>	<p>Existen cambios leves en la composición y abundancia de los taxones de macrófitos y de organismos fitobentónicos en comparación con las comunidades específicas del tipo. Dichos cambios no indican ningún crecimiento acelerado de organismos fitobentónicos o de formas superiores de vida vegetal que ocasionen perturbaciones indeseable en el equilibrio de los organismos presentes en la masa de agua o en calidad fisicoquímica del agua o del sedimento.</p> <p>La comunidad fitobentónica no se encuentra afectada negativamente por aglomerados o capas de bacterias presentes debido a actividades antropogénicas.</p>	<p>La composición de los taxones de macrófitos y de organismos fitobentónicos difiere moderadamente de la comunidad específica del tipo y se encuentra significativamente más distorsionada que en el buen estado.</p> <p>Existen signos manifiestos de cambios moderados en la abundancia media de macrófitos y de organismos fitobentónicos.</p> <p>La comunidad fitobentónica puede sufrir interferencias y, en algunas zonas, ser desplazada por aglomerados y capas de bacterias presentes debido a actividades antropogénicas.</p>
Fauna bentónica de invertebrados	<p>La composición y abundancia taxonómicas corresponden totalmente o caso totalmente a las condiciones inalteradas.</p> <p>El cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles no muestra ningún signo de alteración en comparación con los valores inalterados.</p> <p>El grado de diversidad de taxones de invertebrados no muestra ningún signo de alteración en comparación con los valores inalterados.</p>	<p>Existen leves cambios en la composición y abundancia de los taxones de invertebrados en comparación con las comunidades específicas del tipo.</p> <p>El cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles muestra una leve alteración en comparación con los valores específicos del tipo.</p> <p>El grado de diversidad de taxones de invertebrados muestra signos de alteración con respecto a los valores específicos del tipo.</p>	<p>La composición y abundancia de los taxones de invertebrados difieren moderadamente de las comunidades específicas del tipo.</p> <p>Están ausentes los grupos taxonómicos principales de la comunidad específica del tipo.</p> <p>El cociente entre taxones sensibles a las perturbaciones y taxones insensibles y el grado de diversidad son considerablemente inferiores al grado específico del tipo y significativamente inferiores al buen estado.</p>
Fauna ictiológica	<p>La composición y abundancia de especies corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas.</p> <p>Están presentes todas las especies sensibles a las perturbaciones específicas del tipo.</p> <p>Las estructuras de edad de las comunidades ictiológicas muestran pocos signos de perturbaciones antropogénicas y nos son indicativas de que una especie concreta no logre reproducirse o desarrollarse.</p>	<p>Existen leves cambios en la composición y abundancia de las especies en comparación con las comunidades específicas del tipo atribuibles a la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicas e hidromorfológicas.</p> <p>Las estructuras de edad de las comunidades ictiológicas muestran signos de perturbaciones atribuibles a la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicos o hidromorfológicos, y, en algunos casos, son indicativas de que una especie concreta no logra reproducirse o desarrollarse, hasta el punto de que algunos grupos de edad pueden estar ausentes.</p>	<p>La composición y abundancia de las especies ictiológicas difieren moderadamente de las comunidades específicas del tipo, lo que se puede atribuir a la incidencia antropogénica en los indicadores de calidad fisicoquímicos o hidromorfológicos.</p> <p>La estructura de edad de las comunidades ictiológicas muestran signos importantes de perturbaciones antropogénicas, hasta el punto de que una proporción moderada de especies específicas del tipo esté ausente o muestre una presencia muy escasa.</p>

### Indicadores de calidad hidromorfológicos

Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Régimen hidrológico	El caudal y la hidrodinámica del río, el nivel, el tiempo de permanencia y la conexión resultante a aguas subterráneas reflejan total o casi totalmente las condiciones inalteradas.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Condiciones morfológicas	La variación de la profundidad de los lagos, la cantidad y la estructura del sustrato, así como la estructura y composición de las zonas ribereñas de los lagos corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.

### Indicadores de calidad fisicoquímicos<sup>1</sup>

Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Condiciones generales	Los valores de los indicadores fisicoquímicos corresponden totalmente, o casi totalmente, a las condiciones inalteradas.  Las concentraciones de nutrientes permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas.  Los valores de salinidad, pH, balance de oxígeno, capacidad de neutralización de ácidos y temperatura no muestran signos de perturbaciones antropogénicas y permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas.	La temperatura, el balance de oxígeno, el pH, la capacidad de neutralización de ácidos y la salinidad no alcanzan valores que se encuentren fuera de la gama establecida para garantizar el funcionamiento del ecosistema específico del tipo y la consecución de los valores especificados anteriormente correspondientes a los indicadores de calidad biológicos.  Las concentraciones de nutrientes no rebasan los valores establecidos para garantizar el funcionamiento del ecosistema y la consecución de los valores especificados anteriormente correspondientes a los indicadores de calidad biológicos.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Contaminantes específicos sintéticos	Concentraciones cercanas a 0 y, al menos, por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas más avanzadas de uso general.	Concentraciones que no rebasan las normas establecidas de conformidad con el procedimiento especificado en la sección 1.2.6 sin perjuicio de las Directivas 91/414/CE y 98/8/CE. (<eqs)	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.
Contaminantes específicos no sintéticos	Concentraciones que permanecen dentro de la gama normalmente asociadas con las condiciones inalteradas (valores de base=bgl).	Concentraciones que no rebasan las normas establecidas de conformidad con el procedimiento especificado en la sección 1.2.6 <sup>2</sup> sin perjuicio de las Directivas 91/414/CE y 98/08/CE. (<eqs)	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos.

<sup>1</sup> Se utilizan las siguientes abreviaturas: bgl=nivel de base; eqs=norma de calidad ambiental.

La aplicación de las normas derivadas de conformidad con el presente protocolo no requerirá la reducción de las concentraciones de contaminantes por debajo de los niveles de base: (eqs>bgl).

La mayor parte de la información disponible sobre las zonas húmedas hace referencia a las características morfométricas de sus vasos, a la composición de los iones conservativos (sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, sulfato, carbonato y bicarbonato), amonio, nitrito, nitrato, ortofosfato reactivo soluble, oxígeno, pH, conductividad eléctrica del agua, macrofitas acuáticas, macroinvertebrados bénticos, anfibios, reptiles y en algunos casos peces.

Una gran parte de la información ha sido obtenida a partir del estudio de caracterización de humedales del Gobierno Vasco (Montes et.al.,1994). En algunos casos concretos procede de informes específicos: caso de la Charca de Etxerre, donde la información consultada y utilizada está contenida en IMPOLUSA (1983), Rico & Montes (1994) e IHOBE (1995). En la zona minera la información más reciente y extensa publicada procede de Docampo (1995) y SUGORRI (1999), referente en total a más de 60 masas de agua entre lagos, lagunas, charcas y criptohumedales, con especial incidencia en 15 de ellas. Los datos generados por la reciente puesta en marcha de una red de seguimiento de humedales de la CAPV (Dirección de Aguas del Gobierno Vasco) aún no están disponibles.

En consecuencia, para establecer el diagnóstico previo sobre el estado de los humedales se utilizarán las siguientes variables, cuya metodología de cálculo se expone más adelante:

- I. Entre los indicadores de calidad hidromorfológicos indicados en la DM se utilizan la morfogénesis y morfometría. Las variables empleadas son: anchura media de la cubeta, profundidad media de la masa de agua, profundidad relativa, desarrollo del perímetro y el índice de colmatación.
- II. Entre los indicadores de calidad fisicoquímicos se utilizan la singularidad química y el estado trófico. Las variables empleadas son el índice de saturación (IS) y la probabilidad de la masa de agua frente a la eutrofización p(ICNP). No obstante, en algunos humedales se dispone de información complementaria sobre los contaminantes específicos sintéticos y no sintéticos, y también se han utilizado con este fin.
- III. La selección de los indicadores de calidad biológica es de la máxima relevancia para caracterizar la calidad ecológica de los humedales, ya que se entiende que los indicadores biológicos engloban información de otras características del ecosistema como la calidad fisicoquímica de las aguas. En este proyecto de humedales se contempla únicamente computar la riqueza de especies de plantas acuáticas (macrófitos), invertebrados del bentos, peces, batracios, reptiles acuáticos, aves acuáticas y mamíferos acuáticos en base a los estudios realizados hasta la fecha. Hay que resaltar que algunos de estos taxones: batracios, reptiles acuáticos y aves acuáticas, no son considerados de forma específica en la DM si bien por estar recogida información concerniente a los mismos en anteriores trabajos se han incluido en este informe

Se entiende que si otros indicadores establecidos por la Directiva no se utilizan en este trabajo es por la carencia de datos sobre los mismos en todos los humedales que competen a este trabajo, o cuando menos en la mayoría de ellos.

Es preciso señalar también que los índices bióticos al uso para los cursos fluviales someros no son utilizables en las zonas húmedas estancadas. Un ejemplo es la charca Monreal

de Altube, cuyo índice biótico BMWP' de Alba & Sánchez alcanza un valor BMWP'= 56, indicador en la escala de dicho índice de aguas contaminadas, lo cual no se corresponde con el buen estado biótico en el que se encuentra. No sucede lo mismo con los índices de diversidad ecológica que, a tenor de la bibliografía general consultada, sí funcionan en los humedales para establecer diagnósticos de calidad o de estado.

La metodología de cálculo de los parámetros anteriormente citados y utilizados respectivamente como indicadores de calidad hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos, se resume como sigue:

#### 4.1 Indicadores hidromorfológicos.

A priori, tradicionalmente las masas de agua estancadas y afloradas se han clasificado en dos amplios grupos de humedales de características y comportamiento muy distintos:

- I. *Humedales de interior sin procesos aluviales, generados por procesos litológicos y otros procesos geológicos de tipo no fluvial, así como por la mano del hombre.* Son todos los recogidos en el inventario del Gobierno Vasco de 1994 (Montes et al., 1994). Se trata de cubetas o vasos cerrados de mayor o menor profundidad con predominancia en sus ciclos de nutrientes del régimen autotrófico, es decir, con dominancia de la producción generada por el propio ecosistema acuático. Estos presentan a su vez distintos procesos morfogenéticos. Forman parte de este grupo: Arbieto, Santa Bárbara, Monreal, Etxerre y los lagunas y lagos de la zona minera, si bien hay que señalar ciertas diferencias entre ellos. Monreal tiene relación con la dinámica fluvial, sobre todo en aguas altas, y en época de lluvias cuando un arroyo recarga superficialmente la charca. Arbieto, por su parte, no recibe recargas fluviales, la entrada de agua por esta vía es mínima y se llena por los aportes subterráneos.
- II. *Humedales de interior aluviales, generados por el desarrollo de los cursos fluviales.* En consecuencia tienen una fuerte influencia heterotrófica en sus ciclos de nutrientes. Forman parte de este grupo las cubetas aluviales del Bolúe en Fadura (Algorta), del Butrón en Gatika, Maruri y Mungia y de la vega de Astrabudua en el río Udondo.

Asimismo, a un nivel más específico, para los humedales de interior se utiliza la clasificación morfogenética empleada por Montes et al. (1994). Esta clasificación morfogenética ha sido completada con los aparatos deltáicos, descritos en la bibliografía general por Strahler (1987), establecidos por Bueno et al., (1994) en la zona estudiada. En lo que se refiere a la morfometría, la formulación utilizada es la siguiente:

- I. *Anchura media de la cubeta (A-media).* **A-media** =  $A/L_{\text{máx.}}$ , donde A es el área de la superficie de la lámina de agua y L máx. la longitud máxima de su eje mayor. Solamente tiene interés informativo, y no se ha utilizado para realizar ningún cálculo.
- II. *Profundidad media de la masa de agua (Z).* **Z** =  $V/A$ , donde V es el volumen ocupado por la masa de agua y A su área superficial.

III. *Profundidad relativa (Zr)*.  $Zr = (50 Zm \pi^{0,5})/(A^{0,5})$ . Zr se mide en (%). Zm es la máxima profundidad de la masa de agua y A su área. Zr es el porcentaje de la relación existente entre la profundidad máxima y el diámetro medio de la superficie de la cubeta lacustre. Sustituyendo este diámetro medio por su correspondiente expresión en la fórmula de la superficie de un círculo, es decir  $D = 2A^{0,5}/\pi^{0,5}$  se obtiene la anterior expresión, siempre que el resultado se establezca como un porcentaje. Los valores típicos y normales de Zr suelen ser inferiores al 2%, mientras que los valores superiores al 4% se obtienen en cubetas profundas con masas estables. Cuanto mayor sea la profundidad relativa, mayor dificultad existe para hacer circular verticalmente la masa de agua contenida en la cubeta lacustre. Las ecuaciones de Schmidt y Birge (Margalef, 1983) muestran una correlación directa entre la estabilidad de una masa de agua y su Zr, siendo la estabilidad el trabajo mecánico o su equivalencia en energía desarrollada por el viento, para mezclar dos superficies estratificadas por su densidad y profundidad de ubicación. En las masas ya eutrofizadas con valores altos de Zr su restauración ante el cese del input de contaminantes es también más costosa que en masas cuya mezcla sea más factible.

IV. *Desarrollo del Perímetro (DL)*.  $DL = P/(2 * (\pi A)^{0,5})$ . P es el perímetro de la superficie de la cubeta y A su área superficial. Si la figura en planta de la cubeta lacustre es un círculo, se sustituye P por su perímetro ( $2\pi r$ ) y A por su área ( $\pi r^2$ ) y se obtiene:  $DL = (2\pi r)/2(\pi \pi r^2)^{0,5} = 1$ . Por lo tanto, en las zonas húmedas que en planta tienen forma circular, el desarrollo de su perímetro es la unidad. Valores de DL superiores a dos representan formas ovoides y elipsoides, e inferiores a la unidad se corresponden con formas alargadas, irregulares y rugosas. Cuanto más desarrollado es el perímetro existe una mayor potencialidad para el desarrollo de la zona biótica litoral, empezando por la colonización de la flora de aguas someras. Las formas circulares implican un menor desarrollo de comunidades litorales o de orilla, simplemente por el hecho de que para un área dada el círculo es la figura geométrica que desarrolla el menor perímetro frente a otras formas más irregulares.

V. *Índice de Colmatación (pc)*. La colmatación de una cubeta lacustre depende de varios factores geofísicos como son la erosionabilidad del suelo, cobertura vegetal, tipo vegetación (tasa de degradación de la hojarasca y materia vegetal renovada), aporte hídrico o escorrentía, solubilidad de las cargas edáficas, morfometría de las cubetas receptoras, etc. Existen modelos matemáticos orientados al cálculo del tiempo necesario para que tenga lugar la colmatación de una masa de agua natural o artificial, ante la concurrencia de los factores citados y de otros. Uno de los más importantes de dichos factores es la morfometría de la cubeta receptora de las cargas edáficas; pc es un índice de colmatación morfométrico que mide el desarrollo del volumen receptor de dichas cargas. Los factores de las fórmulas del pc abajo expuestas fueron determinados en más de 100 lagos por Anderson (1961):

$$U = (Z - 0,467 Zm)/(0,17 Zm)$$

$$pc = \phi(U)$$

Otros autores utilizan directamente como índice de colmatación morfométrico el desarrollo del volumen de la cubeta lacustre:  $Dv = Z/Zm$ , donde Z es la profundidad media de la masa de agua, Zm su profundidad máxima. El pc es el valor de la curva de Gauss acumulado obtenido a partir de tablas estadísticas para un determinado valor de U.

El pc es el índice de colmatación, que es la probabilidad en tanto por uno de que la cubeta lacustre pueda potencialmente colmatarse ante vertidos antrópicos. Por tanto, mide su riesgo a la colmatación. Valores de pc superiores a 0,5 implican un alto riesgo y valores inferiores se traducen en un menor riesgo.

