

DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE LA LAGUNA DE LAKANDUZ Y MEDIDAS DE GESTIÓN PARA SU RECUPERACIÓN

Elaborado por:
ANBIOTEK, S.L.
*Investigación científico-técnica
del Medio Ambiente*
Lehendakari Agirre, 29-4
48014- Bilbao

Para:
Departamenton de Medio Ambiente
Diputación Foral de Alava

DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE LA LAGUNA DE LAKANDUZ Y MEDIDAS DE GESTIÓN PARA SU RECUPERACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de “humedal” resulta en muchos casos ambiguo y difícil de definir, si bien de forma objetiva podemos describir tres componentes fundamentales, cuya presencia conjunta o al menos de uno de ellos, sirve para delimitar y definir una zona húmeda. El primero y más importante, es la presencia de agua de forma permanente o temporal, o de una superficie freática, donde el agua subterránea este próxima o al mismo nivel que la superficie del terreno. El segundo es la presencia de suelos hidromorfos, esto es, suelos saturados de agua temporal o permanentemente. Finalmente, el tercer elemento para definir un humedal es la presencia de una vegetación de hidrófitos (plantas que crecen en el agua o en terrenos inundados) o de higrófitos (plantas que crecen en sustratos, al menos periódicamente saturados de agua). De los tres elementos, el más importante es la presencia de agua, es decir el régimen hídrico de un humedal. Puede haber humedales sin vegetación, o humedales sin vegetación y sin suelos desarrollados; pero no puede haber humedales sin la presencia, visible o no de un flujo de agua, al menos temporal.

1.1. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DE LAS ZONAS HÚMEDAS

Las zonas húmedas son ecosistemas muy amenazados hoy día, cuestión que unida a sus insustituibles y relevantes funciones ha conducido a una reciente atención hacia su conservación por parte de Estados y organizaciones internacionales. Uno de los aspectos más interesantes de dicho interés es la propugnación de una política de conservación basada en un "uso racional" de los humedales, más que en enfatizar el establecimiento de áreas estrictamente protegidas. Es decir, el mantenimiento de las propiedades naturales del sistema en compatibilidad con su uso, todo ello enmarcado dentro de políticas de ordenación sectorial que contemplen y permitan ambos aspectos.

Los humedales son ecosistemas de un gran valor ecológico ya que son muy diversos debido a que son frontera (ecotonos) donde se solapan dos ecosistemas distintos (por ejemplo: terrestre con acuático, salino con dulce, etc.). Los humedales por su carácter abierto y de gran interrelación con su entorno, suelen ser de manera natural eutróficos (ricos en nutrientes) y muy productivos, pero también presentan un reciclado de materia orgánica y renovación de oxígeno elevados. La entrada de materiales alóctonos, detritos y luz, y salidas en forma de explotación por herbívoros o depredadores externos, que se alimentan en el humedal, o de organismos que tras completar su desarrollo, migran a otros sistemas, caracterizan a estos sistemas. Además, la distribución de los nutrientes por el medio acuático es muy activa y hay un bombeo continuo de nutrientes del sedimento por la vegetación acuática. En los sedimentos se acumulan los restos de los organismos en descomposición que son procesados y reciclados, sobre todo, por bacterias y hongos. En este proceso el consumo de oxígeno es tal, que habitualmente puede agotarse, provocando anoxia en el sedimento. En estas condiciones, el proceso del reciclado de la materia orgánica es llevado a cabo por microorganismos anaerobios, entre los que se encuentran las bacterias productoras de metano y las productoras de sulfhídrico, este último es el responsable del mal olor que se desprende al remover el fango de una laguna.

Podemos generalizar que, debido a su elevada producción, acumulación de materia orgánica, descomposición incompleta de la misma y situación topográfica deprimida, los

humedales son sistemas inestables, que a largo plazo tienden a su propia desaparición por progresivo relleno de la cubeta. Esta es una tendencia natural, que se ve acelerada por las actividades humanas, ya que en la actualidad son muy pocos aquéllos humedales que se conservan en estado natural (menos del 1% en la península Ibérica). Se hace preciso establecer un nivel de degradación asumible por nuestra sociedad y nuestra forma de vida, y viable en el tiempo. Ello permitirá no asumir riesgos de consecuencias impredecibles y facilitar los procesos de reposición-restauración.

1.2. ELEMENTOS CLAVE EN LA TIPIFICACIÓN Y ESTUDIO DE LOS HUMEDALES

El elemento más importante de un humedal es el régimen hídrico, ya que la presencia de agua es el factor esencial de estos sistemas entendidos como sistemas funcionales. Es importante conocer el funcionamiento del sistema considerado globalmente en sus ciclos temporales ya que no solo el suelo y la vegetación responden a estas propiedades cambiantes de los humedales sino que también hay diferencias en los organismos que viven en ellos y en los que se aprovechan de ellos.

Otro elemento de gran interés es el de la "comunidad característica". En estos sistemas es importante estudiar qué organismos componen esta comunidad. Una "comunidad característica" es aquélla que está integrada por especies con capacidad para reflejar la dinámica del ecosistema.

La riqueza específica de la "comunidad característica" sí constituye un buen indicador del estado de los ecosistemas. La principal propiedad de la "comunidad característica" es que refleja los acontecimientos que suceden en otros grupos biológicos. Si la diversidad de la comunidad característica se incrementa o disminuye, la comunidad de los otros grupos se mueve en el mismo sentido, incluyendo a las especies que suelen ser las emblemáticas en estos tipos de ambientes como las aves. Dado lo somero de la laguna la comunidad característica estará presumiblemente formada (si no ha sido degradada), por comunidades de crustáceos zooplantónicos y comunidades algales en las zonas más profundas y por macroinvertebrados bénticos y macrófitas acuáticas en orillas e islas.

El estado trófico es otro de los elementos indispensables en el estudio de la dinámica funcional de los humedales. El incremento de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en las aguas favorece el desarrollo de las macrófitas acuáticas; y éstas, a su vez, proporcionan cobertura y alimento a la mayoría de las aves. Sin embargo, el incremento de la producción primaria por encima de cierto umbral (el marcado por los niveles de eutrofización) actúa de forma negativa sobre la mayoría de los grupos biológicos: plancton, invertebrados bénticos, peces, anfibios, mamíferos y ciertas especies de aves.

Muchos humedales, entre el que se encuentra la laguna de Lakanduz, son usados como abrevaderos o para aprovechar los pastos frescos de las orillas cuando otras áreas están agostadas. El consumo de pasto y el pisoteo tienen efectos importantes en la dinámica de estos humedales, y deberían ser considerados como impactos que deben ser minimizados.

La restauración de estas zonas húmedas debe realizarse teniendo como objetivo la conservación de la biodiversidad acuática particular de la comunidad característica, sin olvidar el importante papel de regulación hídrica superficial y subterránea que realizan.

1.3. TIPIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES SEGÚN DIRECTIVA 2000/60/CE (DO L 327 DE 22 DE DICIEMBRE DE 2000): DIRECTIVA MARCO DEL AGUA

El texto oficial de la DMA (2000/60/CE) se publicó en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DO n° L 327) de 22 de diciembre de 2000, una vez concluido en setiembre de 2000 el proceso de conciliación entre parlamento Europeo y Consejo de Ministros.

La Directiva marco indica que antes de caracterizar y valorar una masa de agua mediante la medida del estado ecológico se requiere una categorización de las masas de agua para poder definir aquellos parámetros que van a usarse en la definición del estado ecológico del sistema. En su anexo II se definen cinco grandes categorías: ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras, masas de agua superficial artificiales y/o masas de agua superficial muy modificadas. Cada categoría es dividida en tipos. Esta tipificación de la Unidad hidrográfica se realiza para poder comparar los diferentes tipos entre sí y establecer las condiciones de referencia en cada tipo. Según la DM, puede hacerse mediante el uso de las ecoregiones (sistema A de la propuesta de directiva) o por un sistema propio que puede establecerse en función de parámetros geomorfológicos, climáticos e hidrológicos de la cuenca, mediante un sistema que puede ser diferente para cada cuenca mientras se justifique de forma suficiente porqué se utiliza aquel sistema (Sistema B).

Caracterización de los Tipos de Masas de Agua Superficial según la Directiva Marco

*La D.M. en su Artículo 2 expone la definición de lo que considera o engloba bajo el epígrafe de Lago y así en la página 6 del documento definitivo señala que: **lago: es una masa de agua continental superficial quieta**, sin especificar tamaño ni dimensiones mínimas,. Esto implica que para la DM todas las masas de agua quietas, superficiales, **naturales**, no costeras, no fluyentes, ni de transición son sistemas asimilables a lagos.*

Por lo tanto, todas las masas de agua existentes en Izki, entre ellas Lakanduz, debe asimilarse a esta categoría y seguirían los mismos criterios que los lagos para tipificarlas y determinar su estado ecológico.

A su vez, y dentro de cada categoría de agua superficial, se establece una clasificación por tipos, utilizando el sistema A (tipología fijada) o el B (caracterización alternativa), definidos en la Directiva Marco.

CATEGORIAS

- Ríos, Lagos, Aguas de transición, Aguas costeras, Masas de agua artificial o fuertemente modificadas

TIPOS

SISTEMA A		SISTEMA B (Caracterización alternativa)	
	Región	Anexo XI (Directiva)	
		Factores	Altitud

TIPO		obligatorios	Latitud Longitud Profundidad geología
		Factores optativos	Profundidad media Forma del lago Tiempo de permanencia Temperatura media del aire Oscilación térmica Régimen de mezcla y estratificación del agua Capacidad de neutralización de ácidos Estado natural de los nutrientes Composición media del sustrato Fluctuación del nivel del agua
Según altitud	Alto:>800 m Altura media:200-800 m Tierras bajas: <200 m		
Según profundidad media	Poco profundo< 3 m Prof media 3 m a 15 m Profundo>15 m		
Según superficie del lago	Pequeño 0,5 a 1 km2 Mediano 1 a 10 km2 Grande 10 a 100 km2 Muy Grande >100 km2		
Según geología	Calcáreo Silíceo Orgánico		

Tabla 1. Tipificación de los lagos o asimilables a lagos según el Sistema A y B definidos en la Directiva Marco.

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO EN LAGOS Y SISTEMAS ASIMILABLES (HUMEDALES)

La Directiva Marco define que los Estados miembros deberán cumplir los siguientes objetivos medioambientales para las aguas superficiales:

- aplicar las medidas necesarias para prevenir el deterioro del estado de dichas aguas
 - proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua superficial, con objeto de alcanzar un buen estado, a más tardar en quince años después de la entrada en vigor de la presente Directiva
 - proteger y mejorar todas las masas de agua artificiales y muy modificadas, con objeto de lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico, a más tardar quince años después de la entrada en vigor de la presente Directiva
 - aplicar las medidas necesarias con objeto de reducir progresivamente la contaminación procedente de sustancia prioritarias e interrumpir o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias.

La directiva ha acuñado el concepto de *estado ecológico* que está llamado a ser un elemento fundamental para la mejora de los ecosistemas acuáticos en todos los países europeos, dependiendo de cómo se use y se aplique.

Parámetros indicados por la Directiva Marco para Evaluar el Estado Ecológico

Una vez categorizadas y tipificadas las masas de agua, para la determinación del estado ecológico se necesita conocer los valores que adquieren en las estaciones de referencia los elementos de diagnóstico adecuados, con objeto de poderlos comparar con los valores que adquieren esos mismos elementos en las distintas masas de agua.

Para el caso de los lagos y también para el de lagunas, embalses y balsas de riego, por ser el tipo de categoría de agua superficial natural más semejante, los indicadores de calidad para la clasificación del estado ecológico son los siguientes:

Indicadores biológicos

- Composición, abundancia y biomasa del fitoplancton
- Composición y abundancia de flora acuática
- Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados
- Composición, abundancia y estructura de edades de la fauna ictiológica

Indicadores hidromorfológicos que afectan a los indicadores biológicos

- Régimen hidrológico
- Volúmenes e hidrodinámica de la masa de agua
- Tiempo de residencia
- Conexión con aguas subterráneas
- Condiciones morfológicas
- Variación de la profundidad
- Cantidad, estructura y sustrato del lecho
- Estructura de la zona ribereña

Indicadores químicos y fisicoquímicos que afectan a los indicadores biológicos

Generales

- Transparencia
- Condiciones térmicas
- Condiciones de oxigenación
- Salinidad
- Estado de acidificación
- Condiciones relativas a los nutrientes

Contaminantes específicos

- Contaminación producida por todas las sustancias prioritarias cuyo vertido en la masa de agua se haya observado

Contaminación producida por otras sustancias cuyo vertido en cantidades significativas en la masa de agua se haya observado

2. PRINCIPALES TRABAJOS CONSULTADOS

Consideraciones del Plan Hidrológico del Ebro sobre las Zonas Húmedas de la Vertiente Mediterránea de la CAPV.

En el documento “**Propuesta del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro**” realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro (MOPTMA, 1996) se incluye en su **anexo 5** un listado de **Zonas Húmedas** basado en la información recogida en el “Estudio de las Zonas Húmedas de la España peninsular, inventario y tipificación”, realizado por la Dirección General de Obras Públicas en 1990 y que se encuentra en fase de actualización. En dicho listado, y dentro de la cuenca del Ebro de la CAPV, solamente aparecen recogidas las siguientes zonas húmedas:

- -lago de Arreo
- -lagunas de Laguardia (Carralagroño, Carravalseca y Musco)

En el **anexo 6** de la “**Propuesta del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro**” se hace referencia a los **espacios naturales** incluidos en la “Red de Espacios Naturales Protegidos de la CAPV” y se cita el documento “Directrices de Ordenación Territorial de la CAPV”, elaborado en 1992 por el Departamento de Urbanismo y Vivienda del Gobierno Vasco, donde se proponen como espacios a incluir en dicha Red los siguientes:

- -laguna de Navaridas
- -lago de Arreo
- -Carralagroño y Carravalseca

Entre los espacios que cuentan con una disposición normativa de protección se encuentra el Biotopo protegido de las lagunas de Carralagroño, Carravalseca y Prao de la Paúl, en Laguardia (Dto. 417/95, de 19 de Septiembre (B.O.P.V. 20-10-95).

En este mismo anexo se incluyen como zonas húmedas de importancia **nacional los embalses de Ullibarri-Ganboa y Urrunaga**, por la población de aves acuáticas que albergan; también se consideran de interés singular, por su riqueza biológica, **las lagunas de Laguardia**.

En las alegaciones del Gobierno Vasco al Plan Hidrológico, se considera que son erróneas las clasificaciones anteriores y se propone que se tenga en cuenta el Informe Alegación elaborado por el Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, donde se recoge la clasificación obtenida en el estudio “Caracterización y tipificación ecológica de los humedales de interior de la CAPV”, trabajo del Gobierno Vasco (1994), realizado por el Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid:

Humedales de importancia internacional:

- Lago de Arreo
- Conjunto lagunar de Laguardia (Carralagroño, Carravalseca, Musco y Prao de la Paúl)
- Salinas de Añana

Humedales de importancia nacional:

- Laguna de Olandina (Virgala)
- Laguna de Navaridas
- Embalse de Ullibarri-Ganboa
- Embalse de Urrunaga

Humedales de importancia regional:

- Laguna de Bikuña
- Laguna de Lacorzana
- Laguna de Arbieto
- Laguna de Orduña
- Encharcamientos de Arkaute y Salburua

En ningún apartado de este documento se hace referencia a la laguna de Lakanduz, ni a las zonas húmedas (turberas, charcas y balsas) del Parque Natural de Izki.

▪ Caracterización y Tipificación ecológica de los Humedales de Interior de la CAPV

Este trabajo fue realizado para el Dpto de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco (Gobierno Vasco, 1994), bajo la dirección de Carlos Montes por la Universidad Autónoma de Madrid y coordinado por Eugenio Rico. Los objetivos de este estudio fueron:

- Realizar un registro exhaustivo de las láminas de aguas no fluyentes naturales y artificiales singulares de la CAPV.
- Desarrollar una clasificación ecológica o caracterización de tipos funcionales que recojan la variabilidad ambiental del territorio.
- Realizar una caracterización general de las funciones y valores de los tipos funcionales definidos.
- Valoración ecológica de los humedales y lagos vascos según los tipos funcionales caracterizados.
- Generar elementos para el desarrollo de unas bases científico-técnicas para el desarrollo de planes de gestión y seguimiento de los tipos funcionales definidos al objeto de preservar sus funciones y su identidad ecológica.
- Caracterizar prioridades para el desarrollo de actuaciones de protección, conservación, restauración o investigación.
- Facilitar estrategias de estandarización y comparación de políticas de inventarios a diferentes niveles, regional, nacional e internacional que permitan establecer o potenciar programas conjuntos de conservación de humedales.

En base a la información recopilada se elaboró un inventario y clasificación ecológica provisional de los humedales de la CAPV, posteriormente evaluada a partir de los datos de campo registrados en la segunda fase del proyecto de investigación aplicada. Finalmente se obtuvo un inventario definitivo, pero abierto a cualquier nueva información, y un conocimiento real y actual de su estado de conservación.

En una tercera fase se analizó la información obtenida al objeto de asentar las bases científicas del Plan Territorial Sectorial de los humedales de la CAPV.

En dicho inventario no aparece ningún humedal natural o artificial ubicado en el Parque Natural de Izki.

▪ **El Avance del Plan Territorial Sectorial (PTS.) de Zonas Húmedas del País Vasco**

El Avance del Plan Territorial Sectorial (PTS.) de Zonas Húmedas del País Vasco (Gobierno Vasco, 1998) está fundamentado en el desarrollo de la Ley 4/1990 de Ordenación del Territorio de la CAPV y los principales objetivos que se plantea son:

- Exponer con carácter general la actual problemática de las zonas húmedas de la CAPV, basadas en el análisis de la situación actual de las mismas.
- Definir los conceptos necesarios para el desarrollo del PTS, así como los criterios de valoración en orden al establecimiento de medidas de protección.
- Establecer la regulación de usos y actividades más acorde con la capacidad de acogida de estas zonas así como proponer medidas y actuaciones de toda índole para su correcta gestión.

Se pretende que el PTS sea un documento básico abierto y flexible que sugiera y canalice actividades encaminadas a la protección, conservación, o regeneración de las zonas húmedas, acogiéndolas en un marco de planeamiento global del territorio.

El interés fundamental del PTS reside en tratar el conjunto de zonas húmedas como un “Sistema Específico de la Comunidad”, ya que para proceder a una valoración de las mismas es necesario fijar baremos y escalas comparativas con los que poder establecer unos objetivos y criterios para su protección.

El PTS de Zonas Húmedas está basado en dos trabajos fundamentalmente, ambos encargados por la Dirección de Recursos Ambientales y realizados durante 1993:

-“Caracterización Ecológica de los Humedales del País Vasco”, realizado por un equipo de investigadores del Dpto de Ecología de la Univesidad Autónoma de Madrid, bajo la dirección del Catedrático de Limnología, Carlos Montes.

-“Recuperación y Ordenación de Humedales de la CAPV” realizado por Grupo de Arquitectura y Medio Ambiente S.A. (GRAMA).

En el PTS se recoge un inventario de 369 zonas húmedas acompañado de una base de datos que resume la información sobre la situación, aspectos abióticos (clima, geología, geomorfología, paisaje, procesos y riesgos, hidrología, hidroquímicas etc...), aspectos bióticos (vegetación, fauna, ecología, etc...), aspectos socioeconómicos (uso actual, impactos y alteraciones, titularidad, planeamiento vigente, afecciones y servidumbres, etc...) e incluso diagnóstico y valoración. Con ello se pretende disponer de un instrumento ágil, de carácter abierto, que permita por un lado incorporar nuevas zonas y por otro actualizar la información de las ya incluidas en el PTS.

Dentro de ese amplio conjunto inventariado de 369 áreas húmedas, el PTS realiza dos tipos de tratamientos:

- un tratamiento a nivel de directrices generales para aquellas zonas de menor entidad, definidas como prados-juncales y trampales
- un tratamiento pormenorizado de 26 zonas

En dicho inventario no aparece ningún humedal ubicado en el Parque Natural de Izki.

Las tipologías de Zonas Húmedas definidas en el PTS se basan en criterios discriminadores para la separación de los diversos tipos de humedales en categorías diferenciadas, por su génesis (natural o artificial), por su situación (continentalidad y región bioclimática) y por su morfología y realiza la siguiente clasificación:

Zona Húmedas Naturales

- Costeras

A1.-Rías/Marismas

- Interiores o continentales

Ritmo climático atlántico

B1.-Turberas

B2.-Lagunas y charcas asociadas a calizas

B3.-Lagunas y charcas no asociadas a evaporitas ni acuíferos

B4.-Lagunas y charcas asociadas a diapiros

Ritmo climático mediterráneo y de transición

Alta montaña

B5.-Charcas asociadas a calizas

Media montaña

B6.-Lagos y lagunas asociados a diapiros

B7.-Lagos y lagunas no asociados a diapiros

Cuencas de sedimentación:

B8.-Sistemas endorreicos del valle del Ebro

B9.-Sistemas hidrológicos de la Llanada Alavesa

B10.-Sistemas fluviales

B11.-Sistemas de vegetación acuática de escasa entidad

Zonas Húmedas artificiales

C.-Medios artificiales asociados a Diapiros

D.-Charcas y lagunas mineras

E.-Embalses

F.-Balsas de riego

G.-Balsas-Abrevadero de ganado en montaña

Como se puede apreciar en esta tipología, dentro del ritmo climático mediterráneo y de transición no se incluyen las turberas ni las lagunas o charcas distróficas, como es el caso de la laguna de Lakanduz.

3. OBJETIVOS A CUMPLIR

El área de Izki, ubicada en el extremo Sureste del Territorio Histórico de Álava, está comprendida íntegramente dentro de la Comarca de la Montaña Alavesa, tradicionalmente agrícola y de baja densidad de población.

Entre los hábitats singulares se pueden encontrar diversas turberas y manantiales de aguas carbonatadas. Entre la especialísima fauna que lo habita, nos encontramos con especies características de aguas limpias, como el desmán del Pirineo (*Galemys pyrenaicus*), el visón europeo (*Mustela lutreola*) o la nutria (*Lutra lutra*).

Debido a sus importantes formaciones vegetales y su variedad botánica, su paisaje singular y al gran número de especies de la fauna que encuentran asentamiento en la diversidad de hábitats existentes y en cumplimiento de lo previsto en el artículo 18 de la LEY 16/1994 de 30 de junio, de Conservación de la Naturaleza del País Vasco que exige, previa a la declaración de una zona como Parque Natural la elaboración y aprobación de un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales, se aprueba por DECRETO 64/1998 de 31 de marzo el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del área de Izki, en el que se describe el área que se propone para su declaración como Parque Natural. El Parque Natural de Izki se aprueba en el año 1998 mediante el DECRETO 65/1998, de 31 de marzo y abarca una superficie de 9.143 Ha, correspondiente a los términos municipales, del Territorio Histórico de Álava, de ArraiaMaeztu, Bernedo y Campezo.

El Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Izki se plantea una serie de objetivos. En lo que respecta a los ecosistemas ligados al agua las actuaciones en materia de protección van encaminadas a la protección de la calidad del agua, de las márgenes, cauces y riberas de los cursos de agua, determinando los lugares en los que sea precisa la instalación de sistemas de depuración.

El PORN permite la utilización de los sistemas acuáticos como recurso para captaciones y como abrevadero para la ganadería existente en la zona. Debido a una sobreexplotación del sistema de la Laguna de Lakanduz, ésta se encuentra bastante degradada tanto paisajísticamente como en sus aspectos funcionales por lo que se hace necesario realizar un estudio de diagnóstico y valoración de la afección.

Por todo lo anteriormente expuesto los objetivos específicos del estudio son:

- Determinar el tipo funcional de humedal al que pertenece la Laguna de Lakanduz. Conocer su régimen hídrico y su ciclo temporal.
- Determinar el estado ecológico de la laguna en el sentido de la probable nueva directiva comunitaria de política ambiental del agua. Evaluar el Estado ambiental del sistema, concepto global que integra la calidad fisicoquímica y biológica de las aguas con la situación de sus riberas y del territorio adyacente.
- Determinar el estado trófico de la Laguna y su evolución temporal. Identificando variaciones en dicho estado y las relaciones causa-efecto.
- Determinar la comunidad macrofítica y de ribera actual y la "potencial" basándonos en la clasificación del tipo funcional al que pertenece la laguna. En estos

momentos la comunidad vegetal del cinturón de la laguna está muy empobrecida por la acción del pastoreo intensivo a que está sometida la laguna.

- Conocer la comunidad característica de la Laguna de Lakanduz a través de la elaboración de un listado de especies de flora y fauna estrictamente acuática (macroinvertebrados, zooplancton y fitoplancton) (hemos tenido en cuenta que se están elaborando estudios de la fauna de anfibios y mamíferos asociados al agua por lo que nos centraremos en los estrictamente acuáticos).

- La caracterización de los diferentes hábitats presentes en la zona de estudio (tipos, localización, rareza, extensión y estado de conservación).

- Identificar las “especies relevantes” si las hubiera de acuerdo con criterios como: estatus de protección, rareza, importancia como indicadores ecológicos o biogeográficos, importancia en la ecología de la laguna

- Proponer medidas para la conservación de las “especies relevantes” a través de la protección de sus hábitats.

- Proporcionar una valiosa información de carácter ambiental, científico que permita incluir esta laguna en el registro de humedales existente.

- Identificar los usos y proponer alternativas.

- Identificar las agresiones que puede sufrir el ecosistema estudiado.

- Determinar las acciones y procesos de gestión necesarios para recuperar el funcionamiento natural de la laguna. Regenerar su funcionalidad.

- Seguimiento de las acciones y evaluación de los resultados que se vayan obteniendo

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterización y cuantificación morfométrica del vaso de la laguna en distintas fases del ciclo hidrológico.

- Espesor de los sedimentos y análisis de los mismos

- Caracterización fisicoquímica de las aguas

- Clasificación de las aguas de acuerdo con las Directivas Comunitarias, ya traspuestas a la legislación española y con la nueva directiva de aguas de la Unión Europea.

- Determinación de los pigmentos fotosintéticos. Clorofila y estado trófico

- Aplicación de Índices para conocer la estructura de las comunidades biológicas con objeto de determinar impactos tanto físicos como químicos.

- Estado de las poblaciones de determinadas especies de gran valor en la fauna de la zona, dada su rareza o vulnerabilidad.

- Establecer las relaciones causa-efecto

4 AREA DE ESTUDIO

La charca o laguna de Lakanduz es un pequeño humedal rodeado de marojal (*Quercus pyrenaica*), ubicado en el Parque Natural de Izki, en el término municipal de Quintana, UTMX 541058 y UTM Y4725267. El ombroclima de la zona es subhúmedo (600-900 mm), pero si la humedad atmosférica aumenta, debido a veces a una pequeña elevación del terreno que da lugar a una umbría, el haya (*Fagus sylvatica*) puede hacerse dominante.

El tocornal o marojal es un bosque en el que penetra bien la luz, y que permite el desarrollo de plantas heliófilas, sobre todo los brezos y la argoma. Tradicionalmente, estos bosques proporcionaban material combustible para los pueblos cercanos, no solo leña, sino también carbón vegetal mediante la práctica del carboneo, de la cual quedan aún vestigios en muchas zonas, incluso en los alrededores de la laguna de Lakanduz. En la cuenca vertiente de la laguna, el estrato arbóreo está dominado por *Quercus pyrenaica*, con más del 80% de cobertura; el haya, también está representada, pero solo es abundante al sur de la laguna, en las laderas orientadas hacia el norte. El estrato arbustivo es poco denso, formado sobre todo por acebo (*Ilex aquifolium*) con un 25% de cobertura; también están representadas otras especies, como la argoma, el brezo y las zarzas, con un 10% cada una. Por lo que respecta al estrato herbáceo, están presentes especies como *Hedera helix*, *Asphodelus albus* (muy llamativo y abundante en primavera), el rosal silvestre y el helecho común.

Según información facilitada por el servicio de guardería del Parque, los carboneros que vivían largas temporadas en estos montes utilizaban la laguna de Lakanduz como una improvisada piscifactoría. Soltaban barbos en la laguna para luego pescarlos, pero mediante una práctica poco convencional: vaciaban la laguna drenándola por su parte norte, por lo que la zona del camino debió tener en un pasado una altura mayor que la actual.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la laguna de Lakanduz se encuentra ubicada en el dominio del sinclinal de Urbasa-Treviño, y en la unidad Urbasa; más en concreto, en su sector occidental y en la subunidad Izki. Los suaves buzamientos y la alternancia de niveles permeables y semipermeables originan en la llanura de Izki amplias zonas encharcadas, sobre todo en periodos de aguas altas. Estas zonas de extensión variable y drenaje lento, con surgencias de tipo difuso, son especialmente numerosas en el sector Izki, donde aparecen asociadas a los niveles detríticos del Campaniense. En la subunidad Izki los niveles acíferos constituyen una extensa llanura estructural con una elevada capacidad de absorción del agua de lluvia, cuyos recursos, en su mayor parte drenan hacia la cuenca del río Izki.

La laguna de Lakanduz se encuentra ubicada en una pequeña vaguada a 754 m de altitud sobre sustratos arenosos del Cretácico Superior (Campaniense), con una litología de materiales detríticos alternantes. La permeabilidad de su cuenca vertiente es alta por porosidad y se encuentra en una zona de vulnerabilidad alta de acuíferos. La recarga de las principales formaciones acuíferas se debe a la precipitación directa del agua de lluvia, pudiendo existir en determinados momentos recargas adicionales por escorrentía superficial o por flujos en materiales infrayacentes.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. RECOGIDA DE MUESTRAS

Se han realizado cuatro muestreos a lo largo del periodo 2000-01 con objeto de caracterizar la laguna de Lakanduz. Dos de ellos, el de invierno y el de verano, han consistido en un **muestreo** denominado “**reducido**”, que incluye:

-medidas *in situ* de profundidad de visión de disco de Secchi, temperatura, oxígeno y % de saturación, pH y conductividad en superficie de la estación que aparece reflejada en la figura 1,

- -toma de muestra de sedimentos en la estación de muestreo, para su posterior determinación en laboratorio de contenido en fósforo total y materia orgánica,
- -toma de muestras de agua en la estación de muestreo, en superficie, para la determinación posterior en laboratorio de la turbidez, del contenido en sólidos en suspensión, formas de fósforo y nitrógeno disueltos, DQO, y contenido en iones mayoritarios.
- También se tomaron muestras para la determinación de la microbiología standard, mesozooplankton (zooplankton mayor de 200 µm) y macroinvertebrados bentónicos.

Los **muestreos** realizados en primavera y otoño, se denominaron “**completos**” e incluyen, además de los parámetros citados en el muestreo “reducido” los siguientes:

- -selección de dos puntos de muestreo para la toma de muestras de aguas en superficie y de sedimento, donde se realizaron todas las medidas *in situ* citadas anteriormente,
- -toma de muestra de agua para la determinación de clorofila “a”,
- -toma de muestra de agua para el análisis del fitoplancton
- -toma de muestra para el análisis del microzooplankton (zooplankton mayor de 80µm)
- -estudio de la flora acuática
- -estudio de la fauna piscícola y de anfibios.

En diciembre del 2000 se colocó una regleta graduada clavada en los sedimentos de la laguna y, gracias a la colaboración del personal de guardería del Parque Natural de Izki, se ha realizado un seguimiento quincenal del nivel de agua de la laguna de Lakanduz. Esto nos ha permitido analizar la variación en volumen de la laguna a lo largo del periodo de estudio.

En el muestreo de mayo también se procedió a realizar:

- -Gradientes longitudinales de las variables medidas *in situ*, excepto el disco de Secchi.
- -Estudio batimétrico de la laguna.

5.2. MÉTODOS ANALÍTICOS

5.2.1. Análisis físicoquímico de las aguas

El pH se determinó *in situ* mediante un pH-metro de bolsillo modelo WTW pH 340-A, con electrodo SenTix 41, con sonda de temperatura incorporada.

El oxígeno, porcentaje de saturación y temperatura, se determinaron *in situ* mediante un oxímetro de bolsillo WTW Oxi 340-A, con sonda de oxígeno Cellox 325.

La conductividad se determinó *in situ* mediante un conductivímetro de bolsillo, WTW LF 340-A, con célula conductimétrica estándar TetraCon 325.

La turbidez se analizó empleando un turbidímetro de la marca JENWAY, modelo 6035.

Para la medida de los sólidos en suspensión (SST) se filtró un volumen determinado de muestra, secándose el precipitado obtenido a 105 °C hasta obtener un peso constante.

La alcalinidad total, los carbonatos y bicarbonatos se determinaron por valoración potenciométrica a punto de equivalencia.

La DQO (Demanda Química de Oxígeno) se halló por el método de oxidación con dicromato a reflujo abierto.

El amoníaco se determinó por destilación y posterior nesslerización.

La cuantificación de los cloruros se hizo por valoración potenciométrica a punto de equivalencia con nitrato de plata.

El análisis de los sulfatos se hizo por turbidimetría.

La determinación de nitratos se hizo por el método de reducción con cadmio. En esta técnica los nitratos son reducidos a nitritos y medidos como tales colorimétricamente. Se resta posteriormente la concentración de nitritos.

Los nitritos se determinaron colorimétricamente.

La cuantificación de los ortofosfatos se llevó a cabo por colorimetría (método del ácido ascórbico).

La cuantificación del fósforo total se llevó a cabo por colorimetría (método del ácido ascórbico) previa digestión ácida de las muestras.

El aluminio, calcio, hierro, magnesio y manganeso se determinaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica en Llama, mientras que el análisis del sodio y potasio se llevó a cabo por Espectrofotometría de Emisión Atómica en Llama.

5.2.2. Análisis microbiológico

Los parámetros microbiológicos se han determinado de acuerdo con el método de filtración por membrana. Las temperaturas y tiempos de incubación utilizados han sido los que figuran en la tabla 2:

PARAMETRO	TIEMPO	TEMPERATURA	MEDIO DE CULTIVO
Coliformes totales	24 horas	35°C	m-Endo
Estreptococos totales	48 horas	35°C	m-Enterococcus agar
Coliformes fecales	24 horas	44°C	m-FC
Estreptococos fecales	48 horas	35°C	m-Enterococcus agar

Tabla 2. Temperaturas, medios de cultivo y tiempos de incubación utilizados en la determinación de las variables microbiológicas.

Para el análisis de *Salmonella* se aplicó el método 9260 B recogido en el libro de referencia (APHA, 1992).

La determinación de *E. coli* se llevó a cabo por el método de filtración con membrana aplicando las diluciones oportunas y los medios de cultivo y temperaturas de incubación adecuadas.

En todos los casos se estima la densidad en "UFC", unidades formadoras de colonias.

5.2.3. Análisis fisicoquímico de los sedimentos

Para el análisis de la materia orgánica primeramente se secó una porción del lodo a 105°C hasta pesada constante. La materia orgánica se determinó entonces por calcinación del residuo obtenido a 550°C.

La cuantificación del fósforo total se llevó a cabo por colorimetría (método del ácido ascórbico) previa digestión ácida de la muestra. Previamente a su análisis la muestra se dejó secar al aire, triturándose en un molino analítico hasta obtener un polvo fino.

5.2.4. Análisis biológicos

Se realizaron tres réplicas por muestra para el análisis de la clorofila y los resultados que se presentan son la media de las tres determinaciones. Primero se filtró un volumen determinado sobre filtros de fibra de vidrio; después para la extracción del pigmento se utilizó acetona al 90% y tras la centrifugación de la muestra, la clorofila se determinó mediante espectrofotometría. Para el cálculo final se utilizaron las fórmulas descritas en la metodología 10200 H (APHA, 1992).

Las muestras de fitoplancton se tomaron en botes topacio de 250 ml y se fijaron con Lugol. La identificación se realizó con un microscopio invertido, previa sedimentación de un volumen pequeño en cámaras especiales, según el procedimiento de Utermöhl.

Para la toma de muestras de zooplancton se utilizaron dos tipos de redes, una de tamaño de poro de 80µm para la captura de microzooplancton, y otra de 200µm para el mesozooplancton. Se realizó un arrastre horizontal de las redes determinando el volumen de agua filtrada, procediendo posteriormente a la identificación y conteo de los organismos del zooplancton mediante con un microscopio estereoscópico.

Para la recogida de muestras de invertebrados bentónicos se utilizó la Red Kicker, que se consideran la más idónea para este tipo de calados. La red Kick (kicker) está compuesta por un armazón metálico de forma rectangular cuyas medidas son 25 cm x 20,5 cm, al

que se le acopla un mango de 1,5 m de longitud. Al armazón va unida una red de nylon de 50 cm de longitud y 500 µm de tamaño de poro **según Norma ISO 7828, 8689-1 y 8265**. El procedimiento de recogida es el habitual de Anbiotek (Anbiotek, 1993) y la recogida de muestras se realizó cubriendo diferentes hábitats.

5.3. INDICES Y MODELOS APLICADOS

Para la definición del estado trófico de la laguna se han considerado los rangos que aparecen reflejados en las tablas 3 y 4.

ESTADO TROFICO

Tabla 3. Clasificación trófica basada en límites fijos propuesta por la OCDE (1982).

	<i>PT (mg/m³)</i>	<i>Chl a (mg/m³)</i>	<i>Chl max (mg/m³)</i>	<i>Secchi (m)</i>
Ultra-oligotrófico	<4	<1	<2,5	>12
Oligotrófico	<10	<2,5	<8	>6
Mesotrófico	10-35	2,5-8	8-25	6-3
Eutrófico	35-100	8-25	25-75	3-1,5
Hipereutrófico	>100	>25	>75	<1,5

Tabla 4. Indicadores planctónicos del grado de eutrofia.

<i>PARAMETRO</i>	<i>OLIGOTROFIA</i>	<i>MESOTROFIA</i>	<i>EUTROFIA</i>
Fitoplancton (cel/ml)	<2000	2000-15000	>15000
Rotíferos (ind/l)	0-10	10-250	>250
Microcrustáceos (ind/l)	0-1	1-25	>25

ESTADO ECOLÓGICO

La Directiva 2000/60 establece como objetivo alcanzar el buen estado ecológico en todas las masas de agua superficial, considerando a los indicadores biológicos como los indicadores base que permiten determinar el grado de cumplimiento de este objetivo.

Las calificaciones de calidad biológica que se obtengan del análisis de los indicadores biológicos se expresarán sobre una escala de cinco niveles que reflejen los diferentes niveles de estado ecológico indicados por la Directiva 2000/60. Las variables objeto de estudio serán las siguientes:

Fauna bentónica de invertebrados

Índice BMWP'

A pesar de que es un índice desarrollado para ríos aplicaremos el índice biótico BMWP' (*Biological Monitoring Working Party*) de Hellawell, modificado por Alba y Sánchez (1988) para la Península Ibérica, con objeto de comparación entre épocas y estaciones de muestreo. El índice se computa sumando las puntuaciones asignadas a los distintos

taxones encontrados en las muestras de macroinvertebrados y que se citan en una lista elaborada al respecto. La mayor o menor puntuación asignada a un taxón está en función de su mayor o menor sensibilidad a la contaminación orgánica y al déficit de oxígeno que este tipo de contaminación suele provocar en la mayor parte de los ríos.

La clasificación de las aguas según este índice aparece en la Tabla que se muestra a continuación. Adquiere, por lo general, valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica, no suele superar 200. Se establecen 6 clases de calidad para el agua (las dos primeras clases pertenecen al grupo de aguas no contaminadas).

Clase	Valor	Significado	Color
Ia	>120	Aguas muy limpias	Azul
Ib	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de manera sensible	Azul
II	61-100	Crítica: son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	36-60	Aguas contaminadas. Mala calidad	Amarillo
IV	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Clasificación de estado ecológico de las aguas a partir del BMWP'

En relación a su uso como indicador de la calidad del agua, la limitación principal de este índice, es que clasifica las aguas por ausencia de contaminación, preferentemente de tipo orgánico, o por el grado de existencia de este tipo de contaminación. Lo que realmente mide el BMWP' es una característica ecológica del ecosistema fluvial, más significativa que la limpieza del agua, como es la presencia de un determinado grupo de taxones en la estructura de la comunidad.

La relación entre el índice BMWP' observado en campo y el valor del mismo definido como umbral para su tipo y región biogeográfica específica del tramo estudiado nos da el EQR que interviene en la diagnosis del Estado ecológico. **No se puede calcular el EQR, que es el estado ecológico del sistema para este indicador, ya que no se dispone de valores de referencia para humedales.**

$$EQR = \frac{RMWP^{Ob}}{RMWP^{R}}$$

Este índice biótico computa otra expresión denominada ASPT que es el valor del índice dividido por el número de taxones que puntúan. **Da una idea de la relación entre taxones tolerantes y sensibles que es una de las maneras en que la D.M. dice que hay que expresar los resultados**

6. RESULTADOS

6.1. MORFOMETRÍA Y BATIMETRÍA

6.1.1. Morfometría

La laguna de Lakanduz ocupa una depresión del terreno con una forma ovalada (figura 1), siendo su eje mayor de 67 m, su anchura máxima de 28 m y su perímetro de 171,3 m. Los principales parámetros morfométricos aparecen reflejados en la tabla 1. Las fórmulas aplicadas para su cálculo se encuentran en los manuales citados en la bibliografía (Hutchinson, 1957; Wetzel, 1981; Wetzel & Likens, 1991).

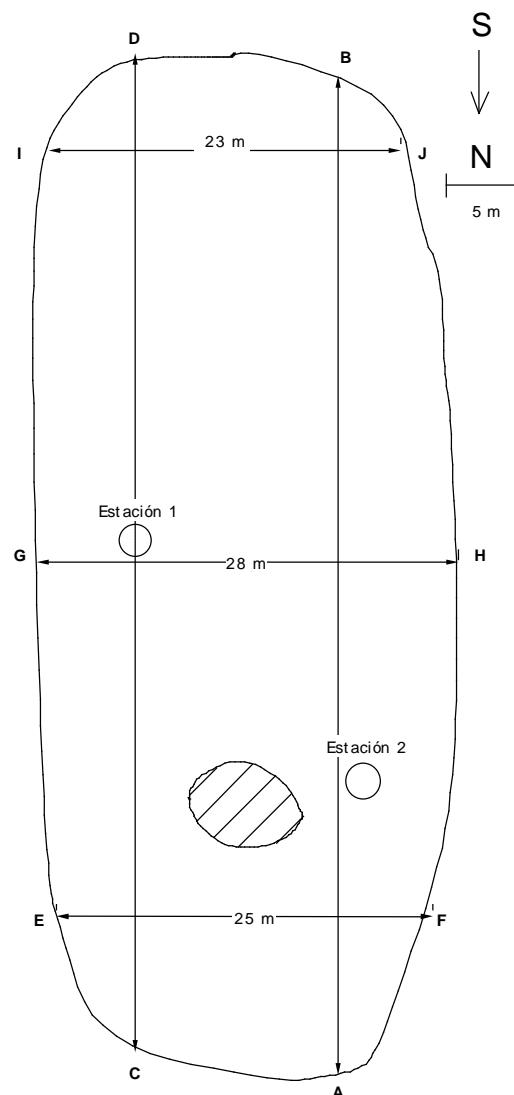


Figura 1. Dibujo en planta de la laguna de Lakanduz. Se señalan las dos estaciones de muestreo y la situación de una pequeña isla o zona más somera con vegetación enraizada.

La profundidad relativa de una masa de agua (Z_r) se expresa como porcentaje del diámetro medio de la laguna. Cuando la profundidad relativa supera el 4%, indica que la masa de agua es bastante estanca o estable en lo que a movilidad interna se refiere. La

laguna de Lakanduz tiene un valor de Z_r de 2,36 %, lo que indica que es un sistema somero más bien inestable.

El desarrollo del perímetro (DL) compara el perímetro real con el de una circunferencia de igual área; un valor de 1 se encuentra en lagos circulares, mientras que un valor superior a 2 indica un alto desarrollo de costa, que refleja un elevado potencial para el desarrollo de comunidades litorales. La laguna de Lakanduz presenta un valor de 1,17, lo que refleja su carácter semicircular. Cuanto mayor sea el desarrollo perimetral de una masa de agua mayor será su capacidad potencial para albergar biodiversidad, representada no solamente por densidad de aves acuáticas, sino también de otros grupos biológicos como peces, batracios, invertebrados, vegetación acuática, etc.

El desarrollo de volumen (Dv) es una expresión parecida a la relación entre el volumen de la laguna y el de un cono con el área basal A y la altura Z_m , presentado la laguna de Lakanduz un valor de 1,9. El coeficiente de conicidad de la laguna (z/Z_m) muestra un valor elevado, de 0,64, superior al 0,33 indicativo de una depresión cónica.

Tabla 5. Principales parámetros morfométricos de la laguna de Lakanduz.

VOLUMEN MÁXIMO (AGUA LIBRE DE SEDIMENTOS) (m ³)	800
VOLUMEN MÁXIMO (INCLUIDOS SEDIMENTOS) (m ³)	1300
AREA SUPERFICIAL MÁXIMA, A (m ²)	1710
PROFUNDIDAD MÁXIMA, ZM (m)	1,10
PROFUNDIDAD MEDIA, Z (m)	0,7
PROFUNDIDAD RELATIVA, ZR %	2,36
LONGITUD MÁXIMA (m)	67
ANCHURA MÁXIMA (m)	28
PERÍMETRO (m)	171,3
DESARROLLO DEL PERÍMETRO, DL	1,17
DESARROLLO DEL VOLUMEN, DV	1,9
COCIENTE Z:ZM	0,64

Otro índice morfométrico es el que define la relación entre la longitud máxima respecto a la longitud del lado de un cuadrado de área equivalente, o índice de alargamiento medio de Caquot (Ca). [La laguna de Lakanduz tiene un Ca de 1,62, lo que indica que es una laguna semicircular.](#)

6.1.2. Batimetría

En el muestreo de mayo de 2001 se realizó un estudio batimétrico de la laguna a lo largo de dos transectos longitudinales y tres transversales. Para ello se utilizó una embarcación tipo Zodiac pero sin motor (ver fotografías) y una vara graduada en centímetros que se iba introduciendo hasta tocar el sedimento (profundidad de agua libre), introduciéndose después hasta donde era posible (profundidad total de la cubeta). Con estos perfiles batimétricos se han establecido las profundidades de varias curvas de nivel, que definen áreas a distintas profundidades. Las superficies se trazaron y digitalizaron, realizándose el cálculo de sus áreas y del volumen contenido entre cada dos curvas de nivel. Los datos aparecen reflejados en las figuras 2 y 3.

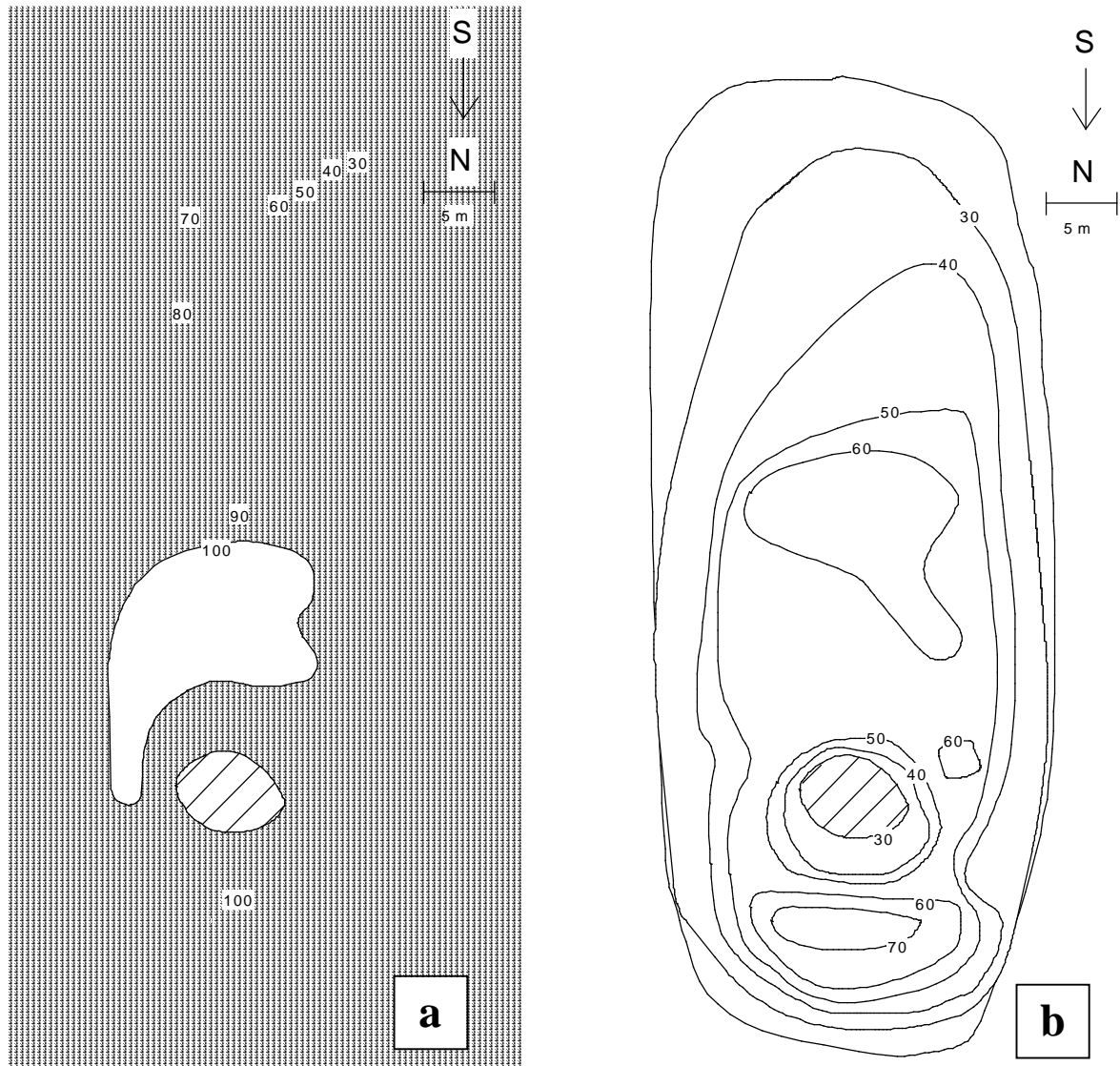


Figura 2. A la izquierda (a), batimetría de la cubeta de la laguna de Lakanduz; a la derecha (b), batimetría del volumen de agua libre de sedimentos. Las isolíneas se reflejan en centímetros.

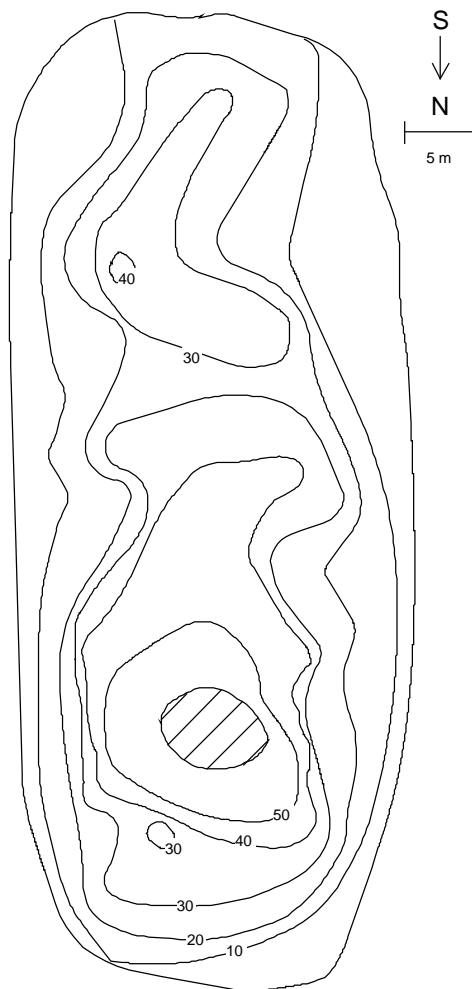


Figura 3. Batimetría de los sedimentos de la laguna de Lakanduz. Las isolíneas se reflejan en centímetros.

La máxima profundidad de agua libre es de 75 cm, siendo la profundidad de la capa de sedimentos superior a los 50 cm en algunos puntos. Como se puede observar en las figuras anteriores, se trata de una laguna somera con una profundidad media de la columna de agua de unos 42 cm, siendo el espesor medio de su sedimento cercano a los 24 cm. El volumen de la cubeta ocupado por sedimentos es de 500 m³, volumen que puede aumentar progresivamente dado que la materia orgánica procedente de la vegetación acuática se acumula en el fondo; esta materia orgánica no se descompone totalmente debido a las condiciones de anoxia que se dan en los sedimentos y a la acidez de sus aguas.

A continuación se muestran las figuras que representan los datos tomados en campo durante la realización de los transectos longitudinales y transversales (Figuras 4, 5 y 6).

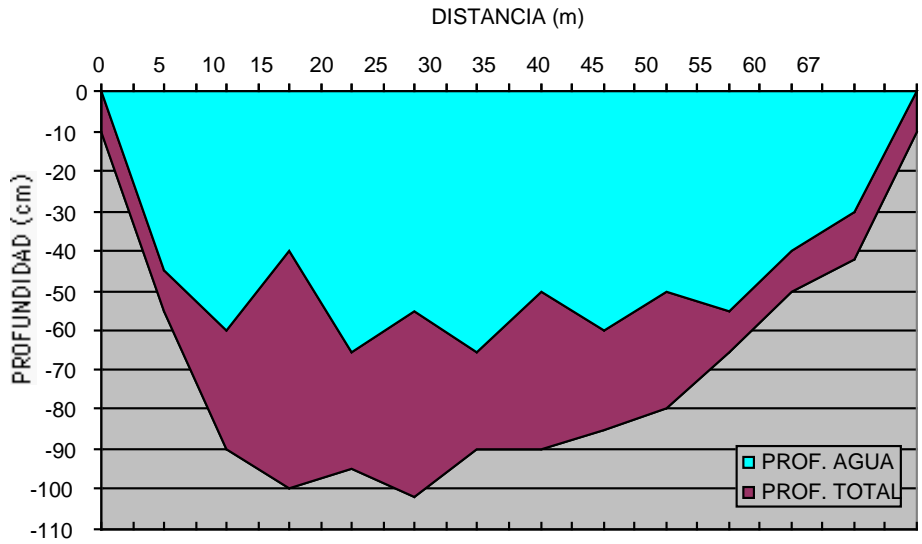


Figura 4. Perfil longitudinal desde el punto A al B (ver figura 1) realizado a partir de los datos de mayo de 2001 en la laguna de Lakanduz.

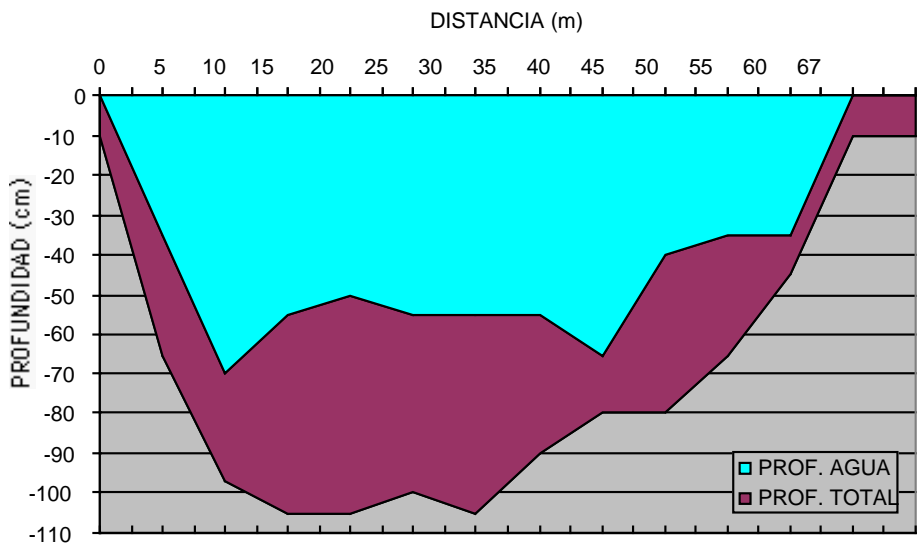


Figura 5. Perfil longitudinal desde el punto C al D (ver figura 1) realizado a partir de los datos de mayo de 2001 en la laguna de Lakanduz.

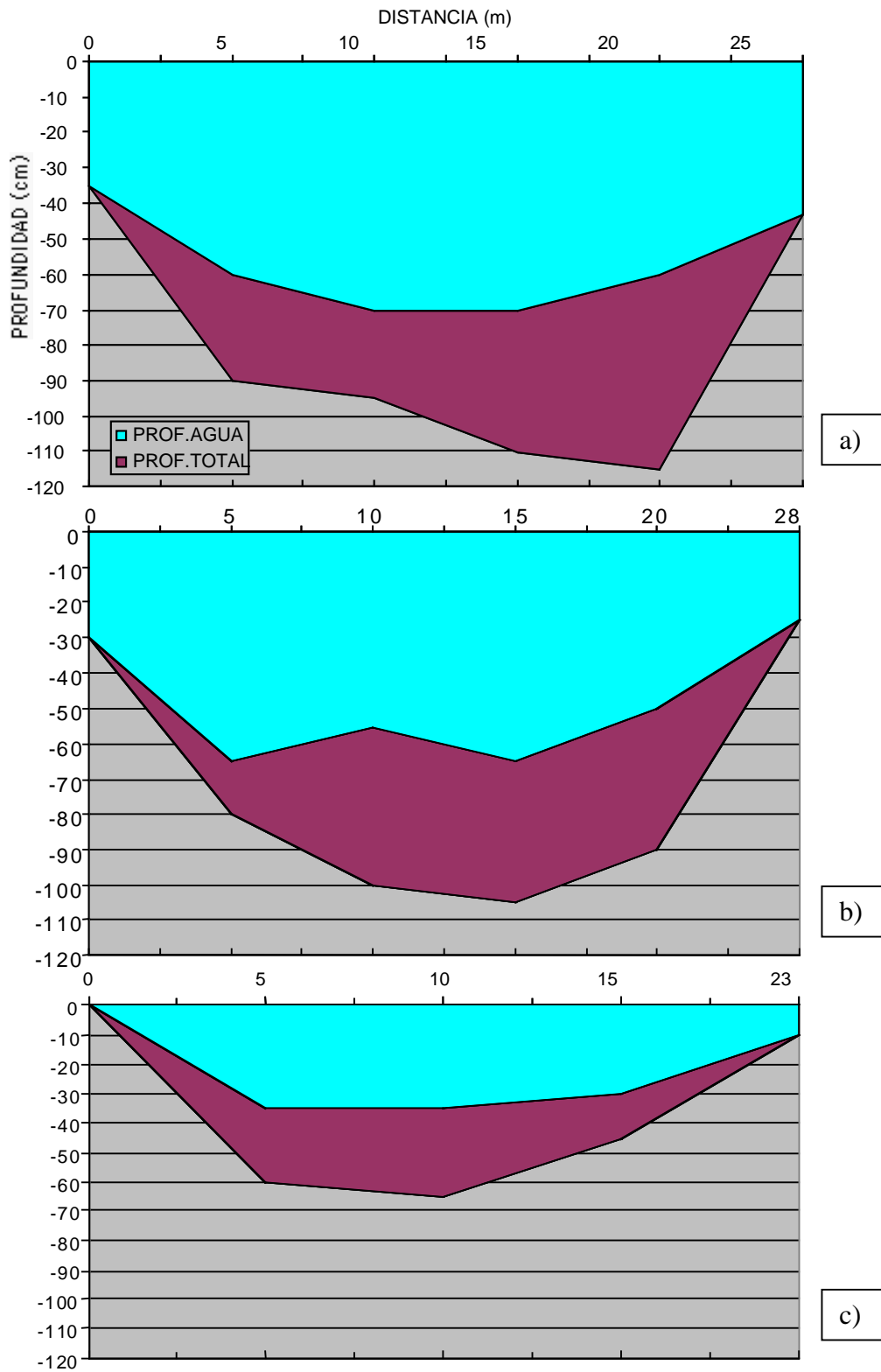


Figura 6. Perfiles transversales; a) desde el punto E al F ; b) del G al H; c) del punto I al J (ver figura 1) realizado a partir de los datos de mayo de 2001 en la laguna de Lakanduz.

La ecuación de regresión que relaciona el volumen total de la cubeta de la laguna de Lakanduz con la profundidad es la siguiente:

$$Y = -8,111 + 2,361 * X + 0,078 * X^2 ; R^2 = 1$$

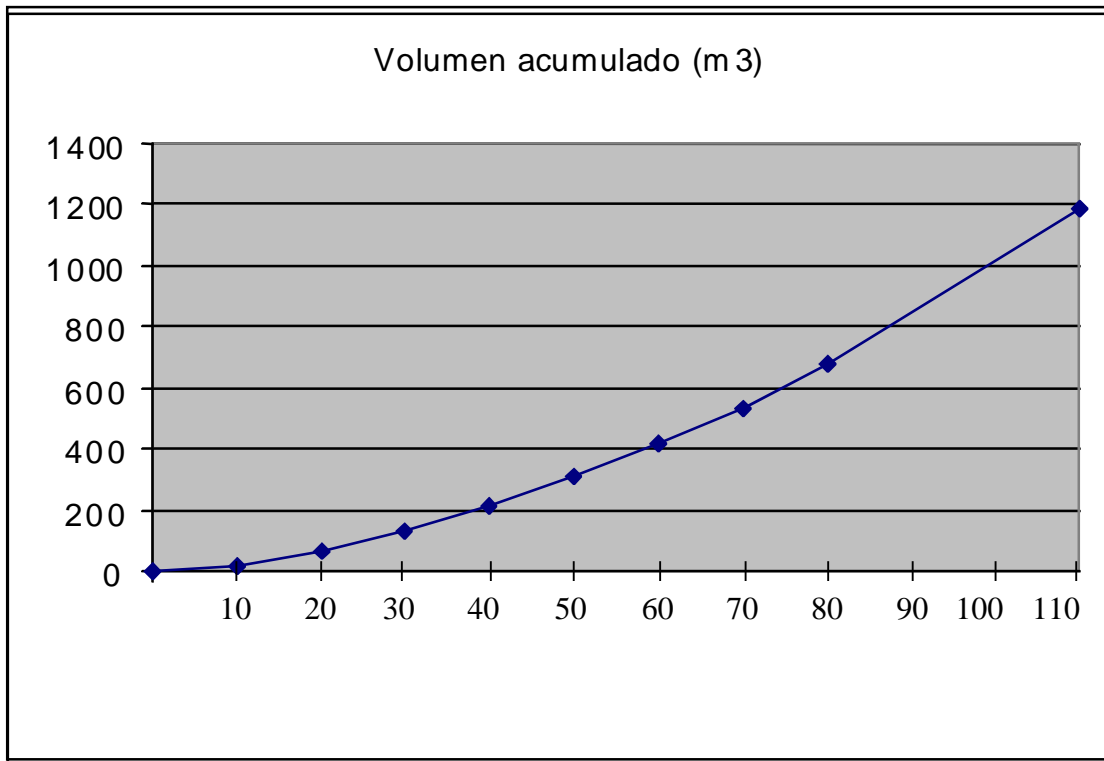


Figura 7. Variación de volumen de la cubeta de la laguna de Lakanduz en función de la profundidad en centímetros desde el fondo (Datos de mayo de 2001).

Como se puede observar en la figura 7, la disminución del volumen es regular a medida que aumenta la profundidad.

6.1.3. Régimen hídrico

El volumen máximo de agua libre de la laguna de Lakanduz es de unos 800 m³, mientras que la cubeta (incluido el volumen ocupado por los sedimentos) cuenta con 1300 m³ de capacidad. La oscilación del volumen de la laguna a lo largo del periodo de estudio se presenta en las figuras 8 y 9. Cabe destacar la notable disminución de volumen durante el estiaje, si bien no llegó a secarse en su totalidad.

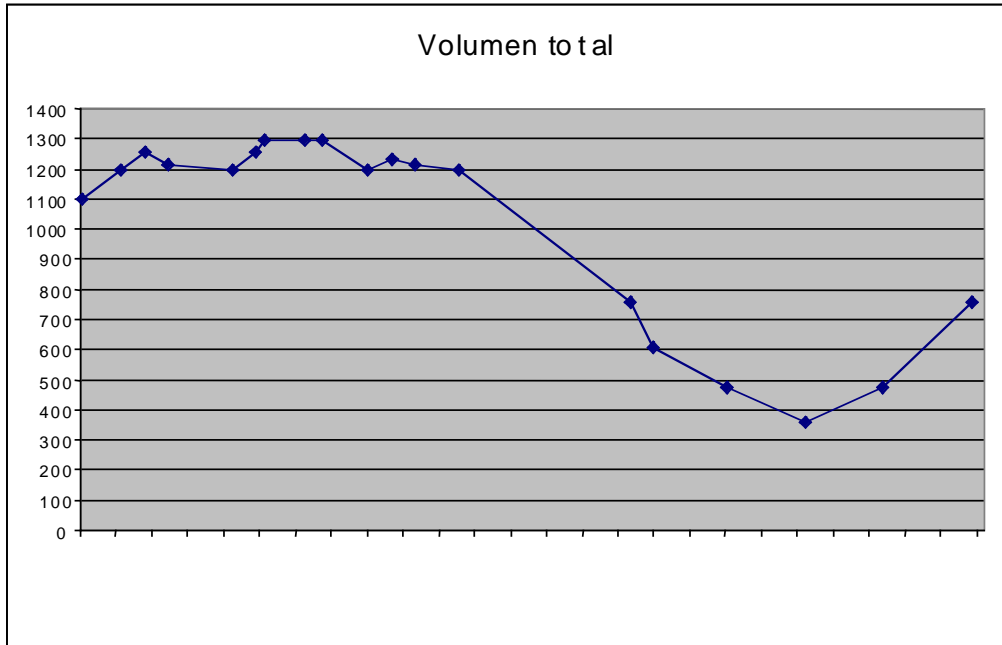


Figura 8. Oscilación del volumen total (m³) de la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio.

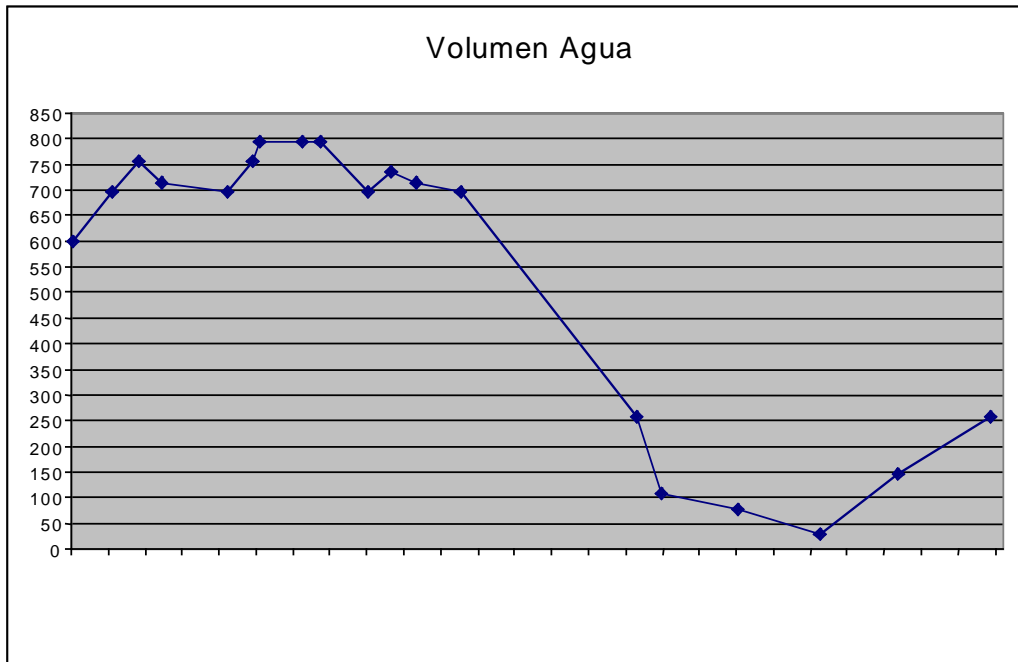


Figura 9. Oscilación del volumen de agua libre (m³) de la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio.