## 4.2 Indicadores fisicoquímicos.

Existen varios índices que marcan las tendencias a precipitar o disolver del carbonato cálcico y definen si un agua está sobresaturada o infrasaturada respecto a esta sal. Aunque son varios los índices utilizados: el IS es el más ampliamente utilizado. La formulación algebraica del Índice de Saturación de Carbonatos (IS) está recogida en los *Standard Methods* (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Las fórmulas utilizadas se resumen como sigue y una mayor exposición puede ser consultada en esa bibliografía:

### I. Índice de Saturación (IS).

$$IS = pH - pHs$$

$$PHs = pK_2 - pK_s + p[Ca^{2+}] + p[HCO_3^-] + 5pfm$$

$$pK_2 = pH + p[CO_3^{2-}] - p[HCO_3^-]$$

- IS = índice de saturación del sistema carbónico-carbonatos.
- pH = pH medido.
- pHs = pH del agua si estuviera en equilibrio en las concentraciones existentes de calcio y bicarbonatos.
- $K_2$  = constante de segunda disociación para el ácido carbónico a la temperatura del agua.
- $K_s$  = constante de solubilidad del producto: la calcita o del aragonito o de la vaterita, para el  $CO_3Ca$ .
- $f_m$  = coeficiente de actividad de iones monovalentes, calculable a partir de la conductividad y de la temperatura.

Según indica el *Standard Methods* (APHA, AWWA, WPCF, 1992), con respecto al  $K_s$  “*las diferencias en este valor difieren según el mineral de que se trate y pueden ajustarse simplemente con el empleo del pKs para el compuesto de formación más probable, que para el agua natural es la calcita. Debe usarse, por tanto, el pHs para la calcita a menos que se sepa que es una formación distinta de carbonato cálcico la que controla la solubilidad*”. A 15°, por ejemplo, los valores de pKs de la calcita, aragonito y vaterita son 8.43, 8.28 y 7.84, respectivamente.

IS adquiere valores positivos y negativos pasando por cero, actuando como un eje discriminante carente de multicolinealidad, que ocurre cuando existe una alta correlación entre las variables independientes.

- IS = 0 se presenta en las aguas en equilibrio.
- Valores positivos de IS implican que el sistema está saturado en cualquiera de las formas cristalinas predominantes de CaCO<sub>3</sub> anteriormente indicadas, y el sistema tiende a su precipitación y fijación en los sedimentos.
- Valores negativos de IS corresponden a aguas infrasaturadas de carácter agresivo, capaces de movilizar elementos en disolución y conferir una mayor y más rápida toxicidad al líquido elemento.
- Valores de IS > +2 definen ambientes singulares alcalinos y/o de elevada conductividad iónica asociados normalmente a materiales evaporíticos (yesos, sal gema, etc..).
- Valores de IS < -2 determinan ambientes singulares ácidos.

II. *Probabilidad de la Masa de Agua frente a la eutrofización – p(ICNP)*-. Las concentraciones de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), amonio desionizado (NH<sub>3</sub>) y fósforo reactivo soluble (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) se utilizarán en el cálculo del índice de eutrofización de la masa de agua – p(ICNP) -:

$$ICNP = \log \{[(6/O_2) + (20/NO_3^-) + (NO_2^-/0,1) + (NH_3/0,025) + (PO_4^{3-}/0,096)]/4\}$$

$$p(ICNP) = 1 \pm 0,5(1 + 0,196854 ICNP + 0,115194 ICNP^2 + 0,000344 ICNP^3 + 0,019527 ICNP^4)^{-4}$$

Se toma el signo positivo para los valores positivos de ICNP y el negativo para los valores negativos del mismo.

p(ICNP) es un índice que se valora en una escala de 0 a 1, o en %, y determina la probabilidad de que una masa de agua se encuentre eutrofizada debido a las concentraciones de las fracciones de nitrógeno y del fósforo reactivo soluble. Este índice valora de forma sinérgica dichas concentraciones con respecto a los niveles de seguridad establecidos por la OCDE (1982) y Cobelas, Ruiz & Olmos (1991) para las aguas continentales españolas.

- Valores de p(ICNP) > 0,5 indican que la masa de agua está eutrofizada, y en mayor grado según sea mayor dicha probabilidad.
- Valores de p(ICNP), tales que 0,25 < p(ICNP) < 0,5, se dan en aguas mesotróficas.
- Valores de p(ICNP), en los que 0,25 > p(ICNP) > 0,1 se dan en aguas oligotróficas
- Valores de p(ICNP) < 0,1 representan a las aguas ultraoligotróficas.

### 4.3 Indicadores biológicos.

Los taxones identificados son las plantas acuáticas (hidrófitos y helófitos), macroinvertebrados del bentos, peces, batracios, aves, ofidios acuáticos y mamíferos. Las fórmulas utilizadas para tipificar la riqueza de cada una de las especies en el contexto geográfico de toda la CAPV es la que se muestra.

- I. *Plantas acuáticas*:  $u = (S - 12)/4$ . S, es la riqueza de estas especies.
- II. *Macroinvertebrados del bentos*:  $u = (S - 26)/7,564$ . S, es la riqueza de estas especies.
- III. *Peces*:  $u = S$ . S, es la riqueza de estas especies.
- IV. *Batracios*:  $u = (S - 5)/2$ . S, es la riqueza de estas especies.
- V. *Aves*:  $u = (S - 32)/10$ . S, es la riqueza de estas especies.
- VI. *Ofidios*:  $u = (S - 1)$ . S, es la riqueza de estas especies.
- VII. *Mamíferos*:  $u = (S - 1)$ . S, es la riqueza de estas especies.

En estos momentos no se ha completado ningún trabajo de regionalización de zonas húmedas en la CAPV del que se pudiera derivar la existencia de distintas regiones biogeográficas y aún menos condiciones de referencia específicas establecidas con los valores de los humedales mejor conservados. En su defecto se han utilizado como parámetros estadísticos de referencia (media y desviación estándar de las distribuciones de los diferentes grupos de especies) los valores calculados a partir de los datos de todos los humedales de la Comunidad, sin ningún análisis específico sobre la posible existencia de regiones lo cual debiera ser establecido en un trabajo de mayor calado que el que nos ocupa.

Las expresiones anteriores responden todas ellas a la formulación general  $u = (S - X_m)/SD$ . Esto es porque para cada uno de los taxones, en particular, se valora la riqueza de especies relacionada con el número de especies de ese taxón en otros humedales de la misma región geográfica, que en este caso se extiende aproximadamente a la CAPV donde se han realizado estos estudios y obtenido los parámetros estadísticos de las fórmulas.

## 5. Humedales de interior sin procesos aluviales: lagos y lagunas

### 5.1 Introducción a los datos disponibles sobre los humedales de interior sin procesos aluviales

Dentro de las zonas húmedas estudiadas los humedales de interior sin procesos aluviales de la cuenca cantábrica se encuentran escasamente inventariados y caracterizados, especialmente en el ámbito de la zona minera. El informe de humedales de 1994 (Montes et.al., 1994) solamente cita los lagos Mayor y Menor de La Arboleda, en tanto que el informe del Avance del Plan Territorial Sectorial de zonas húmedas de 1997 (GRAMA, 1997) cita una serie de humedales y proporciona su ubicación, sin aportar ningún otro tipo de datos sobre los mismos. Ese listado está recogido a continuación en la **Tabla 1**.

Lo que localmente se entiende como zona minera, se extiende desde La Arboleda hasta Galdames, pasando por los montes meridionales de los municipios de Ortuella y Abanto. Está dividida en dos sectores hidrogeológicos: el de Gallarta y el de Galdames. El más extenso, el de Gallarta tiene una aportación media anual de 95 l/s, está constituido por 8 bloques hidrológicos: 1) La Barga-Putxeta. 2) Las Calizas. 3) Bodovalle. 4) Golífar-Trapagarán. 5) Del Cuadro. 6) Mina Carmen. 7) La Arboleda-Triano y 8) Gerente. Solamente en el bloque La Barga-Putxeta se encuentran identificadas hasta 45 masas de agua que suman 15.040 m<sup>2</sup> de lámina de agua, si bien la mayor parte de ellas son charcos temporales con una superficie media entorno a los 50 m<sup>2</sup>-100 m<sup>2</sup>. Estas masas se encuentran representadas en el **mapa del ANEXO** y proceden del estudio de SUGORRI (1999). Las más importantes de régimen permanente y con una superficie igual o superior a los 200 m<sup>2</sup> de superficie se encuentran recogidas en la **Tabla 1**.

No existe un inventario en detalle sobre las masas de agua de los demás bloques hidrológicos, pero resulta manifiesto lo escasamente inventariada que se encuentra la zona. Toda ella es un gran acuífero asociado a las calizas de rudistas y calizas micríticas donde se encuentran los criaderos de hierro de la margen izquierda conocidos desde la época romana. Los yacimientos arqueológicos de las épocas de los celtas y romanos todavía son numerosos y desconocidos en muchos sitios. El nombre de Triano del enclave minero del mismo nombre procede de Trajano, de Marco Ulpio Trajano, el primer emperador romano hispano (98-117 d.C.) (Domínguez & Arroitia, 1994).

Las citadas calizas alcanzan en Gallarta una potencia de 90 m y presentan superficialmente una intensa karstificación con diferenciación de muchos lapiazes, simas y dolinas. La principal surgencia de este acuífero se encuentra en la gran boca de mina de Bodovalle (Gallarta), cuya excavación se tragó el casco antiguo de esta localidad. Actualmente se mantiene un bombeo continuo de esta surgencia, y existe un proyecto (entre otros distintos) de convertir esta mina en un gran lago, posiblemente uno de los mayores de Europa. Sin bombear, se calcula que la mina alcanzaría su cota máxima en unos 25 años.

Para el diagnóstico ecológico que se expone más adelante es de especial interés citar los principales minerales de hierro que fueron explotados en la zona: la siderita y ankerita (p.ej. en Bodovalle), goethita y limonita (p.ej. Orconera y Minas Carmen). Entre los minerales secundarios destacan la calcita, dolomita, cuarzo, pirita, marcasita, calcopirita y trozos de clorita. Pirita y calcopirita se extraían de la actual laguna La Bomba; minerales que le confiere su singularidad química, caracterizada en la exposición del estado trófico de las masas de agua.

Los mejores estudios que recogen la descripción hidrogeológica y geológica de la Unidad de Gallarta son sendas tesis de postgrado, la una realizada por un equipo interdisciplinar de biólogos y geólogos de la UPV (Bueno et. al., 1994) y la otra por Luengo (1990, 1991. Ambos estudios pueden ser localizados en el Dpto. de Geodinámica de la UPV/EHU sita en Leioa.

En la **Tabla 1** se ha completado el inventario del Gobierno Vasco en la zona minera, extraído de los estudios citados. En el inventario de GRAMA (1997), a la denominada charca La Concha se la conoce localmente como charca del Balcón de Ortuella, y la denominada Charca de Triano no es una, sino varias. Se las conoce localmente como Minas Carmen. Las más grandes son Carmen, Carmen II y Carmen III (**Tabla 1**). En el mapa 1:10.000 del **ANEXO** se representa su distribución, que muestra que en este entorno existe un conjunto de charcas, todas ellas concatenadas, en las que el agua pasa de unas a otras superficial y subterráneamente. Este entramado de charcas está dibujado por uno de los accidentes geológicos más importantes de toda la zona minera, la falla Carmen (NE-E: VN95030457-VN94509400), caracterizada por un componente de desgarre sinextrosa con fuerte buzamiento, que forma planos subverticales, unos, y perfectamente octogonales, otros, con pendientes medias comprendidas entre el 50% y 100%. En su cúspide se encuentra el Balcón de Ortuella (VN95009451-VN94909420). La falla marca la división entre el bloque de La Barga-Putxeta y La Arboleda-Triano, siguiendo aproximadamente el límite municipal entre Abanto y Ortuella representado en el mapa del **ANEXO**.

En el mismo mapa, las lagunas La Isla, El Sol, La Bomba, San Benito, El Redondo, El Cuadrado, Arana, Reserva, Reserva II y Charco del Balcón de Ortuella, se corresponden con este área de distribución (ver **Fotografías 1, 2, 3 y 4** del **ANEXO**).

En el caso de las charcas del diapiro de Murgia en la zona de Altube, el inventario del Gobierno Vasco (Montes y cols., 1994) cita la existencia de 21 masas de agua cuya superficie total es de 4.000 m<sup>2</sup>, que deben ser tratadas como una unidad hidrológica desde el punto de vista ecológico. Ninguna de ellas, excepto la de Monreal, está identificada en el inventario y el resto no están suficientemente definidas, ni se tiene información sobre sus características abióticas y bióticas. En algunos casos la identificación de las lagunas se complica bastante, ya que existen cursos de agua que nacen y forman charcas someras en su recorrido (**Fotografías 5 y 6** del **ANEXO**). En el Plano 111-16 a escala 1:5000 (Altube) se diferencian 16 lagos y lagunas.

Se concluye, por lo tanto, que un futuro estudio sobre zonas húmedas, deberá proceder a establecer un inventario más completo y detallado en la zona minera de Bizkaia -desde Cadegal (municipio de Ortuella) hasta Galdames- y en el diapiro de Murguia en Altube. Hay que decir que este inventario ha sido recientemente elaborado en parte, si bien los datos aún no están disponibles, con la caracterización de nueve humedales en la zona minera y dos en Altube, en el marco de los trabajos de la Red de Vigilancia de Humedales de la CAPV, de la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco.

**Tabla 1. Inventario de las zonas húmedas de interior del País Vasco. En la parte inferior de la tabla se han añadido para el estudio comparativo de caracterización y diagnóstico, seis humedales distintos a los correspondientes a este proyecto, que representan extremos y situaciones de interés ecológico.**

HUMEDAL	UNIDAD HIDROLÓGICA	MORFOGÉNESIS
Santa Bárbara	URUMEA	Dolina arcillosa (kárstica).
Laguna de Arbieto	IBAIZABAL	Torca diapírica con afloramiento cuaternario formado por hundimiento kárstico sobre sustrato Keuper.
Charca de Monreal	IBAIZABAL	Humedal sobre el cuaternario con sustrato rocoso del Keuper: disolución kárstica de evaporitas.
Laguna de Etxerre	IBAIZABAL	Laguna artificial originada por una cantera de calizas, impermeabilizada por arcillas.
Ostión (Lago Menor de La Arboleda)	IBAIZABAL	Lago artificial originado por una mina de siderita-ankerita a cielo abierto y con túneles de extracción.
Lago Mayor de La Arboleda	IBAIZABAL	Lago artificial originado por una mina de siderita-ankerita a cielo abierto y con túneles de extracción.
La Isla	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de siderita
El Sol	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de siderita
La Bomba	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de piritas y calcopiritas
Reserva	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de siderita
Reserva II	IBAIZABAL	Depresión asociada a pozos mineros
El Redondo	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de siderita
San Benito	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de siderita con dique y descargas de fondo sin formar río.
El Cuadrado	IBAIZABAL	Depósito de agua para lavado del mineral
Arana	IBAIZABAL	Depresión sobre modelado kárstico-calizo
Charco del Balcón de Ortuella	IBAIZABAL	Depresión sobre modelado kárstico-calizo
Mina Carmen	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de limonita y goethita
Mina Carmen II	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de limonita y goethita
Mina Carmen III	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de limonita y goethita
Embalse de Triano	IBAIZABAL	Antiguo pozo de extracción de siderita
Balsa la Lejana	IBAIZABAL	Sobre la unidad Purbeck-Weald de Ortuella.
Pozo Mina Princesa	BARBADUN	Antiguo pozo de extracción de siderita
Gerente	BARBADUN	Antiguo pozo de extracción de siderita

<b>HUMEDAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MORFOGÉNESIS</b>
Pozo La Rita (La Aceña)	BARBADUN	Antiguo pozo de extracción de siderita
Charca del Sauco	BARBADUN	Antiguo pozo de extracción de siderita
Balsa Mina Catalina	BARBADUN	Antiguo pozo de extracción de siderita
Balsa en Montellano	BARBADUN	Antiguo pozo de extracción de siderita
Laguna de Bikuña	ARAKIL	Dolina kárstica somera
Turbera de Usabelartza	ORIA	Oxidación lenta en suelos saturados de agua
Turbera de Saldropo	IBAIZABAL	Oxidación lenta en suelos saturados de agua
Lago de Arreo	EBRO	Depresión kárstica sobre yesos
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	EBRO	Depresión originada por erosión diferencial con paleocanales bordeando la zona inundada
Salinas de Añana	OMECILLO	Lagunas artificiales constituidas por balsas sobre los ríos Muera y Terrazos, que recogen las aguas saladas del manantial Santa Engracia