6.1.4. Climatología y Balance Hídrico

La estación meteorológica de Navarrete, ubicada a 689 m.s.n.m. (UTMX 539174, UTM Y 4720716) es la más próxima a la laguna de Lakanduz, pertenece a la Red del Gobierno Vasco y los datos que a continuación se presentan (figura 10) fueron facilitados por el Servicio de Meteorología del Gobierno Vasco.

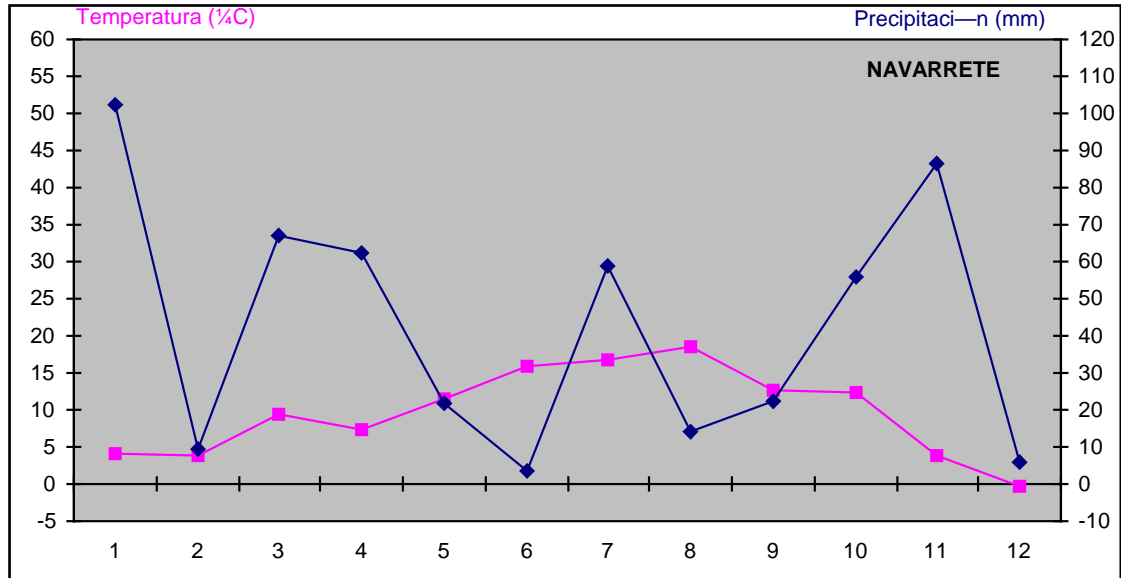


Figura 10. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica de Navarrete a lo largo de los 12 meses del año 2001.

Es de destacar la existencia de un periodo seco en verano, cuando la línea de la precipitación cae por debajo de la de las temperaturas (meses de junio y agosto); sin embargo, en julio de 2001 con un importante aporte de lluvias, esta sequía estival se supera transitoriamente.

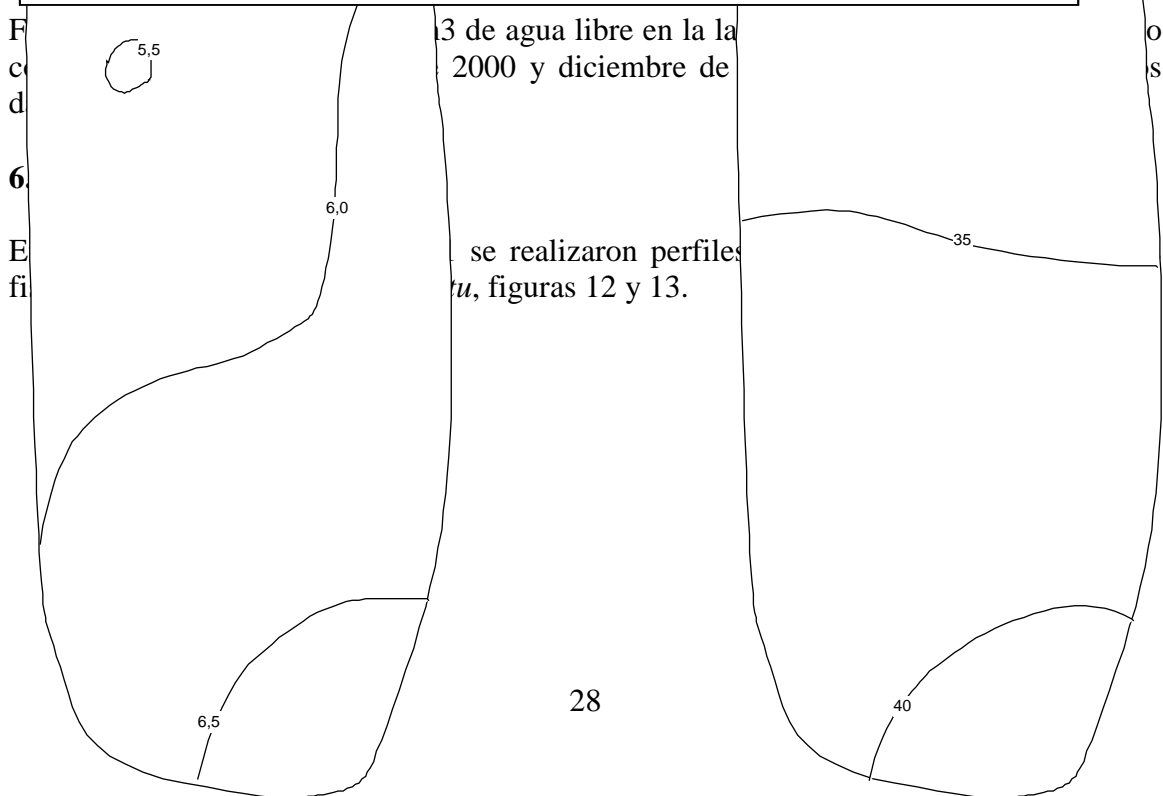
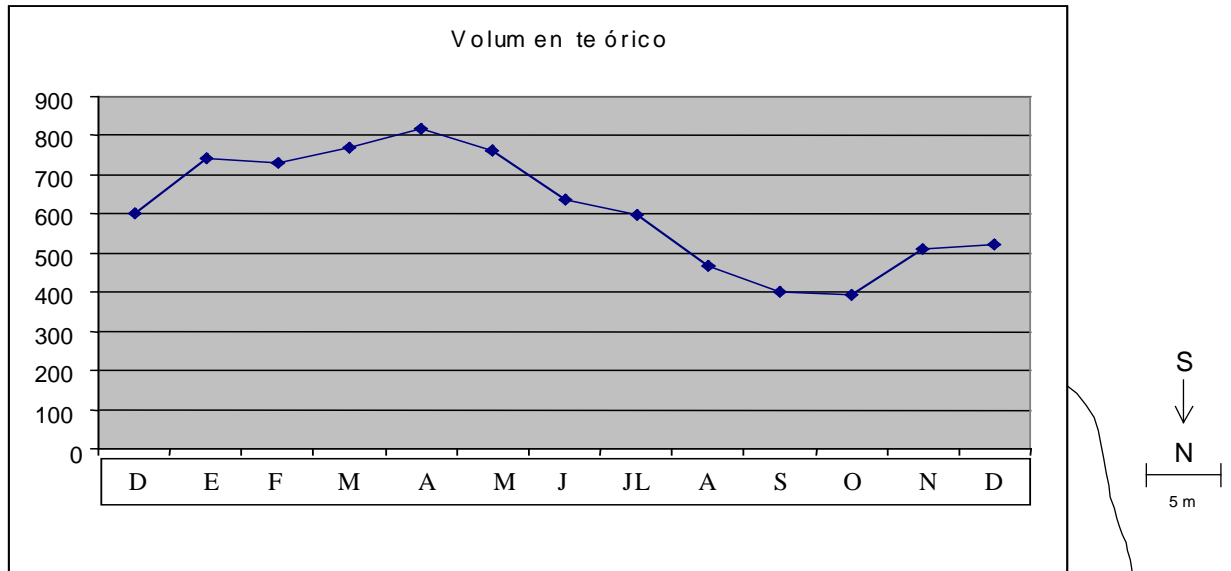
A partir de los datos climáticos y las fórmulas disponibles en la bibliografía se ha realizado una aproximación teórica al volumen esperado en la laguna de Lakanduz. Partiendo de un volumen inicial en diciembre del 2000 de 600 m³, se ha calculado el aporte directo de lluvia sobre la superficie de la laguna restándole la pérdida por evaporación. Si comparamos la figura 11, donde se representa la variación de este volumen teórico, con la oscilación a lo largo del periodo de estudio del volumen de agua estimado a partir de los datos de campo (figura 9), podemos observar una dinámica muy similar. Este paralelismo indica una relación directa entre el aporte por parte de la precipitación y la oscilación anual del volumen de la laguna. Por lo tanto, parece probable que el origen principal del agua de Lakanduz es el aportado por las lluvias, sin descartar que pueda haber infiltraciones horizontales (tanto de aporte como de pérdidas) de estratos permeables o acuíferos próximos.

La diferencia entre el volumen mínimo teórico esperado en verano (unos 400 m³) y el estimado realmente (unos 24 m³) puede deberse a una mayor pérdida por infiltraciones laterales en un periodo de mayor déficit hídrico edáfico, junto al consumo directo por parte del ganado, que utiliza en verano esta laguna como abrevadero.

Tabla 6. Temperatura (°C) y Precipitación (mm) registrada en la estación meteorológica de Navarrete. Evapotranspiración potencial (Ep, mm/mes), calculada según el método de Thornthwaite (*) y Volumen teórico (m³).

Mes	Temp. Media	p.m.m.	Ep (mm/mes)	Vol. (m3)
enero	4,2	102,1	18,48	742,98
febrero	3,8	9,5	16,90	730,33
marzo	9,4	66,8	43,99	769,34
abril	7,3	62,5	33,57	818,81
mayo	11,5	21,6	54,76	762,12
junio	15,8	3,8	77,10	636,77
julio	16,6	59,1	81,76	598,03
agosto	18,4	14,1	91,12	466,32
septiembre	12,6	22,2	60,54	400,75
octubre	12,4	55,6	59,61	393,89
noviembre	3,9	86,4	17,25	512,15
diciembre	-0,1	5,9	0,00	522,24

*Ep=16(10T/I)^a T= temperatura media mensual I=Σ(T/5)^{1,5}
 a= 0,492+0,0175 I-0,0000771 I²+0,000000675 I³



pH

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Figura 12. Perfiles superficiales medidos *in situ* en la laguna de Lakanduz en mayo de 2001.

Por lo que respecta al pH, conductividad y temperatura se puede apreciar un ligero gradiente de norte a sur de la laguna, con valores más elevados en la zona norte. Esta zona norte es la parte de la laguna abierta a la pista de acceso y por donde accede principalmente el ganado, asimismo en circunstancias de aguas altas, también sería la zona por donde se produciría el desbordamiento de la laguna.

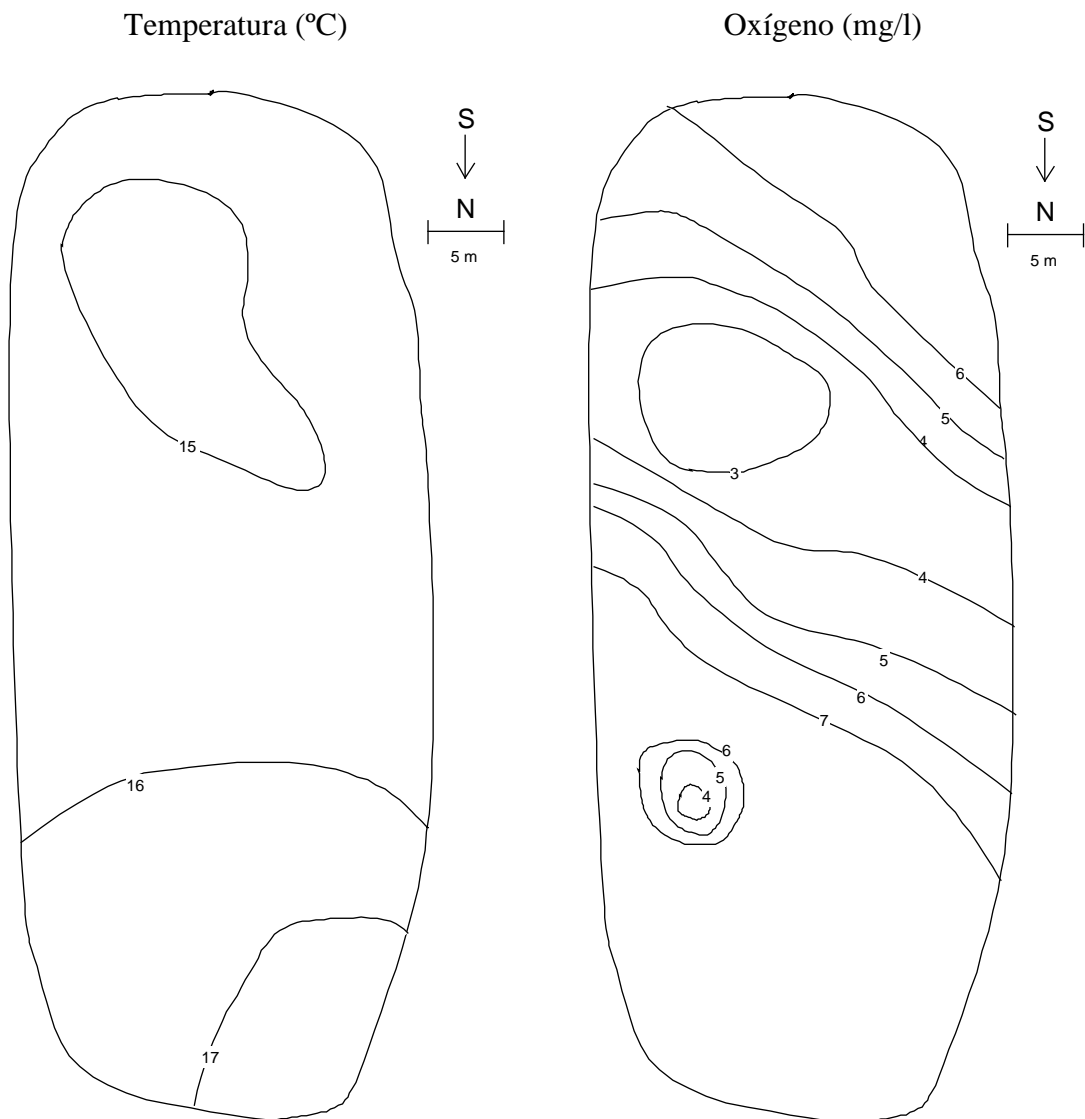


Figura 13. Perfiles superficiales medidos *in situ* en la laguna de Lakanduz en mayo de 2001.

La variación superficial del oxígeno muestra un gradiente en el que se reflejan dos zonas con valores mínimos de oxígeno en superficie, zonas que en el muestreo de mayo contaban con una cubierta de vegetación acuática importante. Es de destacar, sobre todo, la variación importante en el nivel de oxígeno superficial en la laguna, desde valores inferiores a 3 mg/l hasta niveles superiores a 7 mg/l. La fuente de oxígeno en las aguas es la producción primaria interna y la difusión de la atmósfera, así en zonas donde abunda la vegetación acuática, el efecto de pantalla puede disminuir notablemente la proliferación de las algas microscópicas y la turbulencia superficial que facilite la difusión desde la atmósfera.

6.2. CAMPAÑAS DE MUESTREO

Con el objeto de detectar la variabilidad estacional de los parámetros analizados y la evolución anual de los mismos se han realizado cuatro muestreos a lo largo del periodo de estudio:

21-12-2000, muestreo de invierno
15-05-2001, muestreo de primavera
23-07-2001, muestreo de verano
04-12-2001, muestreo de otoño

6.2.1. Muestreo de invierno (21-12-00)

Parámetros fisicoquímicos

En el muestreo de diciembre del año 2000, se tomaron muestras de agua únicamente en superficie y en la estación 1 (Figura 1). Las variables determinadas *in situ* se reflejan en la tabla XX.

Tabla 7. Variables fisicoquímicas determinadas *in situ* el 21-12-00 en la laguna de Lakanduz.

PARAMETRO	ESTACIÓN 1
Temperatura aire (°C)	11,5
Temperatura agua (°C)	5,2
Oxígeno (mg/l)	2,2
% Saturación	28
pH	6,5
Conductividad (µS/cm)	67
Profundidad de disco de Secchi (cm)	23
Profundidad de agua (cm)	58
Profundidad total(cm)	100
Espesor de sedimentos (cm)	42

Las aguas presentaban una coloración terrosa y un aspecto muy turbio, con hojarasca en descomposición y sólidos inorgánicos en suspensión. En la tabla 8 se presentan los datos de las variables físico-químicas determinadas en laboratorio a partir de la muestra de agua tomada en este muestreo de diciembre.

Son aguas de mineralización muy débil, ácidas y que en esta época del año, presentan baja concentración de oxígeno. Hay que destacar en este muestreo la elevada presencia de materia orgánica, como se refleja por el valor de la DQO (73,9 mg O₂/l), que expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de las sustancias orgánicas (biodegradables o no) presentes en el agua. Así mismo, la concentración de las formas inorgánicas de nitrógeno son elevadas.

Tabla 8. Parámetros físico-químicos de la muestra de agua tomada en la laguna de Lakanduz el 21-12-00 en la estación 1.

PARAMETRO	ESTACIÓN 1
Turbidez, NTU	7,75
SST, mg/l	38,5
Alcalinidad, mgCaCO₃/l	23,1
DQO, mg O₂/l	73,9
Amoniaco, mg N-NH₃/l	2,65
Nitratos, mg N-NO₃/l	1,05
Nitritos, mg N-NO₂/l	0,011
Ortofosfatos, mg P-PO₄/l	0,054
Fósforo total, mg P/l	0,07

Sedimentos

En cuanto al sedimento, se tomó una muestra en el fondo de la estación 1, que presentaba un 48,4% de materia orgánica y un 14,4 % de fósforo total.

Parámetros microbiológicos

En conjunto, se considera a los coliformes como indicadores de contaminación, ya que indican la existencia de heces humanas o animales, aunque algunos son saprofitos de vida libre. La presencia de *Escherichia coli*, coliformes fecales y/o estreptococos fecales indica la existencia de contaminación fecal. Ciertas bacterias de hábitat fecal, también pueden provocar infecciones severas, como es el caso de las *Salmonella*, responsables de las fiebres tifoideas.

En el muestreo de diciembre de 2000 se realizó el siguiente análisis microbiológico que aparece reflejado en la tabla 9. No se detectaron Estreptococos fecales y el nivel de coliformes encontrado fue muy bajo.

Tabla 9. Parámetros microbiológicos analizados en el agua de la estación 1 en diciembre de 2000.

PARAMETRO	ESTACIÓN 1
Coliformes totales, UFC/100 ml	210
Coliformes fecales, UFC/100 ml	50
Estreptococos fecales, UFC/100 ml	0

Parámetros biológicos

Zooplancton

Se tomó una muestra de mesozooplancton (zooplancton >200µm) en la estación 1 de muestreo (figura 1). Los resultados aparecen reflejados en la tabla 10.

Tabla 10. Composición (ind/m³) y abundancia (%) zooplanctónica en la laguna de Lakanduz en el muestreo de diciembre de 2001. Muestra tomada con red de 200µm.

GRUPO /Especie	(ind/m ³)	ABUNDANCIA (%)
OSTRACODA	438	58,55
Cypria ophtalmica	438	
CLADOCERA	97	12,96
Daphnia hyalina var. lacustris	8	
Chydorus sphaericus	65	
Simosa vetula	20	
Cladoceros inmaduros	4	
COPEPODA	211	28,20
Cyclopoida		
Diacyclops bicuspidatus	12	
Copepoditos	22	
Harpacticoida		
Canthocamptus sthaphylinus	8	
Copepoditos	1	
Nauplius	168	
NEMATODA	2	0,26
TOTAL	748	

El zooplancton de agua dulce está formado generalmente por el grupo de los rotíferos y crustáceos, representado este último por cladóceros y copépodos. Sin embargo, en el muestreo de invierno, el grupo más importante corresponde a los ostrácodos (58,5%); son éstos un tipo de pequeños crustáceos cuyo cuerpo está cubierto por un caparazón de dos valvas y que viven normalmente cerca del fondo, alimentándose de las partículas del sedimento. Algunas especies nadan con facilidad y pueden ir a parar a las muestras de plancton, sobre todo en sistemas poco profundos, como es el caso de la laguna de Lakanduz, donde se puede considerar que la zona litoral se extiende por todo el humedal, sin existir una zona pelágica o bentónica definida. Los harpacticoides son crustáceos de cuerpo alargado, cuyas especies de agua dulce son bentónicas, habitan zonas litorales y medios intersticiales; junto con los nemátodos, forman la fracción más importante del bentos pequeño.

Macrobentos

Tabla 11. Listado taxonómico y cuantificación de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de invierno (21-12-00).

ANNELIDA	
OLIGOCHAETA	78
INSECTA	
EPHEMEROPTERA	
BAETIDAE	
Cloëon sp.	5
ODONATA	
Zygoptera	78
COENAGRIONIDAE	
DIPTERA	
CHIRONOMIDAE	
Chironominae	546
CHAOBORIDAE	78

Tabla 12. Índices y grupos tróficos de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de invierno (21-12-00).

INDICE BMWP´	13	ASPT´	3,25
Total táxones	5	Total individuos /m ²	785
GRUPOS TRÓFICOS (%)			
Fragmentadores	0	Depredadores	40
Frag detritívoros	0	Depred engullidores	40
Otros frag.	0	Depred chupadores	0
Raspadores	20	Chupadores herbívoros	0
Recolectores	40	parásitos	0
Recol filtradores	20		
Recol detritófagos	20		

6.2.2. Muestreo de primavera (17-5-01)

Parámetros fisicoquímicos

En la campaña de mayo se seleccionaron dos puntos de muestreo, uno en una de las zonas más profundas (Estación 1) y otro, próximo a la orilla (Estación 2) (figura 1). En ambos se midieron las variables *in situ* en superficie, determinándose también la temperatura y oxígeno en el fondo (tabla 13). También se tomaron muestras de agua en superficie para la analítica de las variables fisicoquímicas.

Tabla 13. Variables fisicoquímicas determinadas *in situ* el 17-5-01 en la laguna de Lakanduz.

PARAMETRO	Estación 1	Estación 1	Estación 2	Estación 2
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Temperatura (°C)	15,2	14,5	17,2	15,2
Oxígeno (mg/l)	7,2	1,3	6,4	3,9
% Saturación	81	15	72	44
pH	5,9		6,2	
Conductividad (µS/cm)	37		38,2	
Secchi (cm)	40		30	
Prof. Agua (cm)	55		30	
Prof. Total (cm)	90		55	
Espesor Sedimentos (cm)	35		25	

Es de destacar la oscilación térmica existente (a pesar de la escasa profundidad) entre superficie y fondo en ambas estaciones, siendo ésta más acusada en la estación 2 situada en la orilla. Respecto al gradiente de oxígeno, la concentración en superficie es más elevada en ambas estaciones, detectándose los niveles más bajos a 55 cm de profundidad en la estación 1 (la más profunda).

La conductividad es muy baja y la estación más profunda es la más clara, tal como reflejan los valores de turbidez y de profundidad de visión del disco de Secchi.

En la tabla 14 se presentan los datos de las variables fisicoquímicas determinadas en laboratorio a partir de las dos muestras de agua superficial tomadas en este muestreo de mayo.

Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua tomadas en la laguna de Lakanduz el 17-5-01 en las estaciones 1 y 2.

PARAMETRO	Estación 1	Estación 2	Valor medio
Turbidez, NTU	4,94	7,6	6,27
SST, mg/l	29,6	33,6	31,6
Alcalinidad total, mg CaCO ₃ /l	12	12,4	12,2
Carbonatos, mg CaCO ₃ /l	0	0	0
Bicarbonatos, mg HCO ₃ /l	12	12,4	12,2
DQO, mg O ₂ /l	86,2	125	105,6
Amoniaco, mg N-NH ₃ /l	<0,15	<0,15	<0,15
Cloruros, mg Cl/l	<0,8	<0,8	<0,8
Sulfatos, mg SO ₄ /l	<5,0	<5,0	<5,0
Nitratos, mg N-NO ₃ /l	<0,09	0,15	0,12
Nitritos, mg N-NO ₂ /l	<0,003	<0,003	<0,003
Ortofosfatos, mg P-PO ₄ /l	<0,02	<0,02	<0,02
Fósforo total, mg P/l	<0,20	<0,20	<0,20
Calcio, mg Ca/l	5,20	5,02	5,11
Magnesio, mg Mg/l	0,890	0,945	0,917
Sodio, mg Na/l	2,23	1,94	2,085
Potasio, mg K/l	2,46	2,66	2,56
Aluminio, mg Al/l	0,4	0,4	0,4

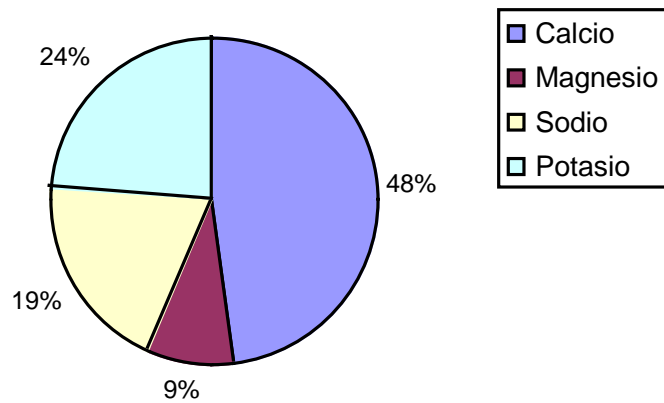
Hierro, mg Fe/l	1,28	1,37	1,325
Manganeso, mg Mn/l	0,264	0,305	0,284

Las formas analizadas de fósforo y nitrógeno se encuentran en baja concentración; los metales aluminio y hierro, tienen una presencia significativa en las aguas, alcanzando concentraciones medias de 1,325 mg Fe/l y 0,4 mg Al/l. La presencia de manganeso, también indica la existencia de condiciones reductoras, con un valor medio de 0,284 mg Mn/l.

Respecto a la variación entre las dos estaciones, únicamente destacar el mayor contenido en sólidos en suspensión totales, turbidez, DQO y nitratos que presenta la estación 2, donde su carácter más somero y la proximidad de los sedimentos, fácilmente resuspendibles, pueden explicar esta variación.

Hay que señalar también la baja concentración de nutrientes de este sistema, lo que denota su estado natural y baja mineralización. Las aguas se pueden clasificar como bicarbonatadas cálcicas (Figuras 14 y 15).

Figura 14. Porcentaje de la composición iónica en mg/l de los principales cationes en la



laguna de Lakanduz en mayo de 2001.

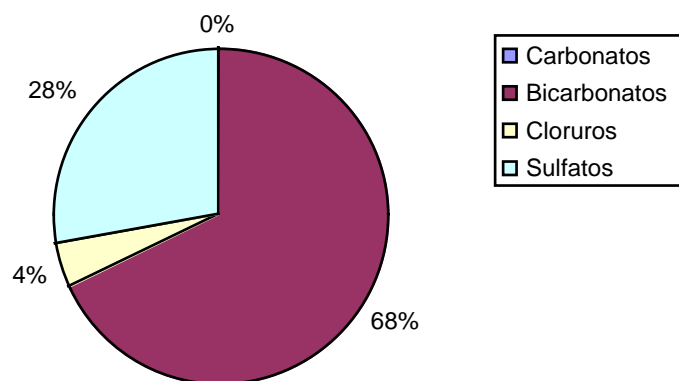


Figura 15. Porcentaje de la composición iónica en mg/l de los principales aniones en la laguna de Lakanduz en mayo de 2001.

Sedimentos

En cuanto al sedimento, en mayo se tomó una muestra en el fondo de la estación 1, que presentaba un 37,6% de materia orgánica y un 0,044 % de fósforo total.

Parámetros microbiológicos

En el muestreo de mayo se tomaron muestras para el análisis microbiológico en las dos estaciones señaladas en la figura 1. En esta época se constató la presencia de ganado vacuno en las inmediaciones del humedal, con presencia de heces y pisoteo en las orillas (FOTO XX). Como reflejan los resultados (Tabla 15) no se detectó presencia de *Salmonella*, pero sí de *E. coli*, así como gran abundancia de coliformes.

Tabla 15. Parámetros microbiológicos analizados en el agua de la laguna de Lakanduz en mayo de 2001.

	Estación 1	Estación 2	Valores medios
Coliformes totales, UFC/100 ml	9350	8970	9160
Estreptococos totales, UFC/100 ml	<10	20	25
E. coli, UFC/100 ml	300	100	200
Salmonella, aus/pres/200 ml	ausencia	ausencia	ausencia

Parámetros biológicos

Clorofila a

En el muestreo de mayo se determinaron los valores de clorofila *a* en las dos estaciones muestreadas, obteniéndose los valores de 133,3 y 173,5 µg/l para la estación 1 y 2, respectivamente. Estos valores no se corresponden con la baja densidad fitoplanctónica encontrada en esta misma época; así pues, podemos señalar que los valores de clorofila están sobreestimados, al incluir probablemente clorofila detrítica de origen macrofito o algal bentónico.

Fitoplancton

En el muestreo completo de mayo se incluyó el estudio del fitoplancton, los resultados aparecen reflejados en la tabla 16 y en la figura 16. En primavera, el grupo dominante corresponde a los dinoflagelados, con una abundancia superior al 70%.

Tabla 16. Composición (cel/ml) y abundancia (%) fitoplanctónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de mayo de 2001.

FAMILIA /Género	Estación 1 (cel/ml)	Estación 2 (cel/ml)	Media (cel/ml)	Abundancia (%)
CRIFTOFICEAS	18	3	10,5	0,25
Cryptomonas erosa	9			

Rhodomonas minuta	9	3		
CRISOFICEAS	570	514	542	13,15
Mallomonas sp.	228	114		
Pequeños flagelados	342	400		
DINOFLAGELADOS	2892	3220	3056	74,16
Peridinium willei	470	442		
Glenodiniopsis steinii	2422	2778		
CLOROFICEAS	70	228	149	3,62
Ankistrodesmus sp.	42	86		
Closterium sp.	14	114		
Chlamydomonas sp.	14	28		
EUGLENOFICEAS	313	413	363	8,81
Trachelomonas sp.	285	342		
Euglena sp.	14	14		
Phacus sp.	14	57		
TOTAL (cel/ml)	3863	4378	4120,5	

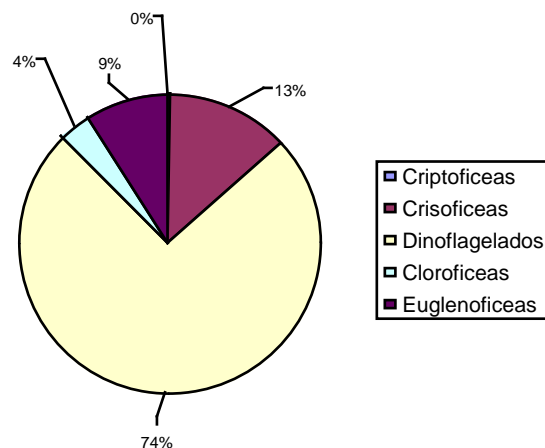


Figura 16. Abundancia relativa de los principales componentes fitoplanctónicos en la laguna de Lakanduz en mayo de 2001.

El fitoplancton de Lakanduz es indicador de aguas ligeramente eutróficas, ácidas y con hierro.

Zooplancton

Se tomaron muestras de mesozooplancton (con una red de 200µm) y microzooplancton (con red de 80µm) en las dos estaciones de muestreo de la laguna. Los resultados aparecen reflejados en la tabla 17 y 18.

Tabla 17. Composición (ind/m³) y abundancia (%) zooplanctónica en la laguna de Lakanduz en el muestreo de mayo de 2001. Muestras tomadas con red de 200µm.

GRUPO /Especie	Estación 1 (ind/m3)	Estación 2 (ind/m3)	Media (ind/m3)	ABUNDANCIA (%)
OSTRACODA	85	364	225	35,32
Cypria ophtalmica	85	364		
CLADOCERA	300	270	285	44,74
Chydorus sphaericus	284	247		
Simosa vetula	16	8		
Cladoceros inmaduros		15		
COPEPODA	151	97	124	19,47
Cyclopoida				
Acanthocyclops americanus	27	13		
Paracyclops fimbriatus	115	50		
Nauplius	9	34		
NEMATODA		5	3	0,47
TOTAL			637	

Los grupos más abundantes del mesozooplancton son los cladóceros, con más del 44%, junto con los ostrácodos, que alcanzan el 35% de abundancia relativa. Respecto a las formas zooplanctónicas mayores de 80µm o microzooplancton destacan sobretodo los copépodos harpacticoides con más del 80% de abundancia relativa, y el grupo de los rotíferos, con gran diversidad y un 13% de abundancia.

Tabla 18. Composición (ind/m3) y abundancia (%) zooplanctónica en la laguna de Lakanduz en el muestreo de mayo de 2001. Muestras tomadas con red de 80µm.

GRUPO /Especie	Estación 1 (ind/m3)	Estación 2 (ind/m3)	Media (ind/m3)	ABUNDANCIA (%)
OSTRACODA	158	372	265	0,6
Cypria ophtalmica	59			
Juveniles	99	372		
CLADOCERA	217	57	137	0,3
Chydorus sphaericus	217	57		
COPEPODA	18364	56088	37006	83,9
Cyclopoida				
Copepoditos	227			
Harpacticoida				
Copepoditos	10			
Nauplius	18127	56088		
ROTATORIA	3022	8651	5837	13,2
Trichotria pocillum	20	86		

Synchaeta pectinata	268	3438		
Epiphanes clavulata	753	172		
Keratella testudo	1029	3208		
Ascomorpha ecaudis	505	945		
Mytilina mucronata		229		
Lepadella		57		
Otros rotíferos	179	115		
Huevos de rotíferos	268	401		
TINTINNIDA (Protozoos)	10	57	34	0,08
Tintinniopsis	10	57		
NEMATODA	375	1203	789	1,8
Huevos	375	1203		
TOTAL			43931	

Macrobentos

En la campaña de primavera se tomaron dos muestras de macroinvertebrados bentónicos: la primera (M1) coincide con la estación 1 de toma de muestra de agua y es la estación con mayor profundidad; la segunda (M2) se tomo en la zona más somera de la orilla sur de la laguna, con el objeto de reflejar, si existía, una diversidad zonal de macroinvertebrados entre la zona litoral y la más profunda.

Tabla 19. Listado taxonómico y cuantificación de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de primavera (17-05-01). Estación M1.

TAXONES	Ind/m ²
<u>INSECTA</u>	
ODONATA	
Zygoptera	
LESTIDAE	208
Anisoptera	
AESCHNIDAE	7
DIPTERA	
CHIRONOMIDAE	
Orthoclaadiinae	7
Chironominae	4163
CHAOBORIDAE	7

Tabla 20. Indices y grupos tróficos de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de primavera (17-05-01). Estación M1.

Índice BMWP'	18	ASPT'	6
Total táxones	5	Total individuos /m ²	4392
GRUPOS TRÓFICOS (%)			
Fragmentadores	0	Depredadores	60

Frag detrítivos	0	Depred engullidores	60
Otros frag.	0	Depred chupadores	0
Raspadores	0	Chupadores herbívoros	0
Recolectores	40	parásitos	0
Recol filtradores	40		
Recol detritófagos	0		

Tabla 21. Listado taxonómico y cuantificación de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de primavera (17-05-01). Estación M2.

TAXONES	Ind/m ²
<u>INSECTA</u>	
<u>EPHEMEROPTERA</u>	
<u>BAETIDAE</u>	
Cloëon sp.	7
<u>DIPTERA</u>	
<u>CHIRONOMIDAE</u>	
Orthoclaadiinae	416
Chironominae	2706

Tabla 22. Índices y grupos tróficos de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de primavera (17-05-01). Estación M2.

Índice BMWP'	6	ASPT'	3
Total táxones	3	Total individuos /m ²	3129
GRUPOS TRÓFICOS (%)			
Fragmentadores	0	Depredadores	0
Frag detrítivos	0	Depred engullidores	0
Otros frag.	0	Depred chupadores	0
Raspadores	33	Chupadores herbívoros	0
Recolectores	67	parásitos	0
Recol filtradores	67		
Recol detritófagos	0		

6.2.3. Muestreo de verano (23-7-01)

Parámetros fisicoquímicos

En el muestreo de julio del año 2001, se tomaron muestras de agua superficiales, únicamente en la estación más profunda. Las variables determinadas *in situ* se reflejan en la tabla 23.

Tabla 23. Variables fisico-químicas determinadas *in situ* el 23-7-01 en la laguna de Lakanduz. Punto de muestreo 1.

PARAMETRO	ESTACIÓN 1
Temperatura aire (°C)	22
Temperatura agua (°C)	17,3
Oxígeno (mg/l)	1,8
% Saturación	23
pH	6,05
Conductividad (µS/cm)	80
Profundidad de disco de Secchi (cm)	26 cm
Profundidad de agua (cm)	45 cm
Profundidad total(cm)	70 cm
Espesor de sedimentos (cm)	25 cm

Las aguas presentaban una coloración terrosa y un aspecto muy turbio, con gran cantidad de vegetación en descomposición y sólidos en suspensión. En la tabla 24 se presentan los datos de las variables fisicoquímicas determinadas en laboratorio a partir de la muestra de agua tomada en este muestreo de julio.

La conductividad de las aguas en esta época es superior respecto a muestreos anteriores, aunque se mantiene en el rango de aguas de mineralización muy débil; por el contrario, la cantidad de oxígeno disuelto ha disminuido notablemente, debido probablemente a la descomposición de la vegetación acuática. Es de destacar la baja concentración de oxígeno en superficie, por lo que la anoxia en el fondo y en los sedimentos es, sin duda, la tónica general. *Las aguas son ácidas y respecto a su composición iónica, bicarbonatadas cálcicas (Figura 16 y 17).*

Tabla 24 Parámetros fisico-químicos de la muestra de agua tomada en la laguna de Lakanduz el 23-7-01.

PARAMETRO	ESTACIÓN 1
Turbidez, NTU	17,6
SST, mg/l	85,2
Alcalinidad total, mg CaCO3/l	19,8
Carbonatos, mg CaCO3/l	0
Bicarbonatos, mg HCO3/l	19,8
DQO, mg O2/l	73,3
Amoniaco, mg N-NH3/l	0,25
Cloruros, mg Cl/l	1,5
Sulfatos, mg SO4/l	7,3
Nitratos, mg N-NO3/l	0,11
Nitritos, mg N-NO2/l	<0,003
Ortofosfatos, mg P-PO4/l	0,020
Fósforo total, mg P/l	0,25

Calcio, mg Ca/l	6,7
Magnesio, mg Mg/l	1,4
Sodio, mg Na/l	3,54
Potasio, mg K/l	6,34
Aluminio, mg Al/l	0,035
Hierro, mg Fe/l	0,55
Manganeso, mg Mn/l	0,448

En esta campaña es notable la disminución de oxígeno de las aguas de la laguna, sin embargo, las concentraciones de hierro y aluminio son menores que en primavera. Esto puede deberse a la acumulación de estos metales en el sedimento a lo largo de la primavera y parte del verano, ya que pueden precipitar junto con el fósforo. Por el contrario, la concentración de manganeso aumenta, lo que está acorde con las mayores condiciones reductoras de la laguna en verano.

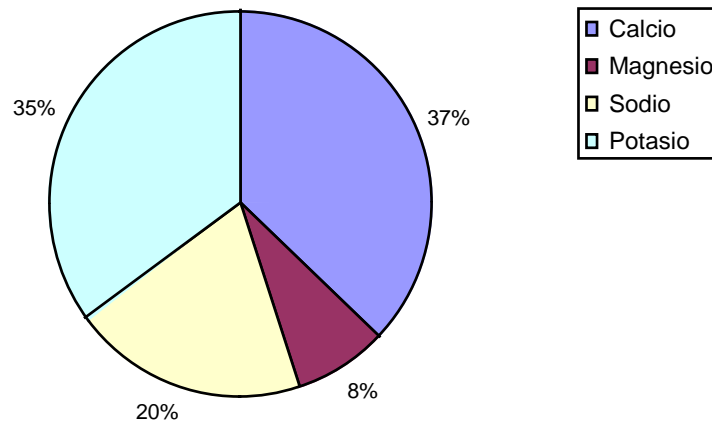


Figura 16. Porcentaje de la composición iónica en mg/l de los principales cationes en la laguna de Lakanduz en julio de 2001.

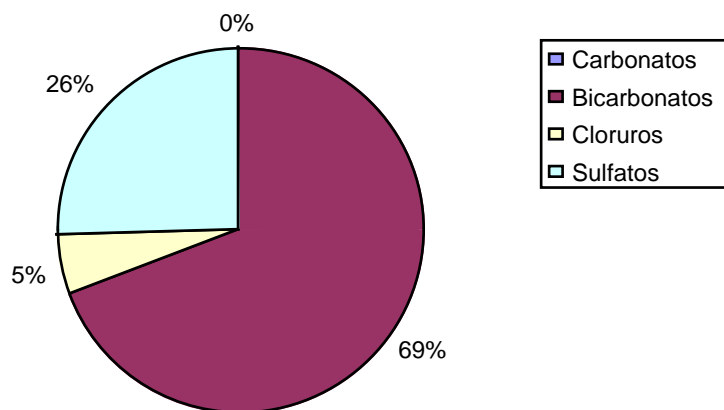


Figura 17. Porcentaje de la composición iónica en mg/l de los principales aniones en la laguna de Lakanduz en julio de 2001.

Sedimentos

El análisis del sedimento en el fondo de la estación 1 en julio refleja un porcentaje de materia orgánica del 43,7% y 0,096% de fósforo total.

Parámetros microbiológicos

En julio, el volumen de agua de la laguna era menor que en primavera, siendo también notable la presencia de ganado en las inmediaciones. En esta ocasión, los estreptococos totales y *E.coli* tienen una presencia reducida, pero la cantidad de coliformes totales es la mayor detectada durante el periodo de estudio.

Tabla 25. Parámetros microbiológicos analizados en el agua de la laguna de Lakanduz en julio de 2001.

	<i>Estación 1</i>
Coliformes totales, UFC/100 ml	209000
Estreptococos totales, UFC/100 ml	30
E. coli, UFC/100 ml	18

Parámetros biológicos

Zooplancton

Se tomó una muestra de mesozooplancton (zooplancton >200µm) en la estación 1 de muestreo. Los resultados aparecen reflejados en la tabla 26.

Tabla 26. Composición (ind/m³) y abundancia (%) zooplanctónica en la laguna de Lakanduz en el muestreo de julio de 2001. Muestra tomada con red de 200µm.

GRUPO /Especie	(ind/m³)	ABUNDANCIA (%)
CLADOCERA	14610	98,9
<i>Simocephalus vetulus</i>	13934	
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	189	
<i>Chydorus sphaericus</i>	487	
COPEPODA	162	1,1
<i>Megacyclops viridis</i>	162	
TOTAL	14772	

En verano, el dominio de los cladóceros es claro, con una representación superior al 90% de una especie del género *Simocephalus*, principalmente litoral; *Chydorus sphaericus* es una especie muy común y *Ceriodaphnia* puebla principalmente aguas de pequeño volumen o poco profundas, como es el caso de la laguna de Lakanduz.

Macrobentos

Tabla 27. Listado taxonómico y cuantificación de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de verano (23-07-01).

TAXONES	Ind/m ²
INSECTA	
EPHEMEROPTERA	
BAETIDAE	
Cloëon sp.	104
PLECOPTERA	
LEUCTRIDAE	
Leuctra sp.	104
HETEROPTERA	
NOTONECTIDAE	104
DIPTERA	
CHIRONOMIDAE	
Orthocladiinae	312
Chironominae	1457
CHIRONOMIDAE no determinados	104

Tabla 28. Índices y grupos tróficos de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de verano (23-07-01).

Índice BMWP'	19	ASPT'	4,75
Total táxones	6	Total individuos /m ²	2185
GRUPOS TRÓFICOS (%)			
Fragmentadores	17	Depredadores	17
Frag detritívoros	0	Depred engullidores	0
Otros frag.	17	Depred chupadores	17
Raspadores	17	Chupadores herbívoros	0
Recolectores	50	parásitos	0
Recol filtradores	50		
Recol detritófagos	0		

5.2.3. Muestreo de otoño (04-12-01)

Parámetros físico-químicos

En esta campaña de muestreo la laguna presentaba una profundidad escasa por lo que solo se muestreo en una única estación (Estación 1). Se midieron las variables de campo *in situ* en superficie, y la temperatura y oxígeno también en el fondo (Tabla 29).

A pesar de que en el mes de noviembre hubo copiosas nevadas que incluso llegaron a cubrir la zona con más de 50 cm de nieve, el nivel de agua de la laguna en esta época era bajo, con sólo 43 cm de agua en la zona más profunda. Además, la presencia de

vegetación acuática era general en toda la superficie de la laguna, haciendo difícil la toma de muestras de agua sin partículas vegetales o sedimento resuspendido.

A lo largo del verano la laguna fue disminuyendo su volumen debido al estiaje y la zona donde teníamos clavado el palo graduado para medir periódicamente la altura de las aguas, quedó seca. Sin embargo, la zona más profunda mantuvo un pequeño volumen (estimado en unos 24 m³, a partir de la batimetría realizada en primavera).

Tabla 29. Variables fisico-químicas determinadas *in situ* el 04-12-01 en la laguna de Lakanduz.