## 5.2 Indicadores hidromorfológicos.

### 5.2.1 Morfogénesis de los humedales

En nuestro contexto biogeográfico se manifiestan seis formas básicas de génesis de los humedales epicontinentales, conforme a la división de los humedales realizada por Montes, et.al., 1994:

- I. Dolinas kársticas, simas y depresiones, como son los casos de Santa Bárbara, Arana y el charco del Balcón de Ortuella.
- II. Dolinas, torcas y depresiones sobre materiales evaporíticos o diapíricos, como Monreal y Arbieto. (**Fotografía 7**).
- III. Depresiones originadas sobre materiales diferenciales en su resistencia a la tracción y compresión, como las lagunas de La Laguardia, que constituyen un sistema endorreico, en el cual no solo las precipitaciones alimentan el sistema sino que el flujo subterráneo presenta un gran dinamismo en un ambiente sedimentario del terciario.
- IV. Oxidación hacia el climax ecológico de la materia orgánica. Todas las turberas se originan por este proceso de oxidación lenta.
- V. Pozos, oquedades, balsas, depósitos e incluso túneles originados por la explotación minera hipocontinental y a cielo abierto de minerales de hierro, calizas para morteros y hormigón, y halita para consumo humano y manufacturas industriales. De este tipo es la laguna de Etxerre y la mayoría de las masas de agua de la zona minera, al igual que Salinas de Añana.
- VI. Depresiones y encharcamientos asociados al desarrollo de los cursos fluviales (aluviones, deltas, erosión hidráulica y eólica sobre terrazas). No todas las masas de la zona minera son artificiales: destacan Arana y el charco del Balcón de Ortuella como depresiones kársticas. Hay que incluir también la balsa La Lejana, conocida como la laguna del arroyo del Cuadro. Se trata de una amplia charca de régimen temporal, (en realidad son tres charcas concatenadas que cuando alcanzan su máxima cota de lámina de agua forman una sola unidad donde se identifican rodales de sauces en los centros de cada una de ellas)

La morfogénesis es uno de los principales factores a tener en cuenta en la valoración ecológica de los humedales. En condiciones naturales, el primer grupo morfogenético de humedales (I) es el más frecuente en la CAPV frente al (II) y (III), que son los más atípicos y valorados, tal y como se refleja en la memoria de Montes et.al. (1994), donde se realiza una valoración ecológica de todos los humedales de interior sin procesos aluviales, utilizándose además de la morfogénesis otros factores como la singularidad química, fuente de minerales, valores recreativos, paisajísticos, pedagógicos, etc.

La **Tabla 2** recoge las principales características morfométricas de los lagos y lagunas considerados en este proyecto, así como las de otros incluidos en el estudio comparativo. Otras características morfométricas adicionales de las masas de agua: longitud, anchura máxima, anchura media, perímetro, etc. se recogen en la **Tabla 3**. La información morfométrica de Santa Bárbara, Arbieto y Monreal procede de los inventarios de Gobierno Vasco La información morfométrica de todos los humedales de la zona minera desde La Isla hasta el Gerente procede del estudio de SUGORRI (1999). Existe levantamiento batimétrico de las lagunas: El Redondo, San Benito, La Bomba, La Isla y El Sol. Sobre la charca La Lejana, pozo Mina Princesa, pozo La Rita en la Aceña (Galdames), charca del Sauco, balsa Mina Catalina y balsa de Montellano, no se sabe nada.

La afirmación hecha por Montes y cols. en el inventario de 1994 del Gobierno Vasco, de que los lagos Mayor y Menor de La Arboleda junto con el lago de Arreo son los únicos sistemas que funcionan limnológicamente como lagos en la CAPV, debiera extenderse a los pozos Gerente y La Rita (localmente también conocido como La Aceña), ya que informaciones de mineros que trabajaron en ellos, cifran su profundidad en más de 20 m, y especialmente en este último (alimentado por el río Galdames, afluente del Barbadún). El Gerente es una gran y profunda masa de agua, utilizada como suministro de potables en los períodos de escasez de agua en la CAPV con situaciones de persistente sequía, y es considerada por la Diputación Foral de Bizkaia como un punto de interés geológico del territorio histórico

## 5.2.2 Morfología de los humedales.

Se analiza seguidamente la evolución de los parámetros morfológicos descritos en el apartado metodológico.

### 5.2.2.1 La profundidad relativa

El parámetro  $Z_r$  pone de manifiesto la mayor o menor estabilidad de la masa de agua frente a los movimientos verticales de agua. Como ya se ha indicado en el apartado de metodología, valores de  $Z_r > 4\%$  implican una alta resistencia de las aguas a mezclarse.

El valor más alto de  $Z_r$  se registra en Santa Bárbara (**Tabla 2**), donde es esperable una capa de fondo (sin llegar a ser un hipolimnion) con una composición abiótica persistente y distinta al resto de la masa, y donde potenciales vertidos podrían desencadenar una eutrofia muy complicada de eliminar. En esta laguna se observan abundantes residuos sólidos que, de haber sido de tipo orgánico, hubieran eutrofizado el humedal.

El siguiente valor más alto de  $Z_r$  se registra en Etxerre, una laguna contaminada que fue utilizada en 1983 para depositar los residuos de las inundaciones del Gran Bilbao del mismo año. No solamente los sedimentos de la cubeta están constituidos por estos residuos, sino también sus orillas y solar periférico hasta el nivel de la carretera Basauri-Zaratamo, de tal manera que el aporte de los mismos al agua es continuo, estando su tasa regulada por la mayor y menor erosionabilidad de los taludes, compactación de los rellenos y por su metabolización acuática.

En la escala de valores de  $Z_r$ , le siguen La Isla y Arbieto. También en Arbieto se observan abundantes residuos sólidos en su periferia.

El Sol, la Bomba, el Cuadrado, mina Carmen II y el lago de Arreo muestran, también, morfométricamente una alta resistencia a la mezcla, lo cual adquiere un especial significado en Arreo, donde de acuerdo con los estudios de Montes, et al. (1994) existe una conspicua estratificación con un hipolimnion de 10 m de profundidad.

### 5.2.2.2 DL, coeficiente mórfico.

Según este coeficiente, valores de  $DL = 1$  se corresponden con una planta geométrica del humedal perfectamente circular. Arbieto y Santa Bárbara son humedales prácticamente circulares, más Arbieto ( $DL = 0,9994$ ) que Santa Bárbara ( $DL = 0,9403$ ) (**Tabla 2**). Valores  $DL$  superiores a 2 se corresponden con figuras ovoides y elípticas, implicando una mayor potencialidad en el desarrollo de las comunidades de macrófitos litorales. Arana, mina Carmen y mina Carmen II se encuentran en este grupo.

### 5.2.2.3 El índice de conicidad o de colmatación

Representa la potencialidad de la masa de agua a colmatarse ante potenciales vertidos sólidos o vítreos; el  $pc$  se calcula en función de la relación existente entre la profundidad media de la masa ( $Z=V/A$ ) y su profundidad máxima ( $Z_{máx}$ ). Expresa la forma del perfil transversal de la cubeta.

Valores de  $0,7 > pc > 0,5$  se corresponden con sinusoides elípticos de alto riesgo;  $pc > 0,7$  con elipsoides de revolución, los de mayor riesgo de colmatación; y  $pc < 0,5$  son conos rectos con el menor riesgo de colmatación.

Los modelos orientados al cálculo del tiempo necesario para la colmatación de cubetas relacionan de forma directamente proporcional este índice morfométrico con el riesgo de colmatación. Un índice de colmatación elevado implica que la cubeta se rellena uniformemente de sólidos, colonizados, primero y masivamente por helofitos, después por vegetación arbustiva y por último es integrada en la vegetación climácica que la rodea.

En este sentido, la laguna de Monreal es la que presenta la mayor probabilidad de colmatación seguida de Etxerre, el Cuadrado, Reserva II y mina Carmen. Las lagunas de Laguardia y Bikuña destacan en este sentido en Araba (**Tabla 2**).

**Tabla 2. Características morfométricas de las lagunas y lagos. S, superficie de la lámina de agua. V, volumen de la masa de agua. Z, profundidad media. Zm, profundidad máxima. Zr, profundidad relativa. DL, desarrollo del perímetro. pc, índice de conicidad o colmatación.**

HUMEDAL	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	Z (m)	Zm (m)	Zr (%)	DL	pc
Santa Bárbara	900	1800	2	5	<b>14,77</b>	0,94	0,3470
Laguna de Arbieto	4400	6600	1,5	7	<b>9,35</b>	1,00	0,068
Charca de Monreal	3900	5850	1,5	2	2,83	1,06	<b>0,9520</b>
Laguna de Etxerre	9558	72390	7,57	14,5	<b>13,14</b>	1,5	<b>0,6222</b>
Ostión							
Lago Menor de La Arboleda	26300	*	*	*	*	0,78	*
Lago Mayor de La Arboleda	40600	*	*	19	*	0,63	*
La Isla	301	*	*	2	<b>10,21</b>	1,3	*
El Sol	971	1456	1,5	3,5	<b>9,96</b>	1,56	0,4106
La Bomba	471	480	1	2,3	<b>9,39</b>	1,57	0,4248
Reserva	910	*	*	*	*	1,40	*
Reserva II	507	253,5	0,5	1	3,94	1,34	<b>0,5768</b>
El Redondo	1202	1802	1,5	3,3	<b>8,44</b>	1,14	0,4708
San Benito	5303	10606	2	5,7	6,94	1,22	0,2474
El Cuadrado	469	469	1	2	<b>8,18</b>	1,18	<b>0,5768</b>
Arana	990	297	0,3	0,80	2,25	<b>1,93</b>	0,2945
Charco del Balcón de Ortuella	394	79	0,2	0,5	2,23	1,32	0,3470
Mina Carmen	11445	4578	0,4	0,8	0,66	<b>3,77</b>	<b>0,5768</b>
Mina Carmen II	762	*	*	3	<b>9,64</b>	<b>2,18</b>	*
Mina Carmen III	229	*	*	1	5,86	1,28	*
Pantano de Triano	13965	*	*	*	*	1,67	*
Balsa La Lejana	*	*	*	*	*	*	*
Pozo Mina Princesa	*	*	*	*	*	*	*
Gerente	7686	*	*	*	*	*	*
Pozo La Rita (La Aceña)	*	*	*	*	*	*	*
Charca del Sauco	*	*	*	*	*	*	*

HUMEDAL	S	V	Z	Zm	Zr	DL	pc
Balsa Mina Catalina	*	*	*	*	*	*	*
Balsa en Montellano	*	*	*	*	*	*	*
Laguna de Bikuña	6170	1234	0,2	0,3	0,095	0,89	<b>0,8837</b>
Turbera de Usabelartza	10000	*	0,2	0,4	0,36	*	0,5768
Turbera de Saldropo	*	*	0,15	0,4	*	*	0,2945
Lago de Arreo	64000	*	*	24	<b>8,41</b>	1,08	*
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	100000	25000	0,25	0,35	0,10	1,38	<b>0,9270</b>
Salinas de Añana	106700	*	*	*	*	2,01	*

**Tabla 3. Características lineales de los humedales analizados. Lmáx, longitud del eje mayor de la cubeta. Amáx, anchura máxima de la cubeta. A-media, anchura media.**

HUMEDAL	Altitud (m)	Lmáx. (m)	Amáx. (m)	A-media (m)	Perímetro (m)	Estabilidad de la Masa de Agua
Santa Barbara	65	75	25	12	100	Masa Estable
Laguna de Arbieto	300	75	75	59	235	Masa Estable
Charca de Monreal	620	100	50	39	235	Masa Inestable
Laguna de Etxerre	50	200	55	47,5	521	Masa Estable
Ostion (Lago Menor de La Arboleda)	360	450	125	58	1000	Masa Estable
Lago Mayor de La Arboleda	360	450	100	90	1428	Masa Estable
Luguna de Bikuña	854	90	65	69	242	Masa Inestable
Turbera de Usabelartza	600	500	20	*	*	Masa Inestable
Turbera de Saldropo	650	*	*	*	*	Masa Estable
Lago de Arreo	650	334	261	192	970	Masa Estable
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	570	800	240	125	1550	Masa Inestable
Salinas de Añana	*	*	*	*	2333	Masa Estable
La Isla	278	31	12	10	80	Masa Estable
El Sol	260	54	33	18	172	Masa Estable
La Bomba	265	52	15	9	121	Masa Estable
Reserva	312	50	25	18	150	Masa Estable
Reserva II	324	20	14	25	107	Masa Inestable
El Redondo	258	48	44	25	140	Masa Estable

<b>HUMEDAL</b>	<b>Altitud</b>	<b>Lmáx.</b>	<b>Amáx.</b>	<b>A-media</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Estabilidad de la</b>
San Benito	243	124	67	43	316	Masa Estable
El Cuadrado	242	31	18	15	90	Masa Estable
Arana	261	68	55	15	215	Masa Inestable
Charco del balcón de Ortuella	302	30	30	13	93	Masa Inestable
Mina Carmen	267	290	90	40	1430	Masa Inestable
Mina Carmen II	268	76	30	10	213	Masa Estable
Mina Carmen III	270	60	15	4	69	Masa Estable
Pantano de Triano	270	500	50	28	700	*
Balsa la Lejana. Charca del Arroyo del Cuadro	420	*	*	*	*	*
Pozo Mina Princesa	500	*	*	*	*	*
Gerente o Mina Esperanza	30	325	113	24	500	*
Pozo la Rita (La Aceña)	110	*	*	*	*	*
Charca del Sauco	552	*	*	*	*	*
Balsa Mina Catalina	130	*	*	*	*	*
Balsa en Montellano	120	*	*	*	*	*

### 5.3 Indicadores fisicoquímicos

La información relativa a la composición química de las aguas es más bien escasa y en la mayoría de los casos se corresponde con una sola muestra analizada, exceptuando las lagunas de la Bomba, el Sol y Etxerre donde existen varias muestras tomadas en el mismo mes y/o en distintos períodos, representando valores medios de toda la masa de agua.

En la Bomba y el Sol la química analizada corresponde al verano del 1996 y a valores medios del año 1990. En Etxerre al invierno de 1995, en el lago Mayor de La Arboleda a la primavera de 1994 y en el resto de las masas de agua al verano de 1993 (informe de Montes, et al., 1994).

Hay que señalar también que los métodos analíticos utilizados no son los mismos. Así, en los informes de Etxerre (IHOBE, 1995) y de zona minera (SUGORRI, 1999), se utiliza la misma metodología analítica, en tanto que en el Inventario de Humedales del Gobierno Vasco (Montes et.al., 1994) existen métodos distintos en algunos parámetros. El calcio, magnesio, sodio y potasio son analizados: los dos primeros mediante espectrofotometría de absorción atómica en llama, el amonio total mediante destilación y nesslerización, los nitritos colorimétricamente, el nitrato por reducción con cadmio y el oxígeno mediante oxímetro. Montes et al., (1994) analizan el calcio y magnesio por volumetría con EDTA, el sodio y potasio mediante electrodos selectivos de iones, el amonio también con electrodo selectivo, nitrato y nitrito conjuntamente por colorimetría con brucina (que no diferencia entre ambos cationes) y el oxígeno mediante Winkler. Las **Tablas 4, 5 y 6** resumen los valores de las concentraciones iónicas y de los principales indicadores químicos utilizados en este estudio.