PARAMETRO	Estación 1 Superficie	Estación 1 Fondo
Temperatura aire (°C)	11,2	
Temperatura agua (°C)	5	4,4
Oxígeno (mg/l)	2,08	1,48
% Saturación	16,9	12
pH	6,03	
Conductividad (µS/cm)	60,1	
Profundidad de disco de Secchi (cm)	25 cm	
Profundidad de agua (cm)	43 cm	
Profundidad total(cm)	83 cm	
Espesor de sedimentos (cm)	40 cm	

El nivel de oxigenación de las aguas es bajo, debido probablemente a la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal acumulada a lo largo del periodo productivo. La conductividad es algo menor que en verano y se detecta un espesor mayor de sedimentos y restos vegetales depositados en el fondo, donde las condiciones anóxicas son evidentes.

Tabla 30. Parámetros fisico-químicos de la muestra de agua tomada en la laguna de Lakanduz el 4-12-01.

PARAMETRO	ESTACIÓN 1
Turbidez, NTU	18,9
SST, mg/l	45,0
Alcalinidad total, mg CaCO ₃ /l	15
Carbonatos, mg CaCO ₃ /l	0
Bicarbonatos, mg HCO ₃ /l	15
DQO, mg O ₂ /l	46,6
Amoniaco, mg N-NH ₄ /l	0,434
Cloruros, mg Cl/l	4,57
Sulfatos, mg SO ₄ /l	14,6
Nitratos, mg N-NO ₃ /l	0,05
Nitritos, mg N-NO ₂ /l	<0,010
Ortofosfatos, mg P-PO ₄ /l	<0,080
Fósforo total, mg P/l	<0,08
Calcio, mg Ca/l	3,06

Magnesio, mg Mg/l	0,889
Sodio, mg Na/l	4,97
Potasio, mg K/l	4,49
Aluminio, mg Al/l	<0,010
Hierro, mg Fe/l	0,630
Manganeso, mg Mn/l	0,313

La mayoría de los parámetros analizados presentan unos valores similares a los encontrados en campañas anteriores; si bien, hay que destacar el caso de la concentración de cloruros y sulfatos, que presentan en esta época valores notablemente más altos, mientras que el calcio disminuye de forma considerable su concentración. Los sulfatos pueden tener un origen en la oxidación de los sulfuros que derivan de la descomposición de la materia orgánica presente en la cubeta. Mientras que los cloruros, al igual que el sodio, procede principalmente del aporte de la lluvia, que tras la sequía del verano ha servido para recuperar las aguas de Lakanduz. Así pues, las aguas en esta época se pueden clasificar como bicarbonatadas sódicas.

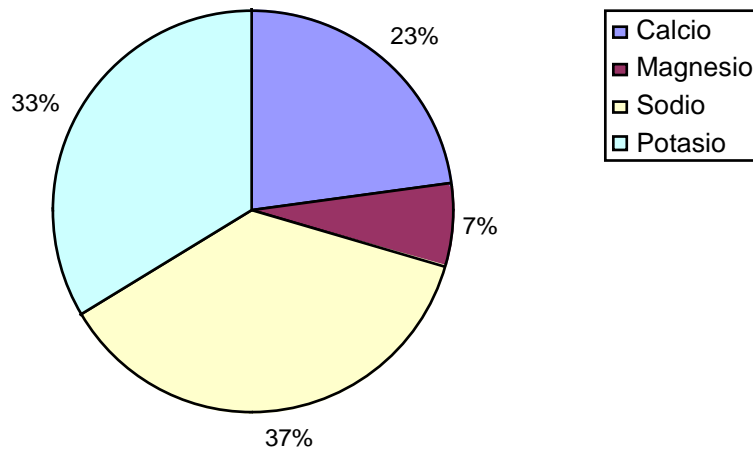


Figura 18. Porcentaje de la composición iónica en mg/l de los principales cationes en la laguna de Lakanduz en otoño de 2001.

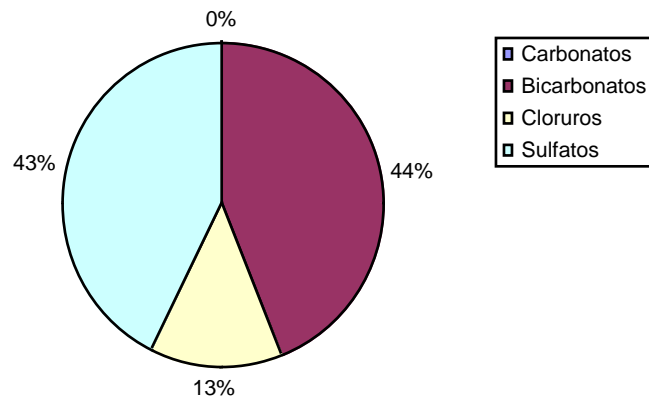


Figura 19. Porcentaje de la composición iónica en mg/l de los principales aniones en la laguna de Lakanduz en otoño de 2001.

En otoño, la concentración de aluminio es la menor detectada en todo el periodo de estudio; el hierro y el manganeso, dado que se mantienen las condiciones reductoras, tienen unas concentraciones similares a las encontradas en verano.

Sedimentos

El análisis del sedimento en el fondo de la estación 1 en otoño refleja un porcentaje de materia orgánica del 16,1% y 0,002% de fósforo total.

Parámetros microbiológicos

En otoño de 2001 se realizó el análisis microbiológico que aparece reflejado en la tabla 31. *No se detectaron Estreptococos ni Salmonella y el nivel de coliformes fue muy inferior al encontrado en los muestreos de primavera y verano.*

Tabla 31. Parámetros microbiológicos analizados en el agua de la laguna de Lakanduz en otoño de 2001.

	<i>Estación 1</i>
Coliformes totales, UFC/100 ml	4100
Estreptococos totales, UFC/100 ml	Ausencia
Estreptococos fecales, UFC/100 ml	Ausencia
E. coli, UFC/100 ml	16
Salmonella, aus/pres/200 ml	Ausencia

Parámetros biológicos

Clorofila a

En el muestreo de otoño la cantidad de clorofila *a* en la estación 1 fue de 11,27 µg / l.

Fitoplancton

En el muestreo completo de otoño se incluyó el estudio del fitoplancton, los resultados aparecen reflejados en la tabla XX y figura XX.

Tabla 32. Composición (cel/ml) y abundancia (%) fitoplanctónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de otoño de 2001.

FAMILIA /Género	Estación 1 (cel/ml)	Abundancia (%)
CRIFTOFICEAS	71	8,31
Cryptomonas erosa	68	
Rhodomonas minuta	3	
CRISOFICEAS	525	61,47
Mallomonas sp.	3	
Mallomonas akrokomos	2	
Pequeños flagelados	520	
DINOFLAGELADOS	12	1,40
Peridinium willei	1	
Glenodiniopsis steinii	11	
DIATOMEAS	199	23,30
Pinnularia sp.	1	
Diatomeas varias	198	
CLOROFICEAS	41	4,80
Ankistrodesmus sp.	34	
Closterium sp.	6	
Volvox sp.	1	
DESMIDIACEAS	2	0,23
Pleurotaenium sp.	2	
EUGLENOFICEAS	9	1,05
Trachelomonas sp.	6	
Euglena sp.	3	
TOTAL (cel/ml)	854	

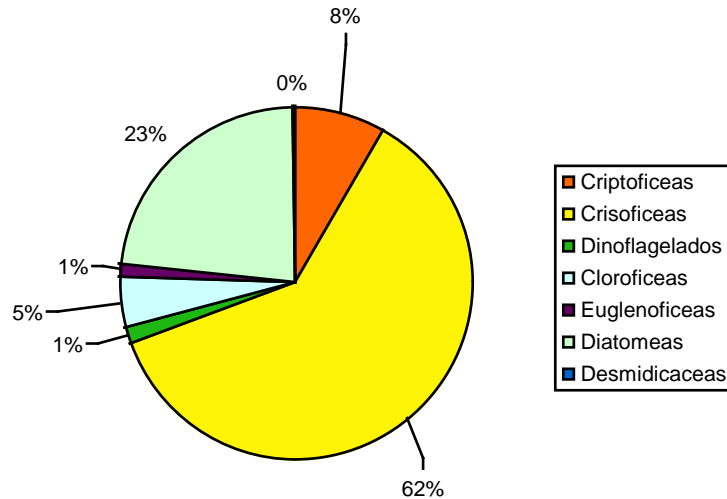


Figura 20. Abundancia relativa de los principales componentes fitoplanctónicos en la laguna de Lakanduz en otoño de 2001.

En otoño, el fitoplancton de la laguna de Lakanduz es poco representativo (hay muy pocas especies típicamente planctónicas), está formado casi principalmente por pequeñas algas flageladas (crisofíceas) y diatomeas bentónicas. La densidad total de células es baja, y la biomasa muy baja si se tiene en cuenta el tamaño de las especies que forman el plancton.

La concentración de clorofila que correspondería a esta densidad de fitoplancton es del orden de 1-2 mg/m³; sin embargo, la presencia de abundante material detrítico de origen vegetal (restos de macrófitos) puede ser la causa de la concentración superior de clorofila registrada.

Zooplancton

Se tomó una muestra de mesozooplancton (zooplancton >200µm) y otra de microzooplancton (zooplancton >80µm) en la estación 1. Los resultados aparecen reflejados en la tabla 33y 34.

Tabla 33. Composición (ind/m³) y abundancia (%) zooplanctónica en la laguna de Lakanduz en el muestreo de otoño de 2001. Muestra tomada con red de 200µm.

GRUPO /Especie	(ind/m ³)	ABUNDANCIA (%)
OSTRACODA	11179	69,7
Cypria ophtalmica	11136	
Juveniles	43	
CLADOCERA	4486	28
Chydorus sphaericus	216	

Simosa vetula	4162	
Inmaduros	108	
COPEPODA	292	1,8
Acanthocyclops americanus	65	
Copepoditos	195	
Nauplius	32	
ROTATORIA	65	0,4
Huevos	65	
TOTAL	16022	

Tabla 34. Composición (ind/m³) y abundancia (%) zooplanctónica en la laguna de Lakanduz en el muestreo de otoño de 2001. Muestra tomada con red de 80µm.

GRUPO /Especie	(ind/m ³)	ABUNDANCIA (%)
OSTRACODA	189	1,2
Juveniles	189	
CLADOCERA	27	0,2
Chydorus sphaericus	27	
COPEPODA	703	4,4
Nauplius	703	
ROTATORIA	7026	44,2
Trichotria pocillum	54	
Epiphanes clavulata	5486	
Keratella testudo	595	
Ascomorpha ecaudis	216	
Mytilina mucronata	270	
Lepadella sp.	243	
Trichocerca elongata	27	
Huevos	135	
TINTINNIDA (Protozoos)	7946	50
Tintinnopsis	7946	
TOTAL	15891	

El grupo más importante del mesozooplankton corresponde a los ostracodos, con un 69,7% de abundancia relativa. Estos crustáceos, tienen su hábitat bentónico, sin embargo, en esta laguna somera y sobretodo cuando el volumen de agua es pequeño, pueden pasar a la columna de agua y ser capturados con la red de zooplankton. A continuación le sigue en importancia los cladóceros, con un 28%. Por lo que respecta a las formas microzooplanktonicas, los protozoos del género *Tintinnopsis* son el grupo más abundante (con el 50% de abundancia relativa). Por lo general, los tintinídeos se alimentan de fitoplankton de pequeño tamaño y son especialmente abundantes en masas de agua dulce durante el periodo de mezcla. Los rotíferos constituyen el 44% del microzooplankton y corresponden al grupo con más diversidad de especies.

Macrobentos

Tabla 35. Listado taxonómico y cuantificación de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de otoño (04-12-01).

TAXONES	Ind/m ²
ANNELIDA	
OLIGOCHAETA	29971
HIRUDINEA	
ERPOBDELLIDAE	7
CHELICERATA	
ACARI	
HIDRACHNIDAE	
Hydrachnellae gr.	13
INSECTA	
EPHEMEROPTERA	
BAETIDAE	
Cloëon sp.	3330
ODONATA	
Zygoptera	
COENAGRIONIDAE	117
Anisoptera	
AESCHNIDAE	
Aeschna sp.	33
LIBELLULIDAE	26
HETEROPTERA	
CORIXIDAE	7
PLEIDAE	
Plea sp.	7
NOTONECTIDAE	
Notonecta sp.	72
TRICHOPTERA	
LIMNEPHILIDAE	117
DIPTERA	
PSYCHODIDAE	111
CHIRONOMIDAE	
Tanypodinae	3330
Orthoclaadiinae	1249
Chironominae	
Chironomus sp.	11655
CERATOPOGONIDAE	78
CULICIDAE	39
ANTHOMYIDAE	52
CHAOBORIDAE	26

Tabla 36. Índices y grupos tróficos de la comunidad macrobentónica de la laguna de Lakanduz en el muestreo de otoño (04-12-01).

Índice BMWP'	66	ASPT'	4,13
Total táxones	19	Total individuos /m ²	50240
GRUPOS TRÓFICOS (%)			
Fragmentadores	5	Depredadores	58
Frag detrítivos	0	Depred engullidores	42
Otros frag.	5	Depred chupadores	16
Raspadores	5	Chupadores herbívoros	5
Recolectores	26	parásitos	0
Recol filtradores	16		
Recol detritófagos	11		

6.3. EVOLUCIÓN ANUAL Y DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO

6.3.1. Parámetros fisicoquímicos

COLUMNA DE AGUA

PARAMETRO	
Temperatura agua (°C)	10,93
Oxígeno (mg/l)	3,23
% Saturación	36,10
pH	6,16
Conductividad (µS/cm)	61,2
Profundidad de disco de Secchi (cm)	27

Tabla 37. Valores medios anuales de las variables fisicoquímicas determinadas *in situ* en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

TEMPERATURA

La variación estacional de la temperatura de las aguas superficiales de la laguna (Figura 21) refleja las condiciones climáticas del área donde se ubica Lakanduz, caracterizada por una temperatura media anual que ronda los 11°C, en un clima de transición entre el atlántico y el mediterráneo.

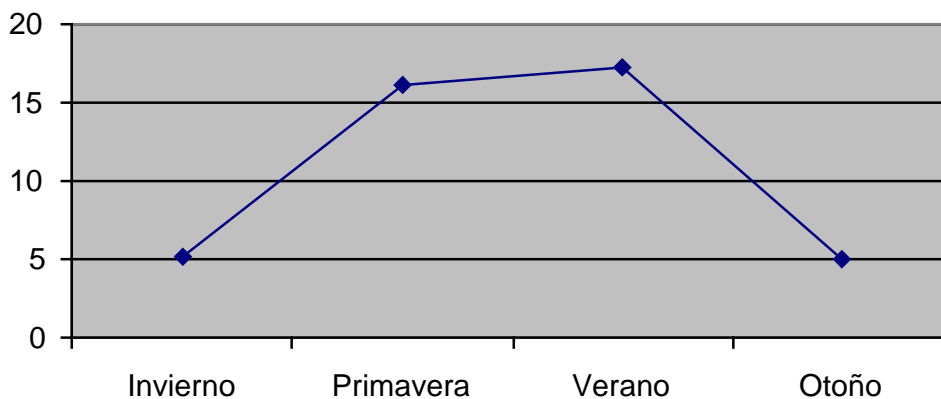


Figura 21. Variación estacional de la temperatura (°C) superficial de la laguna de Lakanduz durante el ciclo anual 00/01.

OXIGENO

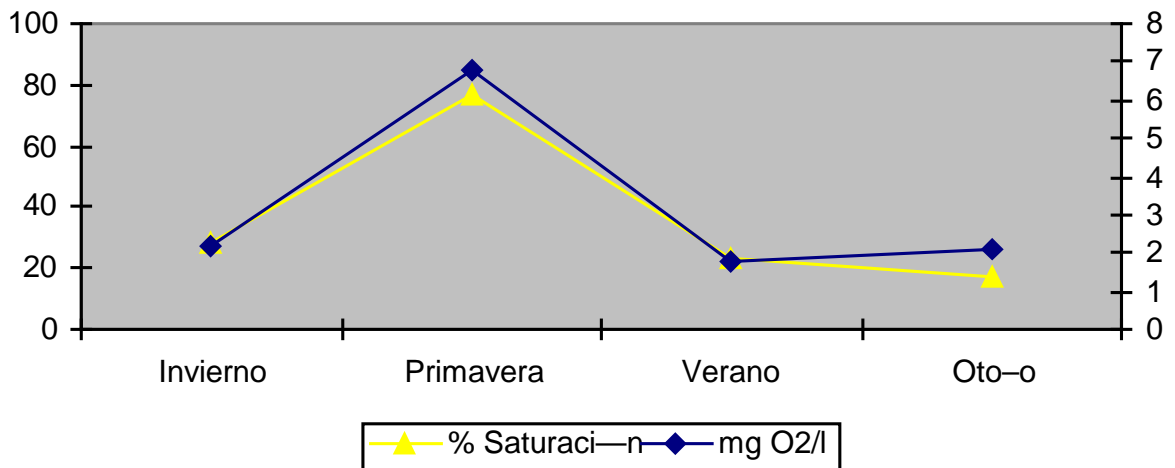


Figura 22. Variación estacional del oxígeno en la superficie de la laguna de Lakanduz durante el ciclo anual 00/01.

El nivel de oxígeno encontrado en las aguas de la laguna es generalmente bajo, excepto en primavera, época en la que Lakanduz presentó su volumen máximo anual. Las condiciones estancas del medio acuático, la abundancia de sedimentos de tipo orgánico y la proliferación de vegetación acuática, explican por sí mismas el importante consumo de oxígeno disuelto que se da en esta laguna y la disminución que se detecta hacia el fondo.

PH Y CONDUCTIVIDAD

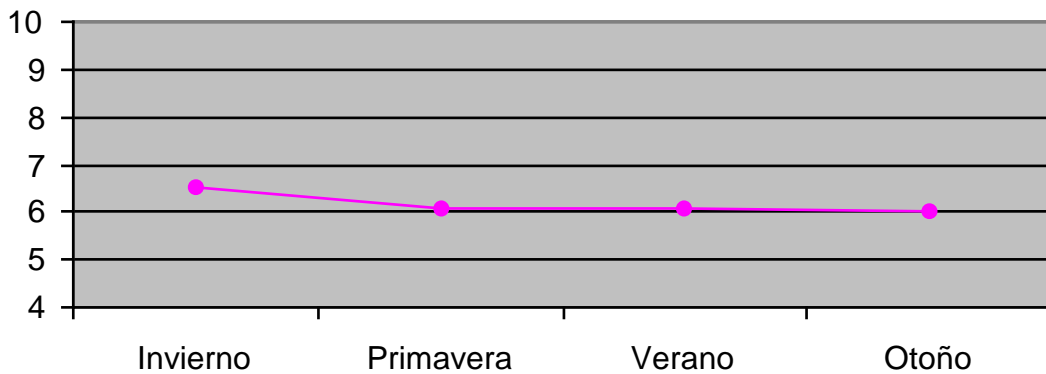


Figura 23. Variación estacional del pH en la superficie de la laguna de Lakanduz durante el ciclo anual 00/01.

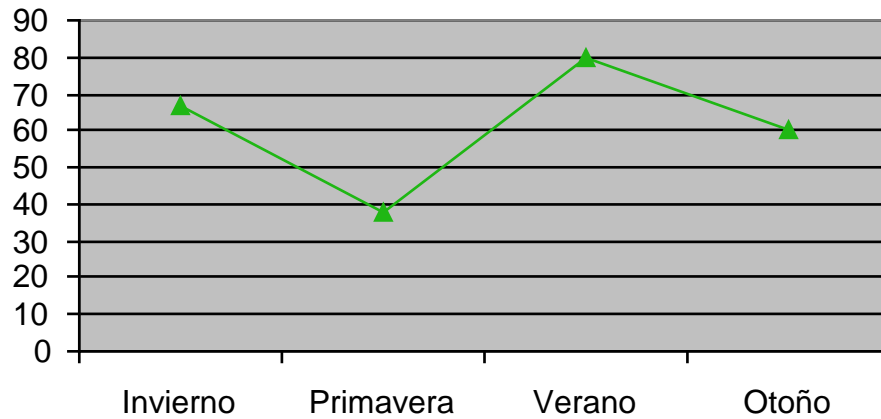


Figura 24. Variación estacional de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en la superficie de la laguna de Lakanduz durante el ciclo anual 00/01.

El valor del pH de la laguna se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el periodo de estudio (Figura 23) y dentro del rango de aguas ligeramente ácidas.

La conductividad que presenta Lakanduz es muy baja, correspondiendo a un agua de mineralización muy débil ya que en ninguna época supera el umbral de los $100\mu\text{S}/\text{cm}$. Se observa el efecto de dilución que ocasiona el incremento de volumen acumulado en la laguna durante la primavera, época en la que se registran los valores más bajos a lo largo del periodo de estudio.

DISCO DE SECHI

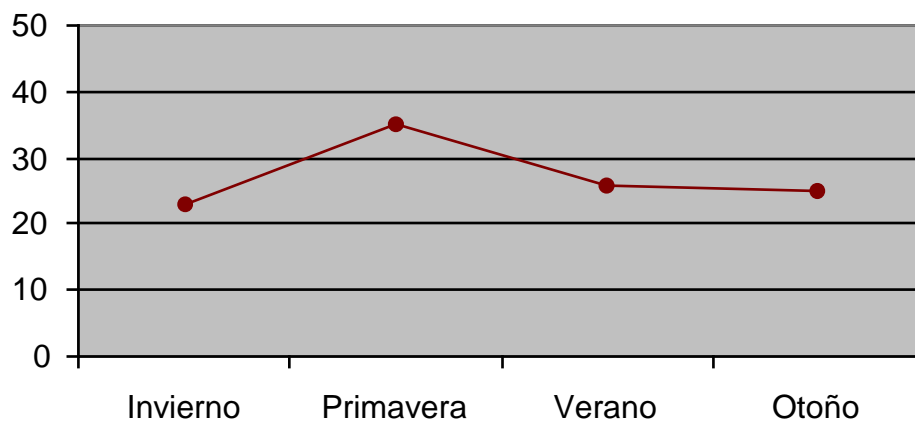


Figura 25. Variación estacional de la profundidad de visión del disco de Secchi (cm) en la laguna de Lakanduz durante el ciclo anual 00/01

La profundidad de visión del disco de Secchi (D, m) se utiliza habitualmente para estimar el espesor de la capa fótica (m), multiplicándolo por un factor de 2,3. En el caso de Lakanduz, la capa fótica media anual es de 0,6 m, lo que refleja la gran turbidez presente

en la laguna. Además, la proliferación de la vegetación acuática proporciona sombra y material particulado grueso que impiden el paso homogéneo de la luz a través de las aguas.

NUTRIENTES:

FORMAS DE NITROGENO

Dentro de las formas nitrogenadas inorgánicas, el amonio es la más abundante, sobre todo en invierno (Figura 26 y Tabla 38). En primavera se produce una drástica disminución en la concentración de los tres iones, probablemente debido a su consumo por los productores primarios.

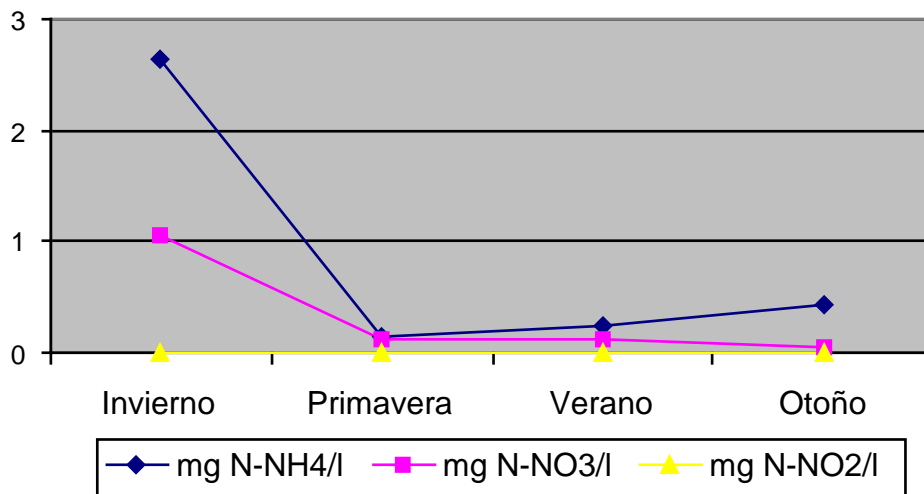


Figura 26. Variación estacional de la concentración de las formas inorgánicas de nitrógeno en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

PARAMETRO	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
N-NH ₄ ⁺	1590	105	62,5	108,5
N-NO ₃ ⁻	630	84	27,5	12,5
N-NO ₂ ⁻	6,6	0,7	0,25	2,5

Tabla 38. Variación estacional de las cantidades en gramos de las formas inorgánicas de nitrógeno en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

FOSFORO

En cuanto al ortofosfato y al fósforo total (figura 27), su concentración es muy elevada, siendo ésta menor en primavera (cuando el volumen de la laguna alcanza su máximo estacional). El fósforo total tiene su concentración máxima anual en verano, cuando la anoxia es mayor en la laguna y la liberación por parte del sedimento puede ser elevada.

PARAMETRO	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
P-PO ₄ ⁻	32,4	14	5	20
P	42	14	62,5	20

Tabla 39. Variación estacional de las cantidades en gramos de las formas de fósforo en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

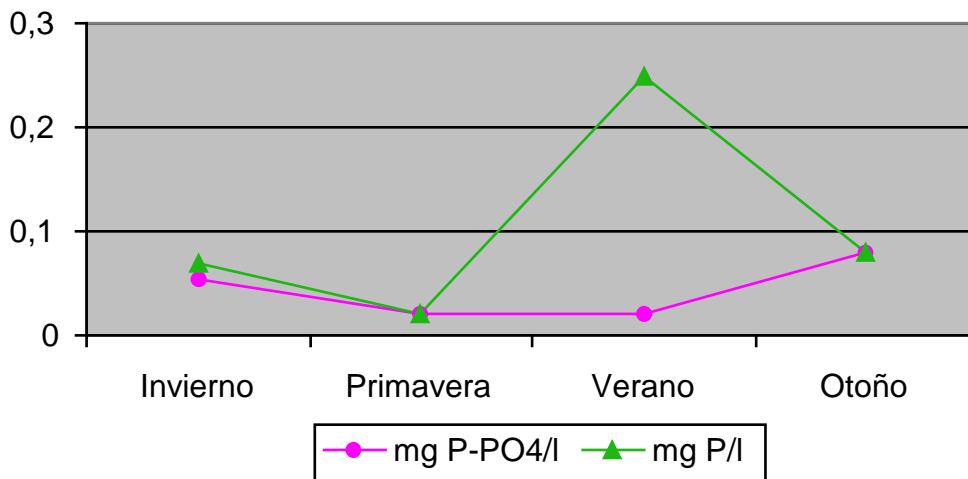


Figura 27. Variación estacional de la concentración de las formas de fósforo en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01

Por su nivel medio anual de fósforo total, la laguna de Lakanduz puede clasificarse como hipereutrífica, con un valor superior a 100 mg/m³ (OCDE, 1982).

Cabe señalar que la fuente de estos nutrientes se encuentra en la descomposición de la materia orgánica acumulada en el vaso de la laguna, muy abundante en Lakanduz tanto en los sedimentos, con un valor medio de 36,45%, como en la columna de agua con valores medios de SST de 50,07 mg/l y DQO de 74,85 mgO₂/l, así como en el aporte por parte de la lluvia y de la contaminación fecal animal del ganado que padece y abreva en la laguna. Sin embargo, no podemos señalar la importancia relativa de cada aporte en base a los datos disponibles.

MINERALIZACIÓN:

IONES PRINCIPALES

La descomposición de la materia orgánica, produce sulfhídrico y sulfuros, cuya oxidación posterior produce ión sulfato, que favorece la acidificación de las aguas. En Lakanduz se observa un progresivo incremento en la concentración de sulfatos desde primavera con valores inferiores a 5 mg/l hasta otoño con 14,6 mg/l. Hay que señalar que en los manantiales de su entorno hidrogeológico (EVE, 1996) se encuentran altos contenidos de sales disueltas, principalmente magnesio y sulfatos. Además su aporte también puede provenir de la lluvia.

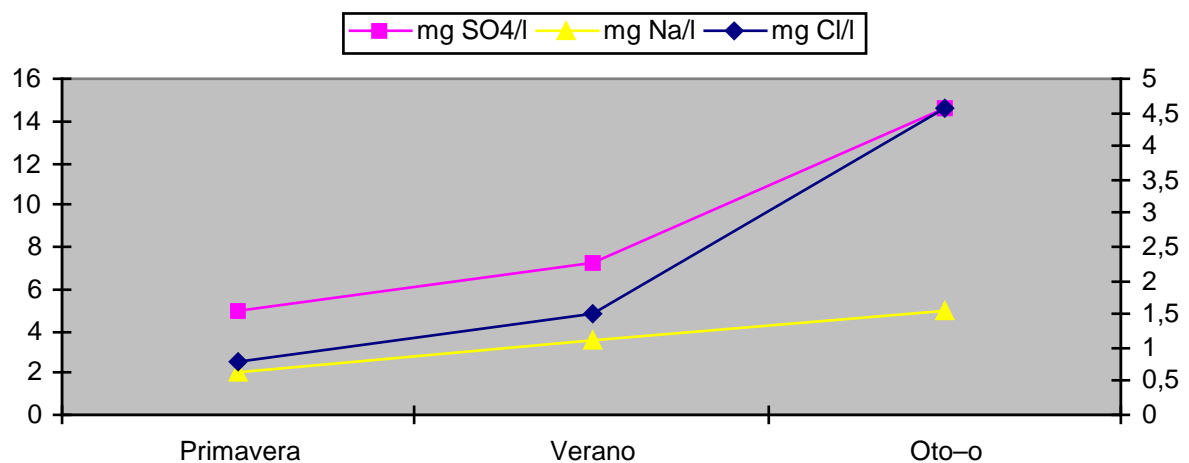


Figura 28. Evolución de las concentraciones del sulfato (escala de valores de la izquierda), sodio y cloruro (escala de valores de la derecha) en la laguna de Lakanduz durante las campañas de muestreo de 2001.

Los cloruros provienen a menudo de la lluvia y tienen un origen marino. En otros casos, el origen está en el lavado de terrenos salados o en la subida por capilaridad de las sales del suelo. El ión sodio en Lakanduz sigue el mismo patrón de comportamiento que el cloro (figura 28), siendo su concentración más elevada en otoño. Hay que tener en cuenta que aunque en otoño el volumen libre de agua de la laguna es aproximadamente de 250 m³ (al igual que en el muestreo de julio), Lakanduz ha pasado por un periodo de estiaje fuerte con una reducción drástica de volumen hasta los 24 m³, tras el cual y debido al importante aporte de agua en forma de nieve y lluvia, se ha recuperado notablemente.

PARAMETRO	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
SO ₄ ⁼	--	3500	1825	3600
Cl ⁻	--	560	375	1142
Na ⁺	--	1456	885	1242

Tabla 40. Variación estacional de las cantidades en gramos del sulfato, cloruro y sodio en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

Así pues la evolución en la concentración de estos iones puede entenderse como un incremento en verano debido a la reducción del volumen de agua, ya que en cantidad absoluta (Tabla 40) disminuyen notablemente. El incremento posterior en otoño, sería debido a un aporte externo a la laguna, probablemente procedente de las precipitaciones.

Por lo que respecta a los cationes Magnesio, Potasio, Calcio y al anion Bicarbonato, todos ellos muestran un mismo comportamiento a lo largo de las épocas muestreadas (Figura 29), aumentando su concentración en verano y disminuyendo en otoño.

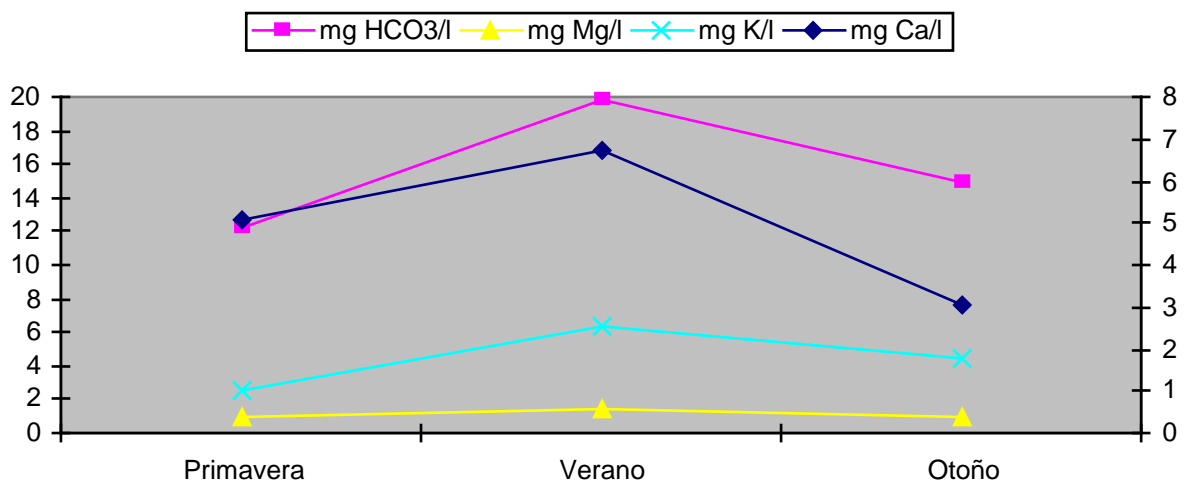


Figura 29. Evolución de las concentraciones del anion bicarbonato (escala de valores de la izquierda), y de los cationes magnesio, potasio y calcio (escala de valores de la derecha) en la laguna de Lakanduz durante las campañas de muestreo de 2001.

El origen de estos iones parece ser la propia cuenca o cubeta de Lakanduz, por lo que la disminución de volumen de verano, lleva a un aumento de su concentración, a pesar de que en valor absoluto (Tabla 41), las cantidades disminuyen. **En charcas abrevadero, fertilizadas y productivas, se ha observado una reducción del potasio relacionada con el incremento en la población algal y su posterior sedimentación biogénica (Wetzel, 1983).** En otoño, tanto la concentración, como la cantidad en gramos de estos iones muestran una disminución, mayor en el caso del calcio y el bicarbonato (iones dinámicos), cuyas concentraciones dependen en gran medida del metabolismo y consumo por parte de las comunidades biológicas de la laguna.

<i>PARAMETRO</i>	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verano</i>	<i>Otoño</i>
HCO₃⁻	--	8540	4950	3750
Mg⁺	--	630	350	222
K⁺	--	1792	1585	1122
Ca⁺⁺	--	3577	1675	765

Tabla 41. Variación estacional de las cantidades en gramos del bicarbonato, magnesio, potasio y calcio en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

METALES

Los metales, en el agua dulce, se encuentran generalmente de paso a través de los organismos y, camino de inmovilizarse en el sedimento. Sin embargo, cuando el pH que baña el sedimento desciende a valores entre 5 y 6, pueden difundir desde el sedimento y pasar a la columna de agua.

El hierro y el manganeso son micronutrientes esenciales para la flora y fauna de agua dulce y sus concentraciones son muy bajas en aguas oxigenadas; la mayor parte del hierro se halla en forma de hidróxido férrico, particulado y coloidal, y formando complejos con compuestos orgánicos (húmicos). La solubilidad del manganeso es más alta que la del hierro, pero sigue la misma dinámica. A valores bajos de pH y en condiciones reductoras, los iones ferroso y manganeso son solubles y pueden liberarse de los sedimentos donde se acumularon en formas insolubles oxidadas. Existe una fuerte interacción entre el ciclo de estos metales y el azufre, sobre todo en el caso del hierro, ya que el ácido sulfhídrico procedente de la reducción y descomposición bacteriana de la materia orgánica puede llevar a una disminución significativa del hierro, aunque no del manganeso, por la formación de sulfuro ferroso insoluble. Sin embargo, cuando hay abundancia de materia orgánica disuelta (compuestos orgánicos húmicos) se encuentran concentraciones extremadamente altas de hierro soluble total, ya que se adsorbe y forma complejos con los compuestos orgánicos. De forma análoga, el ion manganeso puede formar compuestos estables con moléculas orgánicas y complejos solubles con el bicarbonato y el sulfato.

<i>PARAMETRO</i>	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verano</i>	<i>Otoño</i>
Fe	--	927	137	157
Mn	--	199	112	78
Al	--	280	8,75	2,5

Tabla 42. Variación estacional de las cantidades en gramos del hierro, manganeso y aluminio en la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

La dinámica estacional del hierro muestra valores muy elevados en primavera, que disminuyen notablemente en verano (esta disminución puede deberse a múltiples factores como, precipitación con otros iones como el fósforo, sulfuro o calcio, consumo y sedimentación biogénica, etc.). En otoño, se observa un ligero incremento tanto en la concentración como en la cantidad absoluta de este metal.

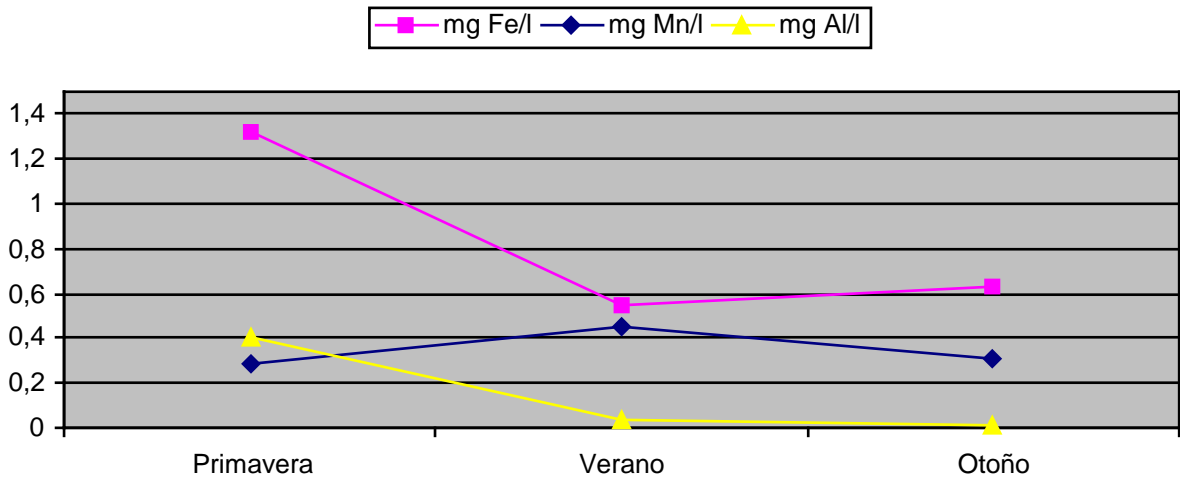


Figura 30. Evolución de las concentraciones del hierro, manganeso y aluminio en la laguna de Lakanduz durante las campañas de muestreo de 2001.

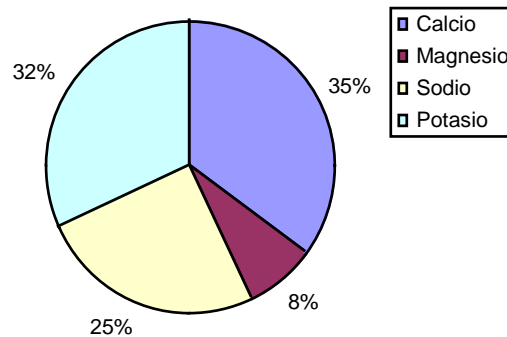
En el caso del manganeso, la cantidad absoluta disminuye progresivamente desde primavera hasta otoño (debido a factores conjuntos de consumo y sedimentación) y el incremento en concentración en verano, se debe al efecto de concentración por disminución del volumen de la laguna.

Por último, el aluminio cuenta con una concentración elevada en primavera que desciende drásticamente hasta casi desaparecer en otoño. La dinámica de este metal es menos conocida, pero se sabe que forma precipitados con el fósforo, por lo que puede contribuir a la disminución de este nutriente en la masa de agua.

Turbidez, NTU	12,63
SST, mg/l	50,07
Alcalinidad total, mg CaCO₃/l	17,52
Carbonatos, mg CaCO₃/l	0
Bicarbonatos, mg HCO₃/l	15,67
DQO, mg O₂/l	74,85
Amoniaco, mg N-NH₃/l	0,86
Cloruros, mg Cl/l	2,3
Sulfatos, mg SO₄/l	8,63
Nitratos, mg N-NO₃/l	0,33
Nitritos, mg N-NO₂/l	<0,010
Ortofosfatos, mg P-PO₄/l	0,03
Fósforo total, mg P/l	0,15
Calcio, mg Ca/l	4,96
Magnesio, mg Mg/l	1,07
Sodio, mg Na/l	3,53
Potasio, mg K/l	4,46
Aluminio, mg Al/l	0,15
Hierro, mg Fe/l	0,84
Manganeso, mg Mn/l	0,35

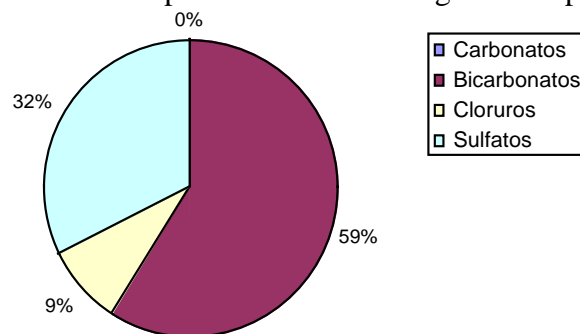
Tabla 43 Valores medios anuales de los parámetros físico-químicos determinados en las aguas de la laguna de Lakanduz durante el periodo de estudio 00/01.

Figura 31. Porcentaje medio de la composición iónica en mg/l de los principales cationes



en la laguna de Lakanduz durante el periodo 00/01.

Figura 32. Porcentaje medio de la composición iónica en mg/l de los principales aniones



en la laguna de Lakanduz en el periodo 00/01.

Por su composición iónica, las aguas de la laguna de Lakanduz se pueden clasificar como bicarbonatadas cálcicas.

SEDIMENTO

En cuanto a la composición media del sedimento, este presenta un 36,45% de materia orgánica y un 3,63% de contenido en fósforo total.

6.3.2. Parámetros microbiológicos

Las bacterias de hábitat fecal, normal y exclusivo son los coliformes y estreptococos fecales y *Escherichia coli*. De los análisis microbiológicos realizados en las muestras tomadas en Lakanduz, únicamente podemos reflejar la existencia de *E.coli*, como indicador de contaminación fecal. Según los manuales consultados (Rodier, J, 1998), en caso de contaminación fecal bovina (hecho posible en una laguna que ha sido usada como abrevadero por el ganado, como Lakanduz) sería de esperar una cantidad de *E.coli* seis veces menor que de estreptococos fecales; sin embargo esta relación no se manifiesta en Lakanduz. Tampoco se detecta en ningún muestreo presencia de *Salmonella*.

	<i>Valores medios</i>
Coliformes totales, UFC/100 ml	55618
Estreptococos totales, UFC/100 ml	18
Estreptococos fecales, UFC/100 ml	Ausencia
E. coli, UFC/100 ml	78
Salmonella, aus/pres/200 ml	Ausencia

Tabla 44. Parámetros microbiológicos analizados en el agua de la laguna de Lakanduz en el periodo 00/01.

Sí es importante la cantidad de coliformes totales, especialmente elevada en verano, que incluyen bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram-negativas, no esporuladas y de forma alargada.

6.3.3. Parámetros biológicos

Clorofila a

Los valores de clorofila *a* encontrados en primavera son muy elevados, superiores a 100 µg/l, lo que señala un medio hipereutrófico; mientras que en otoño, se detectaron valores que corresponderían a un medio mesotrófico. Hay que tener en cuenta la escasa profundidad de la laguna de Lakanduz y la abundancia de vegetación acuática en distintos estados de descomposición, que ha dado mucha turbidez a las muestras recogidas; por lo que a pesar de filtrar las muestras de agua para la realización del análisis de clorofila, es posible que alguna pequeña partícula vegetal detrítica pasara a incrementar el valor real de clorofila medida.

Fitoplancton

El estudio del fitoplancton en la laguna de Lakanduz se ha realizado en primavera y en otoño. La densidad de células por mililitro es más elevada en la época de primavera, cuando las condiciones para la proliferación del **fitoplancton son más favorables (abundancia de nutrientes y luz); si bien, esta densidad (4120 cel/ml) es indicativa de medios mesotróficos**. Por el contrario, en otoño, cuando las condiciones del medio son más críticas, la densidad fitoplanctónica se ve notablemente reducida a 854 cel/ml, que indica un medio claramente oligotrófico.

En cuanto a los grupos principales, en primavera hay una clara dominancia de los dinoflagelados, en concreto la especie más abundante es *Glenodiniopsis steinii*, mientras que en otoño abundan los pequeños flagelados del grupo de las crisofíceas, siendo también relativamente abundantes las diatomeas bentónicas (Figura 33).

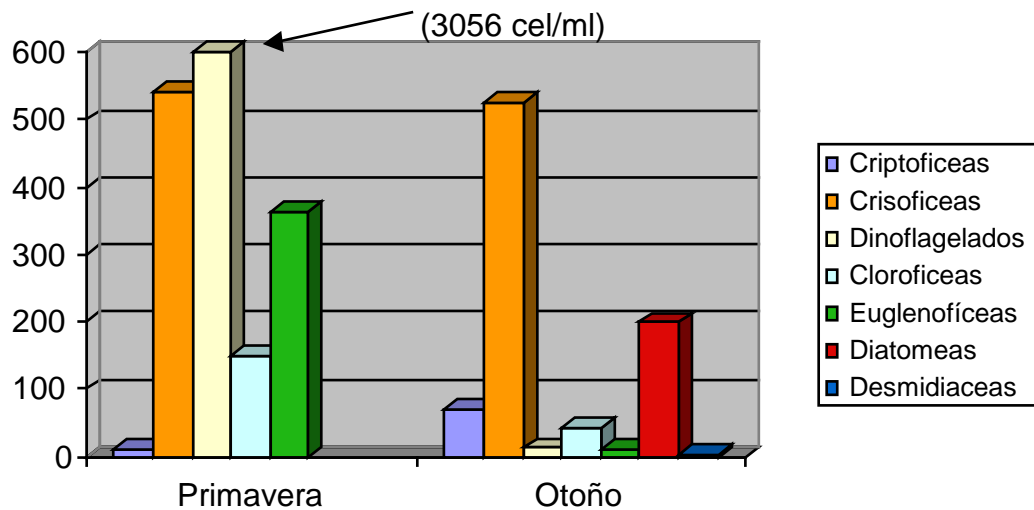


Figura 33. Densidad (cel/ml) de los principales grupos fitoplanctónicos en la laguna de Lakanduz en las dos campañas de muestreo de 2001.