**Tabla 4. Concentraciones de iones alcalinos: sodio y potasio ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), alcalinotérreos: calcio y magnesio ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) y de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ). Los valores de las concentraciones químicas recopilados a partir de Montes et al., (1994) en miliequivalentes-gramo por litro, han sido convertidas en mg/l.**

HUMEDAL	Fecha	$\text{Na}^+$ (mg/l)	$\text{K}^+$ (mg/l)	$\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/l)	$\text{Cl}^-$ (mg/l)
<b>Laguna de Santa Barbara.</b> Una única muestra analítica	03-08-93	7,912	1,055	88,18	1,653	16
<b>Laguna de Arbieto.</b> Una única muestra analítica	07-08-93	14,95	5,826	317,6	79,743	22,33
<b>Laguna de Monreal.</b> Una única muestra analítica	07-08-93	4,508	0,743	117,52	18,33	8,154
<b>Laguna de Etxerre.</b> Valores medio de la columna de agua	12-12-95	30	5,7	132,6	8,05	44
<b>La Bomba.</b> Valores medios de la masa de agua	09-09-96	9,96	5,85	39,6	14,5	32,8
<b>El Sol.</b> Valores medios de la masa de agua	09-09-96	7,94	1,5	74,6	4,43	17,4
<b>Lago Mayor de La Arboleda.</b> Una única muestra analítica	17-05-94	8,993	2,58	72,54	9,36	17,017
<b>Laguna de Bikuña.</b> Una única muestra analítica	05-08-93	8,372	2,15	23,88	19,7	8,51
<b>Turbera de Usabelartza.</b> Una única muestra analítica	11-08-93	4,83	0,5865	1,2	1,1912	10,636

<b>HUMEDAL</b>	<b>Fecha</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>
<b>Turbera de Saldropo.</b> Una única muestra analítica	08-08-93	3,611	1,76	16,84	2,212	8,508
<b>Lago de Arreo.</b> Una única muestra analítica	09-09-93	54,395	1,798	206,08	38,364	104,231
<b>Laguna de Carravalseca</b> (Laguardia). Una única muestra analítica	04-08-93	12700	45,241	371,94	2334,43	16331,06
<b>Laguna de Musco</b> (Laguardia). Una única muestra analítica	03-08-93	228	18,377	590,78	174,56	297,09
<b>Laguna de Navaridas</b> (El Ciego). Una única muestra analítica	03-08-93	51	3,48	66,6	66,614	101,04
<b>Salinas de Añana.</b> Una única muestra analítica	03-08-93	131500	640,021	1787,56	333,07	205647,25

**Tabla 5. Concentraciones de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). I, fuerza iónica del agua. pfm, cologaritmo del coeficiente de actividad de iones alcalinos.  $\text{pK}_2$ , cologaritmo de la constante de disociación de bicarbonatos. I, pfm y  $\text{pK}_2$  son los factores más importantes para el calculo del Indice de Saturación (IS).**

HUMEDAL	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	$\text{CO}_3^{2-}$ (mg/l)	$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	I	pfm	$\text{pK}_2$
<b>Laguna de Santa Bárbara.</b> Una única muestra analítica	69,214	4,89	145,119	0,00874	0,0402	10,448
<b>Laguna de Arbieto.</b> Una única muestra analítica	934,462	0	101,26	0,03192	0,0662	10,463
<b>Laguna de Monreal.</b> Una única muestra analítica	117,4	0	185,928	0,01218	0,046	10,461
<b>Laguna de Etxerre.</b> Valores medio de la columna de agua	135	0	223	0,01237	0,0463	10,469
<b>La Bomba.</b> Valores medios de la masa de agua	166	0	0	0,00923	0,0415	10,385
<b>El Sol.</b> Valores medios de la masa de agua	36,4	0	184	0,00632	0,0353	10,384
<b>Lago Mayor de La Arboleda.</b> Una única muestra analítica	105,67	0	18	0,00762	0,038	10,434
<b>Laguna de Bikuña.</b> Una única muestra analítica	8,84	18,12	140	0,00494	0,0313	10,471
<b>Turbera de Usabelartza.</b> Una única muestra analítica	3,458	0	1,647	0,00072	0,0129	10,434
<b>Turbera de Saldropo.</b> Una única muestra analítica	3,698	0	59,231	0,00218	0,0216	10,48

HUMEDAL	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	I	pfm	pK <sub>2</sub>
<b>Lago de Arreo.</b> Una única muestra analítica	475,5168	0	322	0,02234	0,0582	10,472
<b>Laguna de Carravalseca</b> (Laguardia). Una única muestra analítica	9248,849	62,19	0	0,94862	-0,0375	10,448
<b>Laguna de Musco</b> (Laguardia). Una única muestra analítica	912,223	0	241,44	0,06925	0,0835	10,448
<b>Laguna de Navaridas</b> (Elciego) Una única muestra analítica	70,6	0	412	0,01731	0,053	10,453
<b>Salinas de Añana.</b> Una única muestra analítica	1200,8	0	190,93	3,72738	-0,7894	10,472

**Tabla 6. Concentraciones de nutrientes: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amonio total ( $\text{NH}_4^+$ ), amonio desionizado ( $\text{NH}_3$ ), y ortofosfato reactivo soluble ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).**

HUMEDAL	$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	$[\text{NH}_3]$ (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	Clorofila a ( $\text{mg/m}^3$ )	Disco de Secchi (m)
<b>Laguna de Santa Bárbara.</b> Una única muestra analítica	0	0,013	0,0009	0,002	10,01	5
<b>Laguna de Arbieto.</b> Una única muestra analítica	0	0,013	0,00027	0,002	2,5	2,7
<b>Laguna de Monreal.</b> Una única muestra analítica	0	0,005	3,4E-05	0,002	1,63	2
<b>Laguna de Etxerre.</b> Valores medio de la columna de agua	0,6	1,35	0,00696	0,016	3,47	1,2
<b>La Bomba.</b> Valores medios de la masa de agua	0,04	0,54	4,5E-07	0,04	*	1,5
<b>El Sol.</b> Valores medios de la masa de agua	1,15	0,07	0,00194	0,06	*	2
<b>Lago Mayor de La Arboleda.</b> Una única muestra analítica	19,05	0,064	0,00017	0	2,08	3,4
<b>Laguna de Bikuña.</b> Una única muestra analítica	0	0,005	0,0003	0,002	9,27	0,3
<b>Turbera de Usabelartza.</b> Una única muestra analítica	0,064	0,015	1,2E-06	0,002	1,79	0,4
<b>Turbera de Saldropo.</b> Una única muestra analítica	0,064	0,045	2,7E-05	0,002	0	0,4
<b>Lago de Arreo.</b> Una única muestra analítica	0	0,016	0,0001	0	2,09	3,25
<b>Laguna de Carravalseca</b> (Laguardia). Una única muestra analítica	0,064	0,039	0,02735	0,001	4	0,35
<b>Laguna de Musco</b> (Laguardia). Una única muestra analítica	0,172	0,069	0,00016	0,002	9,73	0,6
<b>Laguna de Navaridas</b> (Elciego). Una única muestra analítica	0,334	0,031	0,00069	0,003	14,59	0,5
<b>Salinas de Añana.</b> Una única muestra analítica	0,187	0	0	0	0	*

Existen perfiles de profundidad relativos a la temperatura y conductividad eléctrica para el Lago Mayor de La Arboleda, recogidos gráficamente a pequeña escala en la figura 5.3.1. de la Memoria de Montes et. al., (1994). Igualmente, existen varios perfiles de profundidad para el oxígeno, temperatura, conductividad y ciertos parámetros iónicos de la laguna de Etxerre en IHOBE (1995).

### 5.3.1 La singularidad química

La singularidad química es uno de los factores tenidos en cuenta por Montes et.al. (1994) para la valoración ecológica de los humedales de interior sin procesos aluviales del País Vasco. Este autor considera que la singularidad está relacionada directamente con la concentración iónica de los elementos conservativos. Así, según sea más salina una masa de agua mayor será su singularidad química. La singularidad química considerada de esta forma es, por lo tanto, función directa de la conductividad. Por ello el lago de Arreo tiene una gran singularidad. Este criterio de singularidad química excluye o infravalora a los ecosistemas acuáticos que de forma natural presentan aguas ácidas, por ejemplo y no salinas. Entre ellas están todas las turberas, y lagunas, lagos y cursos fluviales asociados a la actividad volcánica y a litosferas aflorantes constituidas por minerales de sulfuros de hierro como Riotinto en España o en la zona minera en el contexto de este trabajo.

La singularidad química en sentido amplio define ambientes atípicos en su composición abiótica y biótica, y normalmente son de tipo “duro” para la colonización y desarrollo de la biota (fauna, flora y moneras) que caracteriza a la zona o ecorregión en la que se encuentran.

En este estudio se utiliza como parámetro químico para definir la singularidad química el Índice de Saturación (IS) del sistema carbonato-bicarbonato cálcico, donde interviene todo el balance iónico, incluidos los elementos conservativos y los biogénicos. Las distintas variantes para su forma de cálculo se encuentran definidas en el Standard Methods APHA, AWWA, WPCF. 1992).

**La Tabla 7** pone de manifiesto que tan singular es la laguna La Bomba como Salinas de Añana, la primera por acidez y la segunda por conductividad y, tan singular es la turbera de Usabelartza como la laguna de Carravalseca, la una por acidez y la otra por basicidad.

La laguna la Bomba fue un antiguo pozo de extracción de piritas y calcopiritas no puras. Mineros jubilados la conocen como la mina de la Pirita y su denominación más frecuente deriva de que existía una gran bomba para el lavado a presión del mineral. Perfiles transversales trazados metro a metro sobre su eje mayor, muestran valores de pH muy estables, comprendidos entre 3,36 y 3,78. El valor de p(ICNP) (bajas concentraciones de nitrato, nitrito, amoníaco gas disuelto y ortofosfato), pone de manifiesto su estado oligotrófico.

En toda España sólo se conoce un lago en el Pirineo con ambiente ácido similar al de La Bomba. A nivel europeo se identifican en la bibliografía: a) los estanques del páramo holandés acidificados por la lluvia ácida y periodos de extrema sequía (Van Dam, 1988), b) el torrente Fosso Caldara con valores de pH comprendidos entre 2,15-2,88 a su paso por la azufrera Fonatanile Nuovo (cerca de Roma) de origen volcánico (Morgana & Prato, 1994) y c) Ríotinto (Huelva), donde el pH es inferior a 2 y está ocasionado también por los criaderos

de piritita cuprífera, mucho más ricos que los de la zona minera y más puros al carecer de arsénico. Si bien, en Ríotinto interviene también la reducción biológica de sulfatos de hierro, en tanto que en la Bomba ésta es nula o escasa. En toda la tierra, valores muy extremos se han registrado en lagos prehistóricos de hace 270 millones de años en Australia con  $\text{pH} < 1$ .

La génesis de la acidez de La Bomba es puramente hidrogeológica y se encuentra explicada en Docampo (1996): *“el agua hidroliza el sulfuro de hierro de piritas, calcopiritas y marcasitas generando hidróxido de hierro que precipita y ácido sulfúrico que se disocia en hidrogeniones e iones sulfato”*. *“El sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) adquiere valores altos en disolución del orden de 120 a 170 mg/L cuando lo normal en las aguas de las demás masas de agua vecinas como El Sol, es de 30 a 40 mg/l. El hierro adquiere bajas concentraciones para lo que cabría esperar en un ambiente ácido, del orden de 1 mg/l, presentándose retenido en su mayor parte en el sedimento. El manganeso presente en estos minerales adquiere valores notables disuelto en las aguas, del orden de 8 a 9 mg/l, lo que confiere al agua un carácter bastante bacteriostático, inhibiendo el desarrollo de bacterias oxidativas de la materia orgánica. De hecho, los análisis microbiológicos de sus aguas revelan la absoluta ausencia de coliformes (totales y fecales) y estreptococos. El ambiente es aerobio, sin déficit de oxígeno lo que posibilita la no proliferación de bacterias anaerobias que reducirían las concentraciones de sulfatos a ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ )”*.

### 5.3.2 El estado trófico

La **Tabla 7** recoge los valores de p(IS) y p(ICNP). El primero – p(IS) - indica en una escala de 0 a 1 la probabilidad que tiene una masa de agua de ser químicamente eutrofizada y/o contaminada por metales pesados ante la presencia de vertidos antropogénicos. Cuanto mayor sea el Índice de Saturación (IS) del medio acuático, mayores cargas de nutrientes y de metales puede soportar, por su mayor capacidad para complejarlos, quelarlos, precipitarlos y fijarlos en sedimentos o en sustratos biológicos o minerales de tipo blando o duro. Las aguas con menor valor de IS tienen una mayor capacidad para movilizar en disolución nutrientes y metales, los cuales son más rápidamente asimilables por los organismos, acelerando los procesos de saturación y degeneración de la eutrofia (eutrofización-contaminación orgánica). Las aguas ácidas, neutras o ligeramente alcalinas son más vulnerables a la eutrofia que las salinas y/o alcalinas, capaces de soportar una mayor carga sin degenerar en eutrofización. En este sentido, La Bomba, el lago Mayor de La Arboleda y las turberas (**Tabla 5**) son las más vulnerables frente a la eutrofización. Hay que incluir también en este grupo a la laguna de Monreal con una probabilidad a la eutrofización del 43%.

Con los datos utilizados, solamente se puede afirmar que la laguna de Etxerre se encuentra hipereutrofizada con una probabilidad de eutrofización del 88% (1-0,119) (**Tabla 7**). Las aguas más oligotróficas se dan para valores de  $\text{p(ICNP)} > 0,7$ , destacando a este respecto, las aguas de Arbieto, Monreal y Santa Bárbara.

De los pozos del bloque hidrológico La Barga-Putxeta en la Zona Minera y a partir de los que se dispone de datos fisicoquímicos, se puede afirmar que ninguno de ellos está eutrofizado, dándose las peores situaciones en La Reserva y El Cuadrado donde se manifiestan en verano algunos brotes de eutrofización, y no siempre. En este sentido, del

informe de SUGORRI (1999), donde se utiliza la distribución de probabilidad de nivel trófico de Vollenweider & Kerekes (OCDE, 1982) para el fósforo total, se deduce que:

1. La Isla es mesotrófica con un 60% de probabilidad.
2. El Sol es mesooligotrófico con un 92% de probabilidad conjunta.
3. El Redondo es mesooligotrófico con un 92% de probabilidad conjunta.
4. El San Benito es mesotrófico con un 65% de probabilidad.
5. La Reserva es mesotrófica con un 58% de probabilidad.
6. El Cuadrado es mesoeutrófico con 92% de probabilidad conjunta.
7. La Bomba es oligotrófica con un 64% de probabilidad.

La situación más drástica se manifiesta en la charca o laguna de Etxerre. Tanto los datos físicoquímicos como los biológicos confirman que Etxerre presenta un potencial ecológico malo, caracterizado por valores muy limitantes para el establecimiento y desarrollo de la biota, así como una fauna y flora muy reducida para lo que cabría esperar, tal y como se pondrá de manifiesto en el próximo apartado sobre indicadores bióticos. En el informe de IHOBE (1995) se determina que el oxígeno variaba desde 0 mg/l a 13 m de profundidad, hasta 0,18 mg/l a 0,5 m de la superficie libre del líquido, elevada metanogénesis con una producción de  $H_4C$  unas 46 veces superior al nivel mínimo que presentan los lagos hipereutróficos (21 mmols/día), así como una alta producción de  $H_2S$ . Se registraron en el agua y en los sedimentos, sustancias de elevada nocividad biológica tanto para la biota como para el hombre: As, Cu, Zn,  $H_3N$ ,  $NO_2^-$ , AOX's y dentro de éstos los PCB's. Los PCB's en el agua alcanzaban una concentración de 1,11  $\mu g/l$  de Aroclor 1260, unas 222 veces superior al nivel de seguridad recomendado para mamíferos y aves. Los PCB's son fuertes inhibidores de la reproducción en homeotermos.

Se han realizado estimaciones de la posible autodepuración de Etxerre pues es una laguna alimentada y renovada por un manantial de flujo bastante constante, aforado en torno a los 4 l/s y con valores máximos de 11 l/s en períodos lluviosos. *“Se estima que si la concentración de sustancias nocivas como ciertos metales pesados y los AOX no fuese limitante para la biota, no existiese aporte de cargas contaminantes y se manifestase una continua degradación del exceso de la materia orgánica, la laguna evolucionando por si misma, alcanzaría el buen estado ecológico en el año 2.007. Sin embargo, la estimación más exacta y posiblemente la más acertada es la que establece la existencia de un freno en la autodepuración del ecosistema, ocasionado por el feed-back de la propia hipereutrofización y la inhibición de las sustancias biológicamente tóxicas presentes en el biotopo de la laguna: “se precisarían unos 37.077 años para autodepurarse, para alcanzar el buen estado ecológico, lo que permite predecir que su autorecuperación natural es prácticamente nula”.*

El muy mal estado de conservación de Etxerre deriva del vertido en 1983 en su cubeta y periferia hasta el nivel de la carretera Basauri-Zaratamo, de grandes cantidades de lodo y residuos de todo tipo, procedentes de las limpiezas llevadas a cabo tras las inundaciones del

Gran Bilbao acaecidas en dicho año. Estos vertidos se realizaron sobre escorias ya existentes con anterioridad a 1983. Entre los vertidos de este año se encontraban los restos de pescados y los productos farmacéuticos. Es preciso señalar que en el informe de IHOBE (1995) se pone de manifiesto la discrepancia existente entre los resultados obtenidos en el mismo con respecto a los que se obtuvieron un año antes por parte de Rico & Montes (1994). En IHOBE se obtiene el estado hipereutrófico y totalmente degradado de la laguna, lo que contrasta con el estado mesotrófico obtenido por Rico & Montes (1994). Se consideró suficientemente probado el diagnóstico de IHOBE ante la elevada cuantía de muchos parámetros químicos en disolución acuosa, como los citados AOX's, PCB's, H<sub>2</sub>S, Fe, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y la anoxia total.

**Tabla 7. Resumen de las características fisicoquímicas de las masas de agua de los Humedales. Se incluyen también las de otros humedales del interior de la CAPV para su comparación. IS, es el índice de saturación del sistema carbonatos-bicarbonatos. p(IS) es la probabilidad de la vulnerabilidad de la masa de agua frente a la eutrofización. ICNP, es el índice de contaminación por nitrógeno y fósforo, donde también interviene o puede intervenir la concentración de clorofila a y la transparencia del disco de Secchi. p(ICNP), es la probabilidad de que la masa de agua no se encuentre eutrofizada por cargas de DBO, N y/o P.**

HUMEDAL	Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	Alcalinidad (meq/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	IS	p(IS)	p(ICNP)
Laguna de Santa Bárbara	546	8,5	2,542	9,3	1,0211	0,1538	0,775
Laguna de Arbieto	1995	8	1,661	15,11	0,7438	0,2288	0,834
Charca de Monreal	761	7,5	3,048	13,32	0,1781	0,4295	0,823
Laguna de Etxerre	773	7,4	4,455	0,1	0,2846	0,3882	<b>0,119</b>
La Bomba	577	3,36	0	7,9	<b>-5,1079</b>	<b>1</b>	0,702
El Sol	395	7,89	6,032	6,6	0,8285	0,2039	0,648
Lago Mayor de La Arboleda	476	7	2,095	6,24	-0,6164	<b>0,7309</b>	0,625
Laguna de Bikuña	309	8,5	2,897	17,89	0,5248	0,3002	0,85
Turbera de Usabelartza	45	5,5	0,027	10,02	<b>-5,6127</b>	<b>1</b>	0,79
Turbera de Saldropo	136	6,5	0,971	12,96	<b>-2,064</b>	<b>0,9805</b>	0,819
Lago de Arreo	1396	7,5	5,276	8,03	0,5851	0,2795	0,766
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	59289	10	1,946	13,88	<b>3,4186</b>	0,0003	0,661
Laguna de Musco (Laguardia)	4328	7	3,958	9,78	0,3226	0,3737	0,785
Laguna de Navaridas (Elciego)	1082	8	6,752	17,49	0,7531	0,226	0,836
Salinas de Añana	232961	7	3,13	2,54	<b>5,0344</b>	3E-07	0,59

## 5.4 Indicadores Biológicos

La información biológica referida a los taxones contemplados en la DM es prácticamente inexistente, y en su defecto se han utilizado los inventarios existentes. Como se está realizando en otras partes de este informe se utilizan datos de los trabajos de Montes et.al., (1994) y se tienen en cuenta otros criterios como la presencia o no de especies amenazadas, en peligro de extinción, etc., llevada a cabo por GRAMA (1997). Se pretende utilizar los distintos taxones identificados en los humedales como indicadores bióticos, tanto si coinciden o no con la DM, partiendo siempre de la información de partida existente, a sabiendas de que la información requerida es el fitoplancton a nivel de composición taxonómica y estructura; los macrofitos y organismos fitobentónicos: su composición taxonómica y estructura; la fauna bentónica de invertebrados: la composición y abundancia taxonómicas y la fauna ictiológica: su abundancia y la estructura de edad de las comunidades.

Con esta precisión se han tenido en cuenta dos elementos de interés:

- I. Se utiliza información de todos los taxones de los que se dispone de datos. Así, por ejemplo, los batracios, peces, reptiles y mamíferos son de gran importancia como indicadores del estado biológico de los ecosistemas acuáticos.
- II. Considerar especies que incluso sin estar recogidas en catálogos de especies amenazadas, en peligro de extinción, de interés especial, carácter relictos, etc. como el que se establece en la Orden Foral 146/1995 de la Diputación Foral de Bizkaia (B.O.B.,1995) o en el Decreto 167/1996 del B.O.P.V. (1996), están muy correlacionadas con la red trófica de las masas de agua de ríos, lagunas, lagos y embalses.

Respecto al origen de la información de partida en Santa Bárbara, Arbieto y Monreal (incluyendo los humedales utilizados a nivel comparativo como Carravalseca, Salinas de Añana, Saldropo, Usabelartza, Arreo, Musco y Navaridas), la información procede del inventario de Montes et.al., (1994). Para la zona minera de SUGORRI (1999) y para Etxerre de IHOBE(1995). En la zona minera y en Etxerre, la fauna y flora inventariada se corresponden con datos corroborados mediante muestreos de campo: la flora identificada *in situ*, las aves citadas han sido observadas, los macroinvertebrados del bentos fueron recogidos con red tipo Kicker, los batracios y peces muestreados con pesca eléctrica y los mamíferos fueron trampeados con jaulas de captura en vivo y posterior suelta en las mismas condiciones. Por el contrario, en el inventario de Montes y cols. se consideran inventarios faunísticos extensos procedentes, en el caso de muchos taxones, de catálogos de distribución geográfica regional de especies, y en consecuencia constituidos por algunas especies que no tienen nada que ver con el medio acuático de los humedales, e incluso con una relación trófica con respecto al humedal inexistente o muy efímera. Por ejemplo: *Anguis fragilis* (lución), *Chalcides chalcides* (eslizón tridáctilo) o *Coronella austriaca* (culebra lisa europea), citados como reptiles habitantes de varios humedales. Está demostrado que ni son organismos acuáticos en cualquiera de las fases de su desarrollo, ni su nutrición se fundamenta en el medio del humedal. Otros ejemplos son *Vulpes vulpes* (zorro), *Microtus spp.* *Mus spp.*, etc.

citados en varios humedales, cuya relación trófica con el medio acuático de existir es muy infrecuente, de tipo oportunista y normalmente responde a la flexibilidad en la conectividad ecológica entre áreas muy extensas, donde se identifican muchos más ecosistemas que el humedal propiamente dicho.

Se ha realizado una revisión de los distintos taxones inventariados en los humedales analizados por Montes et.al., (1994), seleccionándose sólo aquellas especies que son acuáticas o que siendo terrestres se integran de forma estable en los niveles tróficos del humedal. En este sentido, se han considerado taxones de las zonas húmedas: todas las plantas acuáticas (helófitos e hidrófitos), los macroinvertebrados del bentos y necton, los peces, batracios y aves identificadas en el trabajo de Montes et. al.(1994). Entre los reptiles solamente se han considerado las dos especies de ofidios acuáticos: *Natrix maura* (culebra acuática viperina) y *Natrix natrix* (culebra de collar). Tendrían también cabida de existir de forma natural (si se corrobora su origen no alóctono), los dos émidos ibéricos: el galápago leproso (*Mauremys caspica leprosa*) y el galápago europeo (*Emys orbicularis*), cuya presencia en los medios acuáticos de la CAPV es muy probablemente foránea. Entre los mamíferos se consideran ligados al medio acuático: *Rattus norvegicus*, la nutria (*Lutra lutra*), desmán del Pirineo (*Galemys pyrenaicus*), visón europeo (*Mustela lutreola*), turón (*Mustela putorius*), la rata de agua (*Arvicola sapidus*) y las dos musarañas acuáticas del género *Neomys spp.*

La **Tabla 9** resume el número de especies acuáticas recopiladas dentro de los distintos taxones en los humedales analizados, los cuales se han considerado tal y como se ha descrito con anterioridad. Así, en el caso de Monreal se han añadido dos especies más de plantas acuáticas identificadas durante las visitas de campo de este proyecto y no recogidas en los inventarios anteriores: *Mentha acuática* y *Glyceria fluitans* (véanse las **Fotografías 8 y 9**). La **Tabla 9** muestra con asterisco la falta de datos de peces en la mayoría de los humedales.

En la **Tabla 8** se han recopilado del estudio de SUGORRI (1999), donde también se realizan análisis comparativos con otros humedales del País Vasco, aquellos taxones que tienen un gran valor ecológico de acuerdo con el índice de Helliwell (1973) aplicado en dicho estudio.

Aunque no afecta a los humedales de este proyecto, de especial interés es corroborar la habitabilidad de muchas especies citadas en los inventarios. Por ejemplo y a título de curiosidad, en Salinas de Añana, se cita la presencia de *Rana perezi* (rana verde común) y *Bufo calamita* (sapo corredor) lo que implica la habitabilidad en el medio acuático de adultos y renacuajos de la rana y de renacuajos del sapo corredor. En estas condiciones de salinidad solamente se ha detectado la habitabilidad de invertebrados (larvas de dípteros,..), unicelulares y procariotas (Margalef, 1983) y nunca batracios. Es, por lo tanto, preciso en muchos casos donde la salinidad, basicidad y acidez pueden ser factores muy limitantes para la vida, el corroborar la habitabilidad de las especies citadas en los inventarios de humedales.

**Tabla 8. Especies de gran valor ecológico que habitan los humedales analizados, independientemente de que estén o no catalogadas como vulnerables, en peligro de extinción, no amenazadas, etc. en distintos tratados y legislaciones nacionales y/o locales. El valor ecológico es determinado por el índice de Helliwell (1973) donde intervienen la probabilidad de ocurrencia de la especie, la probabilidad de distribución esperada, carácter termorregulador de la especie (homeotermo o poquilotermo), posición en la cadena trófica y peso medio (biomasa) de los individuos. Recopilado a partir de SUGORRI (1999).**

HUMEDAL	Especies de Gran Valor Ecológico
Santa Barbara	*
Laguna de Arbieto	*
Charca de Monreal	<i>Rana iberica. Rana dalmantina. Triturus alpestris cyreni</i>
Laguna de Etxerre	*
Lago Mayor de La Arboleda	*
La Bomba	<i>Micronecta sp. Gyrinus sp. Boyeria Irene. Sialis sp. Rana perezi.</i> <b>Nota:</b> Constituyen las primeras citas de Iberia en aguas ácidas
San Benito	<i>Gasterosteus aculeatus leiurus</i>
El Redondo	<i>Gasterosteus aculeatus leiurus</i>
Reserva	*
La Isla	*
Laguna de Bikuña	<i>Hirudo medicinalis. Triturus alpestris cyreni. Rana dalmantina</i>
Turbera de Usabelartza	<i>Sphagnum cf auriculatum. Orthetrum sp. (Odonata)</i>
Turbera de Saldropo	*
Lago de Arreo	<i>Pelobates cultripes. B. Calamita. Neomys fodiens.</i>
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	<i>Sigala selecta y Cy. rogenhofery (heteroptera). P. cultripes. P. punctatus. B. calamita.</i>
Laguna de Navaridas (Elciego)	<i>P. cultripes. P. punctatus. B. calamita.</i>
Salinas de Añana	<i>Ochthebius notabilis (coleoptera). Bufo calamita. Rana perezi.</i> <b>Nota:</b> Estas tres especies adquieren un gran valor ecológico siempre y cuando se demuestre su habitabilidad dentro de las aguas de Salinas de Añana

### 5.4.1 Comentarios sobre los resultados biológicos de las zonas húmedas

- Monreal es la más alta de las zonas húmedas analizadas en este trabajo. Ofidios, mamíferos y, sobre todo, su rica y diversa herpetofauna y flora acuática determinan su buen estado de conservación. Se trata de uno de los pocos enclaves de la CAPV donde se identifican a la rana ibérica y rana dalmantina. Además, reúne condiciones adecuadas para buscar la posible habitabilidad de *Salamandra salamandra fastuosa*, que no es rara de encontrar en cursos fluviales de alta montaña, pero muy infrecuente en las aguas estancadas de los humedales.
- En los pozos del bloque La Barga-Putxeta las plantas acuáticas y los anfibios son los taxones más importantes en estas lagunas. En los dos primeros destaca también por su peculiaridad la presencia de *Gasterosteus aculeatus leiurus* (espinoso), con placas tan solo en la parte anterior del cuerpo, detectado por primera vez en 1979. Su presencia no es alóctona y persiste en la actualidad. Existen otras especies de peces, pero de origen foráneo como el carpín dorado (*Carassius auratus*), tenca (*Tinca tinca*) y perca americana (*Micropterus salmoides*), no incluidas en el análisis de su potencial ecológico. Igualmente, de 1980 a 1985, se tienen registros de la abundante presencia de *Austropotamobius pallipes* en los dos pozos: San Benito y El Redondo, ausente en los registros actuales. El cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) y la perca americana se detectaron por primera vez en 1992 (Docampo, 1995).
- En el lago Mayor de La Arboleda se carece de la suficiente información biológica como para poder establecer un diagnóstico. Por último, en la balsa La Lejana se han inventariado por muestreo a *visu* y con pesca eléctrica las 6 especies de batracios que habitan en los humedales de la zona minera: tritón palmeado (*Triturus helveticus*), tritón marmóreo (*Triturus marmoratus*), rana verde (*Rana perezi*), sapo partero (*Alytes obstetricans*), sapo común (*Bufo bufo spinosus*) y rana de San Antonio (*Hyla arborea arborea*). Se carece de cualquier otro tipo de información biológica en este y en todos los demás humedales de la zona minera.

**Tabla 9. Riqueza taxonómica acuática recopilada para los distintos humedales, incluyendo otras zonas húmedas de la CAPV, a modo comparativo. A excepción de los macroinvertebrados, los demás taxones se encuentran identificados a nivel específico. El símbolo \* indica la falta de datos. El mayor número de huecos se observa en los peces, para los que hay que resaltar, igual que para otros taxones propios de los humedales, que el total de especies “s” hay que compararlo con el que debiera aparecer en humedales bien conservados, que sirvan como condiciones de referencia. Como no se ha realizado una regionalización que haya diferenciado tipologías de humedales y condiciones de referencia específicas de estos tipos la comparación entre los humedales está limitada. Por ejemplo, en Arbieto o Bikuña cabe esperar que no aparezcan peces y si lo hacen serán alóctonos, porque esas son las condiciones propias del tipo, mientras en otros humedales ocurre lo mismo con determinados taxones**

HUMEDAL	Plantas Acuáticas (S)	Macro invertebrados Bénticos y Néctonicos (S)	Peces (S)	Batracios (S)	Aves (S)	Ofidios (S)	Mamíferos (S)
Santa Bárbara	1	7	*	5	*	2	1
Laguna de Arbieto	4	14	*	0	*	0	0
Charca de Monreal	17	22	*	10	3	2	1
Laguna de Etxerre	5	5	*	0	*	0	0
Lago Mayor de La Arboleda	*	4	*	*		*	*
La Bomba	*	8	*	1	*	*	*
San Benito	17	20	1	6	1	2	1
El Redondo	17	20	1	6	1	2	1
Reserva	0	7	0	1	0	0	0
La Isla	17	25	1	6	1	2	1
Laguna de Bikuña	5	20	*	8		1	1
Turbera de Usabelartza	2	10	*	*		*	*
Turbera de Saldropo	7	14	*	*		*	*
Lago de Arreo	24	41	1	8	32	2	3
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	5	5	*	6	21	2	0
Laguna de Navaridas (El Ciego)	8	7	*	10	28	2	1
Salinas de Añana	*	1	*	2	*	*	*

**Tabla 10. Indicadores bióticos o tabla de probabilidades (p). p mide en una escala de 0 a 1 la probabilidad o capacidad del humedal para mantener la máxima riqueza de especies del taxón considerado que cabría esperar en la ecorregión a la que pertenece dicho humedal. El símbolo \* indica la falta de datos. El mayor número de huecos se observa en los peces, para los que hay que resaltar, igual que para otros taxones propios de los humedales, que el valor del estadístico “p” hay que compararlo con el que debería aparecer en humedales bien conservados, que sirvan como condiciones de referencia. Como no se ha realizado una regionalización que haya diferenciado tipologías de humedales y condiciones de referencia específicas de estos tipos la comparación entre los humedales está limitada. Por ejemplo, en Arbieto o Bikuña cabe esperar que no aparezcan peces y si lo hacen serán alóctonos, porque esas son las condiciones propias del tipo, mientras en otros humedales ocurre lo mismo con determinados taxones**

HUMEDAL	P (Plantas)	P (Invertebr.)	P (Peces)	P (Batracios)	P (Aves)	P (Ofidios)	P (Mamíferos)
Santa Bárbara	0,0402	0,0454	*	<b>0,735125</b>	*	<b>0,9711</b>	<b>0,73512</b>
Laguna de Arbieto	0,0745	0,1316	*	0,04584	*	0,2969	0,296926
Charca de Monreal	<b>0,9871</b>	0,4985	*	<b>1,000</b>	0,03826	<b>0,9711</b>	<b>0,73512</b>
Laguna de Etxerre	0,1041	0,0398	*	0,04584	*	0,2969	0,296926
Lago Mayor de La Arboleda	*	0,0381	*	*	0,03621	*	*
La Bomba	*	0,0501	*	0,07449	*	*	*
San Benito	<b>0,9871</b>	0,3799	<b>0,9711</b>	<b>0,89479</b>	0,0367	<b>0,97113</b>	<b>0,7351</b>
El Redondo	<b>0,9871</b>	0,3799	<b>0,9711</b>	<b>0,89479</b>	0,0367	<b>0,97113</b>	<b>0,7351</b>
Reserva	0,0374	0,0454	<b>0,7351</b>	0,07449	0,03621	0,29693	0,296926
La Isla	<b>0,9871</b>	<b>0,6798</b>	*	<b>0,89479</b>	0,0367	<b>0,97113</b>	<b>0,7351</b>
Laguna de Bikuña	0,1041	0,3799	*	<b>0,99506</b>	0,03621	<b>0,73513</b>	<b>0,7351</b>
Turbera de Usabelartza	0,0458	0,06492	*	*	0,03621	*	*
Saldropo	0,2131	0,13164	*	*	0,03621	*	*
Lago de Arreo	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>0,97112</b>	<b>0,99506</b>	<b>0,73513</b>	<b>0,97113</b>	<b>1,000</b>
Laguna de Carravalseca (Laguardia)	0,1041	0,039807	*	<b>0,89479</b>	0,26103	<b>0,97113</b>	0,296926613
Laguna de Navaridas	0,2969	0,04548	*	<b>1,000</b>	<b>0,55855</b>	<b>0,97113</b>	<b>0,735125</b>
Salinas de Añana	*	0,0358	*	0,14921	*	*	*

## 6. Humedales de interior de tipo aluvial

Los humedales de interior de tipo aluvial se sitúan en las depresiones sobre las terrazas constituidas por los materiales depositados por los ríos con o sin afloramiento del freático. A este grupo pertenecen la zona húmeda de la vega de Astrabudua, encharcamientos del valle de Bolúe y zonas húmedas del río Butrón, tal y como se las denomina en el *Avance del Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas* de GRAMA (1997). Montes et.al. (1994) describen uno de este tipo en el eje del Zadorra (laguna de Salburua).

Pocas veces se les diferencia como tales, pero no son pocos los humedales generados por el desarrollo de los cursos fluviales, que se manifiestan en las zonas bajas de los ríos y antes de las marismas de la línea de costa.

Son en detalle los peor conocidos. Sobre los encharcamientos del Butrón no se dispone de ningún tipo de información recopilada, estimada o muestreada, exceptuando su UTM: WP0601/0701/0802/0902 (municipios de Gatika, Maruri y Mungia). Sobre la vega de Astrabudua y el valle de Bolúe GRAMA (1997) recopila inventarios de la flora, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, con su correspondiente catalogación proteccionista. Se trata de amplios listados que van más allá del medio acuático del humedal propiamente dicho.

No se ha podido realizar una estima del estado ecológico de estas zonas húmedas utilizando dichos inventarios como indicadores bióticos, de la misma forma que en el caso de los humedales de interior sin procesos aluviales, por las siguientes razones:

1. No existe una metodología cuantitativa para calcular su estado ecológico. El comportamiento de estos humedales está muy condicionado por la dinámica y aportación abiótica y biótica de los ríos que los forman y los métodos utilizados para los humedales de interior sin procesos aluviales están sesgados con respecto a los humedales aluviales. No existe una regionalización de humedales que aporte elementos objetivos para la comparación de las características de cada uno de ellos en su contexto biogeográfico.
2. Los inventarios sobre la fauna y flora recopilados integran, por un lado, especies no correlacionadas o someramente ligadas a la red trófica del humedal.

Se describe como sigue la situación de la información en cada una de estas tres zonas húmedas:

### 6.1 Encharcamientos del río Butrón.

Formados por el Butrón en Gatika, Maruri y Mungia. Se carece de información morfométrica y de datos sobre la composición química de sus aguas. No existen inventarios de su flora y fauna acuática.

## 6.2 Zona húmeda de la vega de Astrabudua.

Formada por el río Udondo en Erandio a una altitud de 5,4 m.s.n.m. tiene una superficie de 6,5 Ha, careciéndose de cualquier otro tipo de información morfométrica. No existen datos físicoquímicos de las aguas. Constituye una llanura de inundación lateral sur formada por el Udondo.

GRAMA (1997) recopila un inventario de 52 especies de plantas entre helófitos e hidrófitos y 88 especies de vertebrados (6 peces, 5 anfibios, 8 reptiles, 51 aves y 18 mamíferos), entre las cuales se identifican 44 de ellas ligadas de forma estable a la red trófica del humedal. Las demás operan como oportunistas o utilizan el humedal como un extremo de la amplitud de sus respectivos nichos ecológicos, incluso las hay indiferentes al ecosistema humedal, habitantes de los ecosistemas circundantes al mismo. Algunos ejemplos se han comentado en el apartado de indicadores bióticos de los humedales de interior sin procesos aluviales. Destacan en este caso los géneros: Parus, Passer, Mus, Sorex, Talpa, Vulpes, etc. citados en Astrabudua, que estarían más relacionados con los prados atlánticos y los cultivos hortícolas, vegetación arbustiva y suelo urbano industrial y rústico que circundan el humedal. No menos significativos, a este respecto, son: el lagarto verde (*Lacerta viridis*), *Podarcis muralis* (lagartija de roca), la culebra lisa meridional (*Coronella girondica*) o la víbora de Seoane (*Vipera seoanei*), entre otras especies. *C. Girondica* es clasificada en la bibliografía como terrícola que ocupa calveros, matorrales, troncos caídos, muros, zarzas, espinos, brezos y márgenes de cultivos. Su dieta está constituida en un 73% por lacértidos, el resto lo componen eslizones, luciones, micromamíferos (*Apodemus*, *Pitymis*, *Sorex*) pequeños ofidios e insectos - incluso éstos últimos podrían ser hasta presas indirectas - (Bruno & Maugerani, 1992). En el caso de *Vipera seoanei* sucede algo similar, su dieta básica la componen en un 65,6% los micromamíferos terrestres (*Apodemus*, *Microtus*, *Mus*, *Sorex*, etc.) en un 15,6% los lacértidos (*Podarcis muralis*, *Lacerta viridis*, etc.), el 9,4% los anfibios (rana) y el 9,4% pequeñas aves. Es mucho más probable que la víbora, la culebra lisa meridional, los lacértidos y los géneros antes citados se encuentren en la zona de la vega de Astrabudua, debido a la presencia de los cultivos hortícolas, más que a la del propio humedal.

Se cita también la presencia autóctona de *Mauremys leprosa* y del visón europeo (*Mustela lutreola*) como características que potencian el gran valor ecológico del humedal. Busack & Ernst (1980) propusieron la elevación al rango de especie de las poblaciones ibéricas del galápago leproso (*Mauremys leprosa*), diferenciándolas de las poblaciones tipo bálticas (*Mauremys caspica*), por lo que pueden verse ambas nomenclaturas en la literatura. La mayoría de los autores utilizan la denominación tradicional de *Mauremys caspica leprosa*. Desconocemos en que se fundamenta la tipificación de que las poblaciones de galápago de Astrabudua y de los encharcamientos del Bolúe sean autóctonas. Tradicionalmente han sido consideradas alóctonas, hasta que Martínez de la Rica (1983) obtuvo una cita muy septentrional en los Pirineos. Existe también galápago leproso en el embalse del Regato (río Galindo) con ejemplares introducidos de *Trachemys scripta* (galápago de Florida), capturados por Docampo. La distribución de *M.c.leprosa* en la CAPV es muy aislada y puntual y se centra en el entorno del Gran Bilbao, donde esta especie era muy comercializada como animal de compañía en la década de los ochenta hasta su prohibición. Su distribución tan aislada no es atribuible a que otras masas de agua se

encuentren contaminadas, pues el galápago leproso tolera y es bastante indiferente a la fuerte contaminación orgánica e incluso de tipo industrial.

Su presencia en el Gran Bilbao se corresponde con masas de agua, en general, sometidas a un fuerte aloctismo de especies con interés deportivo y ornamental (Regato, Bolúe, Astrabudua). Tal es el caso de la habitabilidad de *Carassius auratus* (carpín dorado), *Cyprinus carpio* (carpa) y *Micropterus salmoides* (perca americana) en el humedal de la vega de Astrabudua. Las dos primeras, más *Gambusia holbrooki* (gambusia) y *Trachemys scripta* (galápago de Florida), se encuentran en los encharcamientos del Bolúe. Las tres especies de la vega de Astrabudua, más el galápago leproso, la tortuga de Florida y *Cobitis maroccana* (colmilleja), también habitan en el embalse y curso fluvial del río Galindo. *Cobitis maroccana* (citado en muchos estudios como *Cobitis paludicola*), endemismo ibérico, pero totalmente foráneo en la CAPV.

### 6.3 Encharcamientos del Valle de Bolúe.

Formados por el Río Bolúe (afluente del Gobelás) en Algorta a 10 m.s.n.m., tienen una superficie de 10,55 Ha, careciéndose de cualquier otro tipo de información morfométrica. No existen datos fisicoquímicos de las aguas. Constituye una llanura de inundación del Bolúe situada entre dos talwegs en los que se bifurca dicho río en Fadura.

GRAMA (1997) establece un inventario de 53 especies de plantas y 95 especies de fauna exclusivamente vertebrada, de las que señalan como 6 de ellas catalogadas en alguna de las categorías de amenazada. Entre las 95 especies de vertebrados se identifican 30 que forman parte estable de la red trófica del humedal, las demás tienen su nicho ecológico en medios distintos al humedal propiamente dicho (cultivos hortícolas, prados atlánticos, afloramientos litosféricos, rodales de bosque primigenio, suelo urbano rústico, suelo urbano residencial de baja densidad, etc.). Tal es el caso de *Anguis fragilis* (lución) y de *Lacerta viridis* (lagarto verde), entre otras citados en el humedal de Bolúe. La primera es catalogada por los herpetólogos como especie terrestre, que evita los terrenos secos y expuestos; habita bosques húmedos, prados de siega, matorrales, sotobosque oceánico o montano; y su dieta la componen básicamente limacos, caracoles terrestres, lombrices de tierra, arácnidos y otros artrópodos terrestres (ocasionalmente son caníbales sobre juveniles y también depredan juveniles de *Natrix* y *Lacerta viridis*). El lagarto verde ocupa preferentemente herbazales altos, helechales, linderos de bosques, robledales, hayedos y taludes con vegetación, y su dieta no accidental, sino preferente la componen coleópteros y ortópteros terrestres, incluso arácnidos, isópodos y moluscos del mismo medio.

No se dispone de datos de la fauna vertebrada acuática muestreada mediante pesca indirecta (redes, cañas) o pesca eléctrica, que corroboren su presencia y que permitan estimar densidades de poblaciones de las distintas especies citadas en el inventario de GRAMA (1997). Existen pescas eléctricas realizadas en el presente año, pero no publicadas. Las únicas pescas eléctricas realizadas y publicadas hasta el momento proceden del Bolúe inmediatamente aguas arriba del humedal, realizadas por Docampo en 1985. Corroboran la presencia de *Chondrostoma toxostoma*, *Carassius auratus* y *Gasterosteus aculeatus* (la más abundante con 51 individuos capturados representaba el 50% de la comunidad formada por

cinco especies). Dichas pescas añaden además la presencia de *Anguilla anguilla*, no recogida en dicho inventario.

Se cita como en el caso de la vega de Astrabudua, la presencia de *Mauremys caspica* leprosa como quelonio autóctono del humedal, hecho que debería ser corroborado con estudios poblacionales, incluyendo las determinaciones de edades. Docampo deja constancia de su introducción en 1983. Asimismo, se detecta en el mismo año la presencia de *Bufo calamita*, no citada en el informe de GRAMA.

## 7. Resumen y Conclusiones

En este trabajo se han estudiado dos tipos de zonas húmedas: los humedales de interior sin procesos aluviales que actúan como cubetas lacustres generadas por procesos litológicos, geológicos de tipo no aluvial y por la mano del hombre, y los humedales de interior de tipo aluvial formados a partir del desarrollo de los cursos fluviales. Son humedales de interior de tipo aluvial los encharcamientos del río Butrón en Maruri-Mungia, y Gatika, la zona húmeda de la vega de Astrabudua (río Udondo) y los encharcamientos del río Bolúe en Fadura. Todos los demás descritos en este informe son humedales de interior sin procesos aluviales: zona minera, Etxerre, Monreal (lagunas de Altube), Arbieta y Santa Bárbara. Hay que precisar que Monreal tiene una intensa relación con el curso fluvial que lo alimenta, sobre todo en determinadas épocas del año, aunque encaja mejor en este grupo que en el de los aluviales propiamente. Por el contrario, en los demás humedales de este grupo la alimentación subterránea es la vía predominante de recarga frente a la superficial por vía fluvial. Para los análisis comparativos (morfometría, química de aguas e indicadores Bióticos) se han utilizado otros humedales de la CAPV: laguna de Bikuña, turbera de Usabelartza, turbera de Saldropo, lago de Arreo, laguna de Carravalseca, laguna de Navaridas y Salinas de Añana.

Hay que señalar que no se dispone por el momento de los resultados de inventario y seguimiento de los humedales contemplados en la Red de Vigilancia de Humedales de la CAPV, de la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco. Teniendo en cuenta esta circunstancia, como recomendaciones generales para ambos tipos de humedales, se establecen las siguientes actuaciones:

1. Corroborar y completar los inventarios florístico y faunístico de los distintos humedales, adoptando los criterios de la DM. Respecto al fitoplancton establecer la composición taxonómica y estructura de las poblaciones y sus relaciones con el medio abiótico, particularmente las condiciones físicoquímicas. En cuanto a los macrofitos y organismos fitobentónicos la composición taxonómica y estructura atendiendo a la abundancia de las poblaciones. En cuanto a la fauna bentónica de invertebrados composición y abundancia taxonómicas y estructura mediante índices de diversidad de las poblaciones. Respecto a la fauna ictiológica, la composición y abundancia de especies y las estructuras de edad de las comunidades ictiológicas.
2. Deben realizarse y completarse los análisis físicoquímicos de las masas de agua. Particularmente la temperatura, y su distribución en la masa de agua, el balance de oxígeno y su evolución en la masa de agua, el pH, la capacidad de neutralización de ácidos y la salinidad y los nutrientes. Para fósforo: fósforo total y ortofosfatos y para el nitrógeno sus fracciones:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , no incluidas como tales en los inventarios. Se puede añadir aunque no lo recoge de forma directa la Directiva la materia orgánica, ésta debiera incluirse bien como demanda química de oxígeno (DQO por oxidación con permanganato potásico), o bien, como demanda biológica de oxígeno, 5 días ( $\text{DBO}_5$ ), o ambas. Si los niveles de materia orgánica son muy bajos un

examen más fino de la fracción se consigue con la medida de la oxidabilidad al permanganato. La singularidad química se calcula con el índice de saturación del sistema carbonatos-bicarbonatos, según la formulación recogida en el APHA, AWWA, WPCF (1992).

- Desde el punto de las características hidromorfológicas (régimen hidrológico, condiciones morfológicas) destacan el caudal entrante, y el tiempo de permanencia, la conexión del sistema con las aguas subterráneas, y el análisis de la recarga, la profundidad, los materiales del sustrato y la estructura y composición de las zonas ribereñas. En este proyecto se han manejado la anchura media de la cubeta, la profundidad media de la masa de agua, la profundidad relativa, el desarrollo del perímetro y el índice de colmatación, que se pueden encontrar entre las características hidromorfológicas a utilizar.

## 7.1 Zona minera

- Completar en la medida de lo posible el inventario de zonas húmedas. Existen dos sectores hidrogeológicos: el de Gallarta y el de Galdames. Solamente en el sector de Gallarta se diferencian 8 bloques hidrológicos. En uno solo de estos bloques analizados se han identificados 45 masas de agua, lo que pone de manifiesto lo escasamente inventariada que está la zona.
- Casi todas las masas de la zona minera son artificiales. Destacan como naturales Arana y el charco del Balcón de Ortuella, que son depresiones kársticas. Hay que incluir también la balsa La Lejana, igualmente conocida como la laguna del arroyo del Cuadro. Se trata de una amplia charca de régimen temporal, en realidad son tres charcas concatenadas.
- Las características morfométricas de la mayoría de las masas de agua están sin determinar. En este informe se aportan las de 12 lagunas del bloque hidrológico La Barga-Putxeta., charca La Lejana, pozo mina Princesa, pozo La Rita en la Aceña (Galdames), charca del Sauco, balsa mina Catalina y balsa de Montellano.
- Deben realizarse perfiles batimétricos en los lagos Mayor y Menor de La Arboleda, y en los pozos La Rita y Gerente. Estos dos últimos, por su más que probable elevada profundidad deben ser lagos, tan importantes como los de La Arboleda y Arreo, en lo que a su funcionamiento limnológico como lagos se refiere.
- El Sol, La Bomba, El Cuadrado y mina Carmen II del bloque hidrológico La Barga-Putxeta tienen una alta profundidad relativa de la cubeta, lo que implica alto riesgo a la eutrofización de sus aguas ante vertidos antropogénicos: masas de agua con escasa reoxigenación física y poca capacidad de desestratificación. Igualmente: mina Carmen, el Cuadrado y Reserva II tienen un valor medio de riesgo de colmatación ( $pc = 58\%$ ).

Destaca por su singularidad química la laguna La Bomba cuyas aguas presentan un valor muy bajo del índice de saturación de carbonatos ( $IS < -5$ ) debido a su bajo pH, en

el rango de 3,36 a 3,78, como valores mínimo y máximo medidos en distintos años. Su singularidad es comparable a Salinas de Añana, si bien éstas últimas, lo son por elevada salinidad o conductividad equivalente. Solamente en el Pirineo existe una masa de agua de características ácidas similares a La Bomba, y a nivel de España su acidez solamente es superada por Riotinto en Huelva (por lo menos que se encuentre documentada). El origen de su acidez es puramente hidrogeológico: oxidación del agua de las piritas que constituyen su cubeta, aportando hidróxidos de hierro que floculan y precipitan y ácido sulfúrico.

6. La masa de agua es aeróbica, transparente sin déficit de oxígeno. La presencia de ciertos metales pesados en disolución como el Mn la confieren capacidad bacteriostática, fenómeno documentado en la bibliografía limnológica (p.ej. en Wetzel), careciendo por completo de coliformes y estreptococos (de acuerdo con todos los análisis bacteriológicos hasta la fecha realizados en la laguna). Su estado trófico de acuerdo con la clasificación de la OCDE (1982) para el fósforo es un 64% oligotrófico. En consecuencia, se establece que de acuerdo con la nomenclatura de la Directiva Marco, La Bomba se encuentra en muy buen potencial ecológico, independientemente de los valores que adquieran sus indicadores bióticos, pues se trata de un ambiente ácido, duro para el establecimiento de la fauna y flora típica de las aguas neutras o ligeramente básicas del resto de las lagunas que la circundan.
7. Los datos fisicoquímicos de las aguas disponibles proceden en el lago Mayor de La Arboleda de la primavera de 1994 y en los estanques del bloque La Barga-Putxeta del verano de 1990 y 1996. Con estos datos se determina que el lago Mayor de La Arboleda y especialmente La Bomba son vulnerables a la eutrofización frente a vertidos antropogénicos. Ninguno de los pozos analizados presenta aguas eutrofizadas por N y P, y mantiene en buen estado los indicadores bióticos.
8. En general, las masas de agua de la zona minera corren un alto riesgo de ser utilizadas como vertederos de todo tipo de materiales, tanto de los denominados inertes como de los tóxicos y peligrosos, algunas incluso de ser rellenadas para el establecimiento de cuadradas y cercados (por ejemplo La Bomba y El Sol). En este sentido, la laguna Reserva presenta abundantes materiales sólidos en sus orillas y flotando en sus aguas como envolturas de aluminio, cajas de cartón aluminio, bolsas de plástico, etc. No se trata de materiales esporádicos depositados por excursionistas, sino de materiales en “masa” arrojados intencionadamente. En ciertas ocasiones se han observado reses y perros muertos flotando en las aguas de algunas masas. Normalmente las lagunas El Redondo y San Benito suelen ser seleccionados para estos eventos por su accesibilidad.

En los taludes de Cadegal (periferia N del Bloque La Barga-Putxeta) se depositan actualmente todo tipo de residuos, habiéndose detectado en 1997 bidones de arsenuros y cianuros, que se diagnosticaron como vacíos, muy cerca del vertedero de la Orconera y de donde se encuentra el túnel de Cadegal que alberga los polvos de lindane que irán al vertedero de Argalario. Desde varias asociaciones locales como SUGORRI se ha

solicitado a las autoridades competentes un mayor estado de protección para todas estas masas de agua.

9. La visita de campo realizada para corroborar el estado aparente de las zonas húmedas de la zona minera muestra una situación similar a la registrada en períodos pretéritos. No se han observado rellenos, ni grandes vertidos en las principales lagunas mencionadas en este informe. Si bien los límites periféricos del bloque La Barga-Putxeta en Gallarta se encuentran bastante modificados, con charcas y criptohumedales rellenados, debido a la ampliación en la urbanización industrial del polígono del Campillo de la citada localidad. Se observa también una mayor masa vegetal en el núcleo del citado bloque, tras el cese de la actividad minera y el avance de la sucesión ecológica. En la zona de los lagos Mayor y Menor de La Arboleda se observa la puesta en práctica de la restauración propuesta en el Plan Especial de La Arboleda (Diputación Foral de Bizkaia, 1989) y del Estudio de recuperación de la zona minera (Diputación Foral de Bizkaia, 1990). Esta restauración se ha basado en el acondicionamiento de senderos y la repoblación forestal de los terrenos entre los lagos, así como en la adecuación de instalaciones para las actividades recreativas; tal es el establecimiento de una escuela de pesca en la laguna situada entre los citados lagos. Por otro lado, hay que señalar que en dicho plan se incluye la instalación en breve plazo de un campo de golf en el entorno del embalse de Triano y el barrio del mismo nombre.

## 7.2 Charca de Etxerre

1. La charca forma parte de una antigua explotación a cielo abierto de extracción de piedra caliza que inicio sus actividades en 1936 y las terminó en 1978, extendiéndose entre los términos municipales de Zaratamo y Basauri. Entre 1978 y 1983, la zona de Zaratamo fue utilizada por sus propietarios como escombrera de escorias de fundición, escombros de las obras de ampliación del estadio de fútbol de San Mamés y materiales de derribo, entre otros. La zona de Basauri no fue utilizada como escombrera y se llenó de agua en dos años por la descarga de un manantial ubicado en uno de los frentes de la cantera, formando la laguna que conocemos en la actualidad. En agosto y setiembre de 1983 entraron en la escombrera 600 camiones/día, depositando en la laguna residuos de todo tipo (basuras, bidones, lodos, etc.) procedentes de las inundaciones del Gran Bilbao acaecidas en ese periodo. De la descomposición de estos residuos deriva la contaminación que padece actualmente la laguna y que se detalla en los siguientes apartados.
2. Etxerre presenta una muy alta profundidad relativa, lo que agrava, en lo que a su recuperación ambiental se refiere, su estado de hipereutrofia en el que se encuentra debido a la metabolización de los residuos sólidos que alberga. Igualmente tiene una alta probabilidad de colmatación del orden del 62%.
3. Los datos fisicoquímicos de aguas y sedimentos utilizados en este proyecto son los más recientes que se han podido recopilar del informe de IHOBE (1995) y se corresponden con el invierno de 1995. Teniendo en cuenta estos datos se determina

que la laguna de Etxerre tiene una probabilidad del 88 % de encontrarse en estado hipereutrófico, lo que junto con bajos valores registrados en sus indicadores bióticos lleva a diagnosticarla con un potencial químico y biológico malo.

- Se dan condiciones anaerobias en toda la masa de agua y a lo largo de toda la columna de la misma: desde el primer medio metro de profundidad donde se registraron valores de O<sub>2</sub> no superiores a 0,18 mg/l, hasta 0 mg/l desde el inicio del metalimnion hasta el fondo.
  - Las concentraciones de ácido sulfhídrico desionizado (H<sub>2</sub>S) superan en 24 veces el nivel de seguridad recomendado para los organismos con respiración branquial, a 1, 3 y 11 m de profundidad.
  - Una elevada metanización con valores de producción de H<sub>4</sub>C que superan varias veces el nivel mínimo registrado en lagos hipereutrofizados.
  - Elevadas concentraciones de hierro total con niveles tóxicos incrustantes en branquias de peces: a 5, 10 y 13,2 m de profundidad. Niveles tóxicos de Ni (0,04 mg/l), Pb (0,08 mg/l), PCB's (desde 0,14 µg/l de Aroclor 1260 en superficie, hasta 1,11 a 3 m de profundidad) y de AOX's (desde 31 µg Cl/l en superficie hasta 92 a 3 m de profundidad).
  - Es muy improbable la recuperación natural de la laguna por autodepuración, por procesos de metabolización biótica y renovación hídrica, aunque la laguna es alimentada por una descarga subterránea bajo sus aguas y drenada por un canal de desagüe hacia el río Ibaizabal.
4. La visita a la laguna muestra una situación equivalente a la observada en los períodos pretéritos.

### 7.3 Lagunas de Altube

1. Completar su inventario y sobre todo identificar las 21 masas de agua citadas, geográficamente y toponímicamente si es posible.
2. Completar el estudio morfométrico de las 20 lagunas restantes, además de la estudiada Charca de Monreal.
3. Solamente se poseen datos fisicoquímicos de las aguas en Monreal y corresponden a verano de 1993. En base a estos datos se determina que Monreal tiene una probabilidad significativa de experimentar eutrofización ante los vertidos antrópicos, por lo que debieran controlarse particularmente los vertidos de cargas contaminantes, difusas o localizadas, sobre su masa de agua. El índice p(ICNP) que computa la contaminación del agua por cargas de nitrógeno y ortofosfato muestra que existe una probabilidad del 82% de que las aguas de Monreal sean oligotróficas.
4. Monreal es una laguna bien conservada. Su comunidad de plantas acuáticas es muy rica, diversa y está bien estructurada sobre el perfil de su cubeta. Su comunidad de

anfibios es de las más ricas de cuantas se puedan encontrar en la CAPV, con representación de especies de carácter muy relicto, a saber, rana ibérica y rana dalmantina. Pero lo que más sorprende es la capacidad biogénica y de diversidad de hábitats de este humedal para mantener poblaciones de tres especies de ranas terrestres: las dos citadas, más la rana temporaria.

#### **7.4 Laguna de Arbieta**

1. Presenta igual que Santa Bárbara una elevada profundidad relativa, lo que se traduce en que es una masa de agua, desde el punto de vista morfométrico, sensible a la eutrofización por potenciales vertidos.
2. La química de las aguas de Arbieta disponibles se corresponden con el verano de 1993. De acuerdo con ésta, se determina que la masa de Arbieta es moderadamente resistente a la eutrofización por vertidos antropogénicos. Igualmente, se calcula que existe una probabilidad del 83% -  $p(\text{ICNP}) = 0,834$  - de que las aguas de Arbieta sean oligotróficas.
3. Existe escasa información biológica por lo cual debieran corroborarse los inventarios de la biota y completarse en distintas épocas los análisis fisicoquímicos de sus aguas. Es probable que los bajos valores de dichos indicadores se deban a una potencial singularidad química de sus aguas no reflejada conspicuamente por el IS. En principio, sus aguas tienen un carácter oligotrófico.
4. En la visita de campo no se observaron grandes alteraciones de la masa de agua.

#### **7.5 Santa Bárbara**

1. De todas las lagunas analizadas morfométricamente Santa Bárbara presenta la mayor profundidad relativa (Zr), que implica una alta resistencia a que sus aguas se mezclen. Esto se traduce en que sea una laguna con poca capacidad de reoxigenación física y de desestratificación, lo cual significa un alto riesgo potencial de sufrir eutrofización ante potenciales vertidos. En esta laguna se observan abundantes residuos sólidos, que de haber sido orgánicos la hubieran eutrofizado totalmente. Estos vertidos sólidos deberían ser eliminados o cuanto menos analizados.
2. Los datos fisicoquímicos de las aguas utilizados se corresponden con el verano de 1993. De acuerdo con estos datos, se determina que la masa de Santa Bárbara tiene alta resistencia a experimentar eutrofización ante vertidos antrópicos, mayor a la de Monreal y Arbieta, y existe una probabilidad del 77,5 de que sus aguas sean oligotróficas.

De los apartados anteriores se desprende que el análisis de la morfometría y el de la química en esta laguna apuntan en sentido diferente: mientras que la morfometría determina la existencia de un riesgo potencial de sufrir eutrofización, la química del

agua determina que ésta tiene una alta resistencia a eutrofización ante vertidos antrópicos. Lo cual no resulta contradictorio si se tiene en cuenta que son elementos diferentes, que comparten un mismo sistema lacustre.

3. Sus aguas tienen un carácter oligotrófico.
4. En la visita de campo no se observaron alteraciones aparentes en la masa de agua que indiquen eutrofización o contaminación de sus aguas.

## **7.6 Encharcamientos del río Butrón**

Se carece de información morfométrica y de datos sobre la composición química de sus aguas. No existen inventarios de su flora y fauna acuática. En la visita de campo no se apreciaron alteraciones (impactos) o contaminaciones aparentes. Se recomiendan actuaciones similares a las que se describen para la zona húmeda de la vega de Astrabudua y encharcamientos del río Bolúe.

## **7.7 Zona húmeda de la vega de Astrabudua y encharcamientos del río Bolúe**

Se carece de información morfométrica y no existen datos fisicoquímicos de las aguas. Existen sendos inventarios: florístico y de vertebrados. En la visita de campo se observa en la Vega de Astrabudua una importante eutrofización de las aguas y la misma presión del suelo urbano industrial descrita en el informe de GRAMA (1997). En el caso de los encharcamientos del Bolúe, se manifiesta también eutrofia pero aparentemente menos intensa que la de Astrabudua. No es posible determinar con la información existente un diagnóstico de su estado ecológico de forma similar al establecido para los humedales de interior sin procesos aluviales.

Se recomiendan las siguientes actuaciones para ambos humedales:

1. Análisis morfométrico del humedal.
2. Análisis fisicoquímicos de las aguas en distintas zonas del humedal y de los vertidos líquidos al mismo.
3. Recogida mediante red de mano tipo kicker o surber del bentos de la cubeta, identificación y cuantificación de la fauna de macroinvertebrados que lo compone, ya que actualmente no se dispone de ningún dato a este respecto.
4. Realización de pescas eléctricas en varias zonas de la masa de agua. Identificación, conteo y estudios escalimétricos por dimorfismo sexual en las especies que proceda, tanto de peces como de batracios y con especial dedicación a dilucidar el estado de *Mauremys caspica*. Completar las pescas eléctricas con la colocación pasiva de reteles y butrinos hacia las zonas de periferia y más profundas de la masa de agua.

5. Trampeo con captura en vivo de mamíferos en la periferia del humedal y dentro de la vegetación de helófitos existente. Completar el trampeo con identificación de huellas y excrementos. Confirmar en este sentido, la posible utilización trófica del humedal por parte de *Mustela lutreola*.
6. Cartografiado de la vegetación con identificación de helófitos e hidrófitos y cuantificación porcentual de las principales especies.
7. Verificación de la fauna vertebrada clasificando las especies en tres grupos: a) especies que habitan en el humedal. b) especies someramente ligadas a la red trófica del humedal y c) especies indiferentes a dicha red trófica.

**Tabla 11. Tabla resumen de los parámetros establecidos por la Directiva Marco sobre los que se dispone información en los distintos humedales analizados en este proyecto. (no se consideran los resultados de la Red de Vigilancia de Humedales de la CAPV al no estar todavía disponibles)**

HUMEDAL	PARÁMETROS DE LA DM DE LOS CUALES SE DISPONE DE INFORMACION
Santa Bárbara	Morfometría, Química de las aguas e invertebrados del bentos
Laguna de Arbieto	Morfometría, Química de las aguas e invertebrados del bentos.
Charca de Monreal	Morfometría, Química de las aguas e invertebrados del bentos.
Laguna de Etxerre	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Ostión (Lago Menor de La Arboleda)	Morfometría, Química de las aguas e invertebrados del bentos.
Lago Mayor de La Arboleda	Morfometría, Química de las aguas e invertebrados del bentos.
La Isla	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
El Sol	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
La Bomba	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Reserva	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Reserva II	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
El Redondo	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
San Benito	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces..
El Cuadrado	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Arana	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Charco del Balcón de Ortuella	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Mina Carmen	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.

<b>HUMEDAL</b>	<b>PARÁMETROS DE LA DM DE LOS CUALES SE DISPONE DE</b>
Mina Carmen II	Morfometría, Química de las aguas, invertebrados del bentos y peces.
Mina Carmen III	Ninguno
Embalse de Triano	Ninguno
Balsa la Lejana	Ninguno
Pozo Mina Princesa	Ninguno
Gerente	Ninguno
Pozo La Rita (La Aceña)	Ninguno
Charca del Sauco	Ninguno
Balsa Mina Catalina	Ninguno
Balsa en Montellano	Ninguno
Encharcamientos del Bolúe	Peces
Vega de Astrabudua	Peces
Encharcamientos del Río Butrón	Nada

## 8. Bibliografía Citada

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de las Aguas Potables y Residuales. Díaz de Santos. Madrid. 1.200 pp.

BUSACK, S.D. & ERNST, C. H. 1980. Variation in mediterranean populations of *Mauremys* Gray, 1869 (Reptilia, Testudines, Emydidae). Ann. Carnegie Mus., 49: 251-264.

B.O.B.1995. (Boletín Oficial de Bizkaia). Orden Foral número 145/1995, de 9 de febrero, por la que se actualizan y fijan, a efectos de sanciones e indemnizaciones, el valor de las diferentes especies de la fauna silvestre.

B.O.P.V. 1996. (Boletín Oficial del País Vasco). Decreto 167/1996, de 9 de julio, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora, Silvestre y Marina.

Bueno, E.; García, M.C.; Martínez, C.; Ortega, J.F.; Sebastián, J.S. & Sánchez, J.A.. 1994. Estudio de evaluación ambiental de los Montes Mineros de Abanto-Ziérbana y Ortuella. Tomo I. Análisis temático. Tomo II. Zonificación y propuestas. I Curso de Postgrado de Evaluación y Recuperación Ambiental. UPV/EHU. Leioa. 272 pp.

Bruno, S. & Maugeri, S. 1992. Guía de las serpientes de Europa. Omega. Barcelona. 223 pp.

Cobelas, M.A.; Ruiz, P. & Olmo, A. 1991. La eutrofización de las aguas continentales españolas. Henkel Ibérica. Barcelona. 339 pp.

Diputación Foral de Bizkaia. 1989. Plan especial de La Arboleda. Información y diagnóstico del Medio. Instituto de Estudios Territoriales de Bizkaia. Bilbao.

Diputación Foral de Bizkaia. 1990. Estudio sobre la recuperación de las áreas afectadas por la actividad extractiva de los municipios de Abanto-Zierbena, Baracaldo, Galdames, Güeñes, Muskiz, Ortuella y Trapagarán. Instituto de Estudios Territoriales de Bizkaia. Bilbao.

Docampo, L. 1995. Descripción y valoración ecológica de las masas de agua de la Zona Minera de Bizkaia. Belarra, 12: 95-103.

Docampo, L. 1996. Ajuste de la integral de la ecuación normal y su aplicabilidad en hidrología y calidad de aguas. Ingeniería Civil, 103: 83-90.

Domínguez, J.P.1994. Crónicas de la margen izquierda. De la prehistoria a la romanización. Beitia. Bilbao. 171 pp.

GRAMA. 1997. Avance del Plan Territorial Sectorial de las Zonas Húmedas de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Trabajo realizado para el Dpto.de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Dirigido y Coordinado por J.M Sanz de Galdeano & M. Soto. Vitoria-Gasteiz.

- Grassé, P.P. 1978. 3. Vertebrados. Reproducción, biología, evolución y sistemática. Agnatos, Peces, Anfibios y Reptiles. Toray-Masson. Barcelona. 534 pp.
- Helliwell, D.R. 1973. Priorities and values in nature conservation. Journal of Environmental Management, 15: 177-195.
- IHOBE. 1995. Diagnostico Ambiental de la Charca de Etxerre. Bilbao.
- IMPOLUSA. 1983. Estudio de las Aguas Embalsadas y Sólidos Depositados en la Cantera del Barrio de Arkotxa. Bilbao. 41 pp.
- Luengo, C. 1990. Estudio hidrogeológico de la Unidad de Gallarta. UPV/EHU. Leioa. Inédito.
- Luengo, C. 1991. Estudio preliminar de la contaminación de las aguas en el acuífero de Gallarta. Trabajo de Investigación para el programa de Doctorado impartido por el Dpto. Estratigrafía, Geodinámica y Paleontología de la UPV/EHU. Leioa. Inédito.
- Llomas, J. 1993. Hidrología general. Principios y aplicaciones. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. Bilbao. 635 pp.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1963. The theory of island biogeography. Universidad de Princeton. 203 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona. 1010 pp.
- Martinez Rica, J.P. 1983. Atlas herpetológico del Pirineo. Munibe, 35 (1-2): 51-80.
- Mendenhall, W. & Sincich, T. 1997. Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias. Prentice Hall. México. 1182.
- Montes, C.; Rico, E.; Baltanás, A.; Florín, M.; Otero, M. 1994. Caracterización y tipificación ecológica de los humedales de interior sin procesos aluviales de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Trabajo realizado para el Dpto.de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Dirigido y Coordinado por J.M Sanz de Galdeano & M. Soto. Memoria, 158 pp + Anexos. Vitoria-Gasteiz.
- Morgana, N & Prato, S. 1994. Descomposición de hojarasca en un torrente ácido de Italia Central. Limnética, 10(2): 33 – 39.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 1982. Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. OECD. Paris. 164 pp.
- Parker, H.W. & Bellairs, A. 1975. Los Anfibios y los Reptiles. Destino. Barcelona.
- Peña Sánchez de Rivera, D. 1989. Estadística. Modelos y Métodos. 2. Modelos Lineales y Series Temporales. Alianza Universidad. Madrid. 745 pp.
- Rico, E. & Montes, C. 1994. Dictamen sobre la situación limnológica actual de la laguna de Etxerre (Bizkaia). Informe realizado para el Dpto. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz. 17 pp.
- Strahler, A.N. 1987. Geología Física. Omega. Barcelona. 629 pp.

SUGORRI. 1999. Plan de Restauración y Conservación del Medio Ambiente del Casco Histórico de Ortuella y Areas Limítrofes. Proyecto realizado por Luis Docampo para la Asociación Sugorri. Memoria I: 30 pp. Tomos I y II: 300 pp. Ortuella. Recogido en las Actas y Galardonado con el Diploma Henry Ford European Conservation Awards 1999 (Entorno Natural).

Van Dam, H. 1988. Acidification of three moorland pools in the Netherlands by acid precipitation and extreme drought periods over seven decades. Freshwater Biology, 20: 157-176.

Wetzel, R.G. 1981. Limnología. Omega. Barcelona. 679 pp.

Wilson, E.O.1994. La diversidad de la vida. Drakontos. Barcelona. 410 pp.

# ANEXO I MAPA



LEGENDA / LEYENDA

Humedales

AREA DE DISTRIBUCION DE HUMEDALES EN LA ZONA MINERA

ELABORADO PARA:



LURRALDE ANTOLAMENDU ETA  
INGURUMEN SAILA  
Urtz Zuzendaritza  
DEPARTAMENTO DE ORDENACION  
DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE  
Dirección de Aguas

ELABORADO POR:



INGURU CONSULTORES, S.A.  
Avda. Santiago, 19 bajo  
01003 VITORIA-GASTEIZ

PROIEKTUA / PROYECTO

EAE - KO GAINAZALEKO UR  
MASEN KARAKTERIZAZIOA

CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS DE  
AGUA SUPERFICIALES DE LA CAPV

IV ALEA / TOMO IV:

EAE-KO HEZEGUNEEN  
EZAUGARRIEN BILKETA - I  
(KANTAUROKO ISURIALDEA)

CARACTERIZACION DE LOS  
HUMEDALES DE LA CAPV - I  
(VERTIENTE CANTABRICA)

ESKALA / ESCALA

1 / 10.000

DATA / FECHA

AZAROA / NOVIEMBRE 2002

1/5.000 ORRIA  
HOJA 1/5.000

61-11

## ANEXO II. FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1.** Pozo San Benito. Ubicado en el Bloque Hidrológico La Barga-Putxeta de la Zona Minera. Actúa como un embalse que recoge la escorrentía circundante y la descarga periódica de una tubería de presión de 40 cm de diámetro, que transporta el agua desde el pozo Ostión en La Arboleda. Este último denominado Lago Menor de La Arboleda en el Inventario de Humedales de interior sin procesos aluviales del Gobierno Vasco. En el presente informe se aporta información morfométrica, fisicoquímica y biótica bastante completa sobre este pozo, totalmente ausente en el citado inventario. Se aprecian al fondo los afloramientos rocosos, actualmente reducidos en algunos enclaves del Bloque Hidrológico. (Cortesía de la Asociación SUGORRI, 1999).



**Fotografía 2.** Pozo El Redondo. Antiguo pozo de extracción de Siderita. Funciona como laguna desde la década de los 50. En 1982 se registro en sus aguas la habitabilidad del cangrejo autóctono (*Austropotamobius pallipes*) en alta densidad. Actualmente extinguido en toda las lagunas del Bloque La Barga-Putxeta. Se detecta por primera vez el cangrejo americano en 1992 (*Procambarus clarkii*). En las Aguas de San Benito, El Redondo, El Sol y otras del Bloque habita también el *Gasterosteus aculeatus leiurus* (espinoso). (Cortesía de la Asociación SUGORRI, 1999).



**Fotografía 3.** La laguna Reserva dentro del Bloque Hidrológico La Barga-Putxeta en Ortuella. La Zona Minera está constituida por 2 grandes sectores hidrogeológicos, el de Gallarta y el de Galdames. Los estudios geológicos diferencian 8 bloques en la de Gallarta y en uno solo de ellos (La Barga-Putxeta) se han identificado por parte de la Asociación SUGORRI 45 masas de agua entre lagunas artificiales (pozos mineros) y depresiones kársticas naturales (en total 15 Ha de lámina de agua). De los demás bloques la información es escasa o inexistente y no se han realizado inventarios de detalle en ninguno de ellos, al igual que en el sector de Galdames. (Cortesía de la Asociación SUGORRI).



**Fotografía 4.** Mina Carmen II en la base de la falla del mismo nombre y aguas abajo del embalse de Triano. Antiguo pozo de extracción de limonitas y hematites en sustrato calizo. Por el color oscuro de sus aguas no atribuible a difracciones de la luz en solutos suspendidos o coloraciones por fitoplancton, se presupone que se trata de un pozo de gran profundidad. Existen varios pozos de gran profundidad en la Zona Minera de los que se carece de perfiles batimétricos, y que pudieran estar funcionando limnológicamente como lagos con igual importancia a este respecto que los Lagos de La Arboleda. Destacan el **Gerente** en Las Carreras y el **Pozo La Rita** en Galdames (La Aceña).



**Fotografía 5.** Una de las 21 Lagunas de Altube sin nombre, no identificada ni caracterizada. Al igual que en la Zona Minera, debe completarse el inventario de las Lagunas de Altube y caracterizarlas cuanto menos de forma morfométrica. Solamente la denominada Charca Monreal se encuentra inventariada con su correspondiente ficha en el estudio del Gobierno Vasco (Montes el.al., 1994).



**Fotografía 6.** Un encharcamiento de gran importancia de un arroyo en la Zona de las Lagunas de Altube de aguas estancadas y cubierto por *Glyceria fluitans*. En un criptohumedal de la Cuenca alta del Altube cubierto por una saucedada nace un pequeño hilo de agua que forma un pequeño curso, después se forma el encharcamiento mostrado en esta fotografía, y del mismo parte otro curso que se agranda hasta formar un arroyo en un recorrido escaso de 300 m. Se desconoce si este encharcamiento, así como el criptohumedal del que se forma, pertenecen a las 21 lagunas citadas en el inventario de Humedales de interior sin procesos aluviales del Gobierno Vasco.



**Fotografía 7.** Reflejo solar en la lámina de agua de la Torca Diapírica de Arbieto formada en el keuper, de gran singularidad genética a nivel peninsular. Se aprecian residuos sólidos flotando en una de sus orillas, además de los depositados en márgenes. Cubeta de elevada profundidad relativa (Zr) que refleja una alta vulnerabilidad a experimentar eutrofización ante el vertido de cargas orgánicas, con una masa de agua bastante estable, de difícil basculación y desestratificación natural (entre la lámina intersticial del sedimento y el resto de la masa de agua). Deben vigilarse de forma especial en este tipo de masas de agua de alto valor de Zr, los posibles vertidos antrópicos.



**Fotografía 8.** Charca de Monreal. Durante la visita de campo se detectaron otras dos especies más de plantas acuáticas no recogidas en el Inventario de Humedales de interior sin procesos aluviales del Gobierno Vasco, la Mentha acuática y Glyceria fluitans.



**Fotografía 9.** Mentha aquática inundada en una de las orillas de Monreal. Una de las principales consideraciones a tener en cuenta en futuros estudios de humedales consistentes en la determinación de su Estado Ecológico es completar y corroborar los Inventarios florísticos y faunísticos disponibles hasta el momento, tanto en los humedales de interior como en los humedales de interior de tipo aluvial (encharcamientos de los ríos Bolúe y Butrón, zona húmeda de la vega de Astrabudua, etc.)