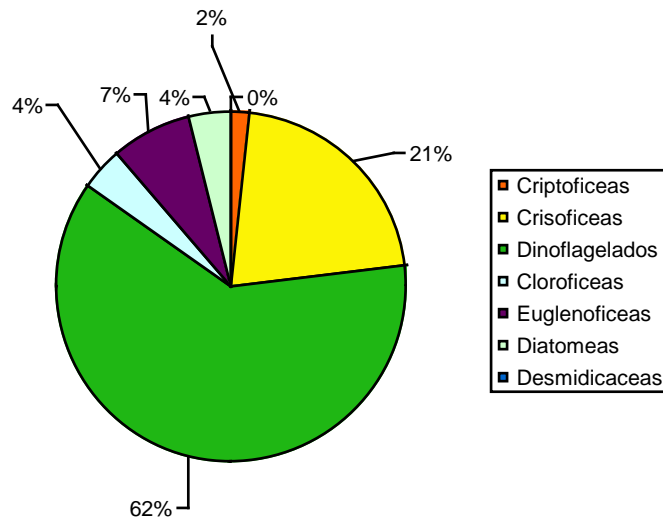


Figura 34. Abundancia media durante el año 2001 de los principales grupos fitoplanctónicos de la laguna de Lakanduz.

La densidad media total del fitoplancton es de 2489 cel/ml; es indicativa de aguas ligeramente eutróficas (mesotróficas), siendo el grupo claramente dominante los dinoflagelados (Figura 34).

Zooplancton

La composición zooplanctónica de la fracción mayor de 200µm se ha estudiado durante las cuatro campañas de muestreo en la laguna de Lakanduz. Se observa un aumento importante en la densidad zooplanctónica durante los muestreos de verano y otoño, cuando la laguna se encontraba con su volumen más reducido. En verano, el grupo más abundante corresponde a los cladoceros, con densidades que se encuentran en el rango de la mesotrofia (14610 ind/m³); mientras que **en otoño, el grupo más abundante corresponde a los ostrácodos (11179 ind/m³), y los microcrustáceos, se encuentran en densidades propias del rango de la oligotrofia.**

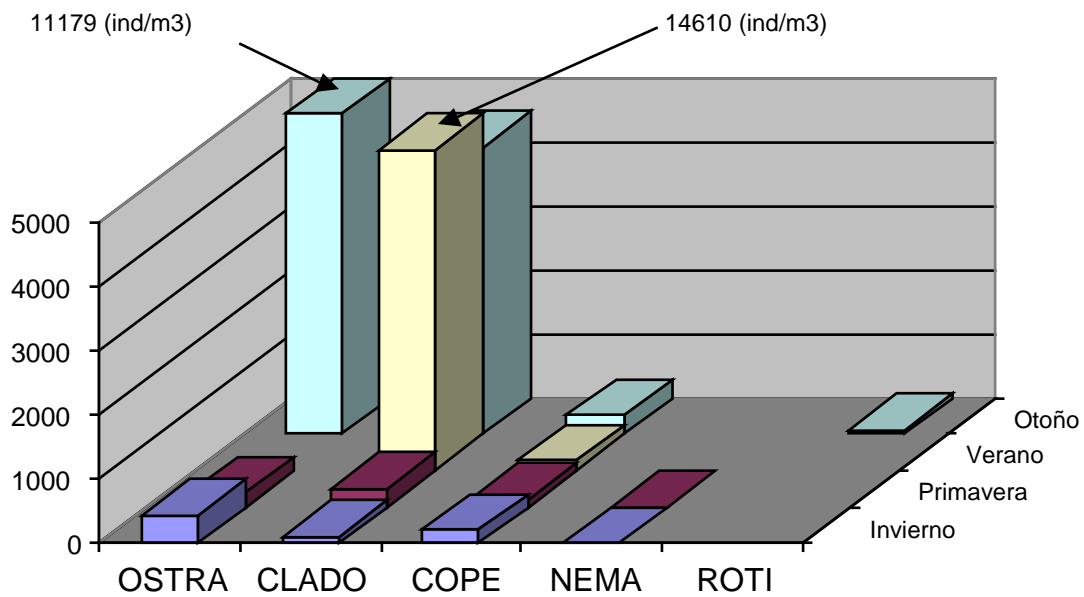


Figura 35. Densidad (ind/m³) de los principales grupos zooplanctónicos (>200µm) de la laguna de Lakanduz durante las cuatro campañas de estudio. OSTRA (Ostrácodos); CLADO (Cladóceros); COPE (Copépodos); NEMA (Nemátodos); ROTI (Rotíferos).

Los ostrácodos son un grupo de pequeños crustáceos bentónicos, aunque algunas especies pueden nadar cortas distancias. Generalmente no se consideran como grupo mayoritario del zooplancton, sin embargo, en estos ambientes de charcas someras, pueden cobrar importancia. En Lakanduz, su dominancia es clara en otoño, cuando los cladoceros disminuyen tras el verano y el volumen de la laguna es pequeño.

La densidad media anual del **mesozooplancton** es de 8045 ind/m³, siendo el grupo más importante el de los cladóceros, seguido de los ostrácodos (Figura 36). La densidad media anual de los microcrustáceos se encuentra dentro del rango de la mesotrofia.

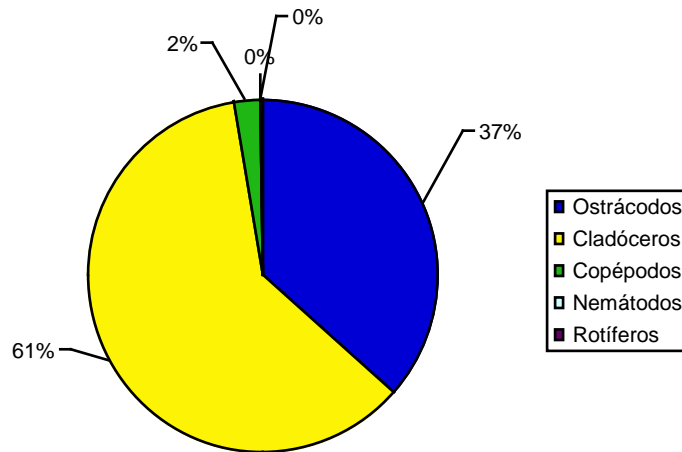


Figura 36. Abundancia media durante el año 2001 de los principales grupos mesozooplanctónicos (>200µm) de la laguna de Lakanduz.

La fracción pequeña del zooplancton (microzooplancton, >80µm) se ha estudiado únicamente en primavera y otoño (muestreos completos). La densidad microzooplanctónica (figura 37) es mucho mayor en primavera con un total de 44068 ind/m³; en esta época la densidad de los microcrustáceos es indicadora de un estado de eutrofia, con valores de 37006 ind/m³ en el grupo de los copépodos. En otoño, la densidad total es mucho menor (15891 ind/m³) y en cuanto a los microcrustáceos y rotíferos, sus densidades se corresponden a un grado de oligotrofia.

Respecto a los grupos dominantes, en primavera abundan las formas inmaduras de copepodos, siendo importante también el grupo de los rotíferos; en otoño, los principales grupos que se encuentran en esta fracción del zooplancton corresponden a los protozoos y rotíferos.

En cuanto a las densidades medias anuales del **microzooplancton** (Figura 38), los copépodos son el grupo más abundante (64%) seguidos de los rotíferos (21%); el estado trófico basado en la densidad de los rotíferos, se podría definir como de oligotrofia, mientras que atendiendo a las densidades de los microcrustáceos, podríamos calificar a la laguna como mesotrófica.

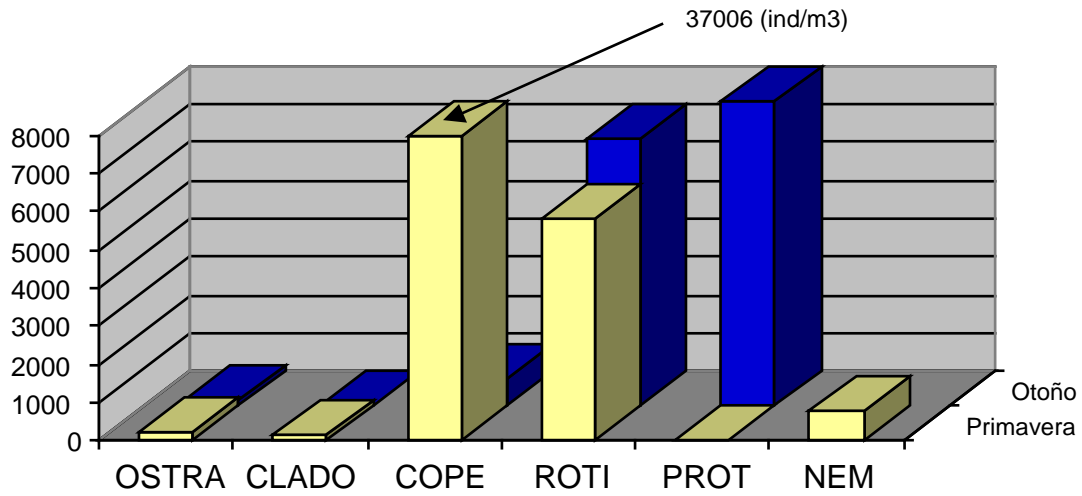


Figura 37. Densidad (ind/m³) de los principales grupos microzooplanctónicos (>80µm) de la laguna de Lakanduz durante las dos campañas de estudio. OSTR (Ostrácodos); CLADO (Cladóceros); COPE (Copépodos); ROTI (Rotíferos); PROT (Protozoos); NEMA (Nemátodos).

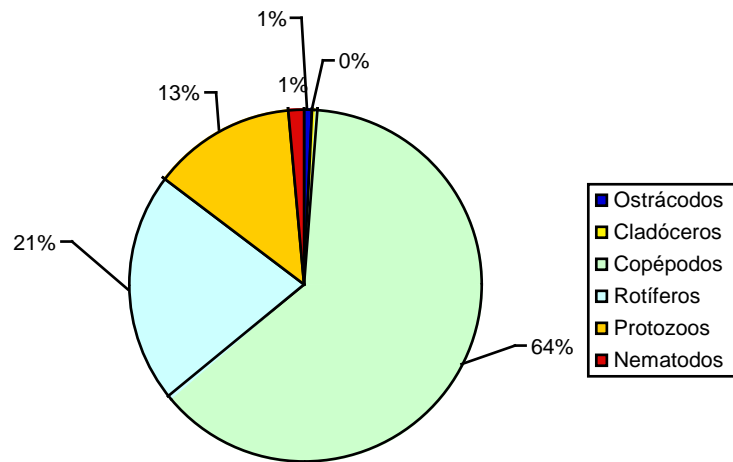


Figura 38. Abundancia media durante el año 2001 de los principales grupos microzooplanctónicos (>80µm) de la laguna de Lakanduz.

Macrobentos

Del análisis de los datos de bentos destaca la diferencia encontrada entre la muestra de otoño (2001-12) y la de muestreos precedentes (Invierno, primavera y verano).

Se ha aplicado el índice BMWP' que, aunque es un indicador desarrollado para ríos, podría servir para comparar datos entre épocas.

De esta forma tenemos que este índice muestra valores muy similares en los tres primeros muestreos correspondientes a Invierno (BMWP'=13), Primavera (BMWP'=18) y verano (BMWP'=19). Sin embargo, en la muestra correspondiente a otoño el índice biológico muestra un elevado incremento tanto en valor indicador (BMWP'=66) como en abundancia de organismos.

En las tres primeras épocas de muestreo el total de taxones es similar (**S= 5-6**), mostrando una comunidad bentónica muy pobre con dominio casi total de lo quironómidos de la subfamilia Chironominae, habitantes típicos por otro lado de fondos de lagos y sistemas leníticos, con escasez de oxígeno, acompañados de manera muy puntual, aunque significativa, de individuos de las familias Baetidae y Leuctridae, un efemeróptero y un plecoptero, taxones asociados ambos a niveles más altos de oxígeno.

Sin embargo, la muestra correspondiente a otoño muestra un incremento notable en la abundancia de los organismos macrobentónicos además de un incremento espectacular de la diversidad pasando a tener 19 taxones de riqueza específica (**S=19**).

El taxon dominante ya no son los Chironomus de la subfamilia Chironominae, como corresponde al fondo de un sistema lenítico poco oxigenado, sino que pasan a ser mayoritarios los oligoquetos, indicadores de mucha materia orgánica pero no de anoxia. Además, aparecen taxones con densidades importantes como los baetidos y los tricópteros que también necesitan más oxígeno para estar tan bien representados como para tener una densidad de 3330 ind/m². Las otras especies que aparecen son típicas de sistemas leníticos como libélulas, heterópteros, tricópteros etc.

CONCLUSIONES

-Lakanduz es una laguna somera ubicada a 754 m. sobre arenas y areniscas calcáreas en el Parque Natural de Izki (Alava) y rodeada de marojal (*Quercus pyrenaica*). Cuenta con una profundidad máxima de 1,1 metros y una profundidad media de 0,7 m. Su área superficial es de 1,7 ha y la cubeta sobre la que se asienta tiene una capacidad máxima de 1300 m³, de los que 500 m³, corresponden a sedimento. Su longitud máxima es de 67 m y su anchura máxima es de 28 m, siendo su perímetro de 171m. Tiene una forma semicircular y su eje más largo se orienta en la dirección Sur Norte.

El acceso a la laguna se realiza desde la localidad de Quintana por una pista forestal que se interna en el Parque Natural de Izki y que pasa perpendicularmente al extremo norte de la laguna.

- -El periodo de estudio abarca el ciclo anual 2000/2001, en el que se realizaron cuatro muestreos, uno en cada época del año. Los valores medios de los principales parámetros medidos *in situ* son: 11°C para la temperatura superficial del

agua; 3,23 mg/l para el oxígeno disuelto; 6,1 para el pH; 61,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el caso de la conductividad y 0,27 m para la profundidad de visión del disco de Secchi.

- -El régimen hídrico de la laguna muestra un marcado paralelismo con la precipitación atmosférica, por lo que estimamos que el aporte principal de agua a Lakanduz tiene este origen.

- -Las aguas de la laguna son turbias (12,6 NTU) y tienen gran cantidad de sólidos totales en suspensión (50,1 mg/l). Por su composición iónica, Lakanduz cuenta con aguas bicarbonatadas cálcicas, de mineralización muy débil y ácidas.

- -De las formas nitrogenadas, destaca el amonio con un valor medio anual de 0,86 mg N-NH₄⁺/l, mientras que el nitrato presenta un valor medio de 0,33 mg N-NO₃/l.

Estado trófico

-El estado trófico de la laguna de Lakanduz se puede estimar según la clasificación basada en límites fijos de la OCDE (1982) como:

-hipereutrófica por su concentración media anual de fósforo total

-hipereutrófica por su concentración media anual de clorofila a

-hipereutrófica por su concentración máxima de clorofila a

-hipereutrófica por la profundidad media de visión del disco de Secchi

Sedimento

-El sedimento de Lakanduz, que ocupa un espesor de unos 500 m³, tiene un 36,45% de contenido en materia orgánica y un 3,6% de fósforo total.

Indicadores microbiológicos

-En el aspecto microbiológico, Lakanduz cuenta con indicios de contaminación fecal, dado que hay un valor medio anual de 78 UFC/100 ml de *E. coli*; si bien, el grupo de los coliformes totales son las bacterias más abundantes, con valores medios superiores a las 55.000 UFC/100ml.

-Indicadores biológicos

El grupo fitoplanctónico dominante corresponde a los dinoflagelados y la densidad media total indica un medio mesotrófico.

-En el estudio del zooplancton hemos de destacar la abundancia de formas bentónicas, dado el carácter somero de la laguna. Dentro de la fracción correspondiente al mesozooplancton, el grupo más abundante son los cladóceros, seguido de los ostrácodos. En cuanto al microzooplancton, el grupo dominante son los copépodos, seguido de los rotíferos. Por la densidad media anual de microcrustáceos podemos señalar a la laguna como mesotrófica.

7. DIAGNÓSTICO ECOLOGICO DE LA LAGUNA DE LACANDUZ

7.1. ESTADO TRÓFICO

En la escala de Valoración de la contaminación de las aguas continentales de ríos, rías, lagos, lagunas, marismas, estanques, etc. y según la metodología de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), existen 5 grados de contaminación en escala creciente de concentración de materia orgánica fácilmente putrescible (estimada como Demanda Química de Oxígeno (DBO₅) y de compuestos de fósforo y nitrógeno reducido) que son los siguientes: Ultraoligotrofia o Ultraoligosaprobia (aguas muy limpias), Oligotrofia u Oligosaprobia (aguas limpias), Mesotrofia o Mesosaprobia (aguas no contaminadas con concentraciones medias naturales de materia orgánica), Eutrofización o Polisaprobia (Aguas contaminadas) y Hipereutrofia o Ultrasaprobia (aguas muy contaminadas).

Existe un sexto grado de calidad de las aguas de tipo natural y poco citado por su baja frecuencia que es la **Distrofia** que implica un alto contenido de materia orgánica húmica de difícil y lenta descomposición, que normalmente se acumula en gran cantidad en las cubetas lacustres sin dar lugar a fenómenos de eutrofización y putrefacción biológica. Se trata de estanques de pequeño tamaño y una profundidad de la lámina de agua no superior a 1,5-2 m (menos de medio metro en algún caso) totalmente rodeados de un cinturón de arboles que los cubre casi por completo, limitando mucho la penetración de la luz con lo que no hay producción autotrófica en las masas. Predomina la heterotrofia y se manifiestan fases de distrofia en que el exceso de materia orgánica natural alóctona agotó en gran medida el oxígeno disuelto. Estas masas presentan una potente capa de sedimentos de más de 1 m y se encuentran en fase de colmatación hacia la consecución de una turbera, interrumpida por el llenado de las cubetas en los períodos de fuerte precipitación.

Esto es lo que sucede con las aguas de la laguna de Lakanduz que presentan un color pardo o marrón, un pH ácido y una mineralización muy débil.

Normalmente, las aguas distróficas de las turberas tienen un pH no inferior a 4. En el caso de las turberas la acidez es producida por los ácidos tánicos y fúlvicos procedentes de la oxidación de la materia orgánica dura y no antropogénica.

Se trata de estanques que reciben un gran aporte de materia vegetal de las periferias y de sustancias terrígenas de los suelos cuya descomposición aporta ácidos húmicos y ácidos fúlvicos de carácter antiséptico (evitan el desarrollo de densas colonias microbianas de bacterias y hongos), que confieren al agua una ligera tonalidad pardo amarillenta o marrón. Otra característica de los ecosistemas acuáticos distróficos es que la materia orgánica húmica que les caracteriza se degrada muy lentamente, siendo bastante resistente al ataque microbiano con lo que se acumula en las cubetas lacustres durante mucho tiempo dando lugar a un sedimento denominado "Dy" blando, hidratado y de color marrón.

En las cubetas lacustres de pequeño tamaño, los sedimentos distróficos acaban colmatándolas dando lugar a formaciones turberosas o verdaderas turberas. Y aquí radica otro de los grandes valores de los ecosistemas acuáticos distróficos: son el origen de las

[turberas, a su vez protegidas como ecosistemas preferentes. En este sentido, la laguna de Lakanduz se encuentra bastante colmatada de sedimentos y en proceso inicial de formación de turbera.](#)

7.2. ESTADO ECOLÓGICO

A continuación se describe el estado de los indicadores de calidad para la clasificación del estado ecológico definidos en la Directiva Marco.

7.2.1. INDICADORES BIOLÓGICOS

Fitoplancton

La comunidad fitoplanctónica ha sido descrita en el capítulo 5, tanto en la descripción de los muestreos completos (primavera y otoño), como en el apartado de la evolución anual. En la tabla 45 se presenta un resumen con la densidad de los distintos táxones encontrados en la laguna de Lakanduz.

La variedad fitoplanctónica es baja si se compara con otros ambientes acuáticos. Por ejemplo, en el caso de una turbera de tipo continental pobre, La Clara, localizada en la sierra Segundera a 1.600 m, con una zona de aguas abiertas que llega hasta los 4 m de profundidad, se encontraron 249 taxones, la mayoría pertenecientes a la división *Chlorophyta* (Negro *et al.*, 2000). Este es un sistema de turbera asociado a una laguna, ambas oligotróficas, con aguas ácidas y de muy baja mineralización.

En otra laguna somera, Padul (Granada), los grupos dominantes del fitoplancton durante la primavera y otoño son clorofíceas y diatomeas y su riqueza específica acumulada es de 30 (Pérez Martínez & Sánchez Castillo, 1990). Esta laguna tiene una superficie de una hectárea aproximadamente y 2,5 m de profundidad máxima. Sin embargo, el pH es más neutro y sus aguas tienen una mineralización superior a la de Lakanduz.

Como ya se ha comentado previamente, en Lakanduz, el grupo dominante fitoplanctónico corresponde a los dinoflagelados en primavera, mientras que en otoño abundan los pequeños flagelados del grupo de las crisofíceas y las diatomeas bentónicas. La densidad media total del fitoplancton es indicadora de aguas mesotróficas.

Taxon	Primavera (cel/mL)	Otoño (cel/mL)
CRIPTOFICEAS		
Cryptomonas erosa	5	68
Rhodomonas minuta	6	3
CRISOFICEAS		
Mallomonas sp.	171	3
Mallomonas akrokomos		2
Pequeños flagelados	371	520
DINOFLAGELADOS		
Peridium willei	456	1
Glenodiniopsis steinii	2600	11
DIATOMEAS		
Pinnularia sp.		1
Diatomeas varias		198
CLOROFICEAS		
Ankistrodesmus sp.	64	34
Closterium sp.	64	6
Chlamydomonas sp.	21	
Volvox sp.		1
DESMIDIACEAS		
Pleurotaenium sp.		2
EUGLENOFICEAS		
Trachelomonas sp.	314	6
Euglena sp.	14	3
Phacus sp.	36	
TOTAL	4122	854

Tabla 45. Fitoplancton de la laguna de Lakanduz durante la primavera y otoño del año 2001.

Al no estar establecidas las condiciones de referencia no podemos aplicar los ratio $EQR = \text{Valor biológico observado} / \text{Valor biológico de referencia}$ aunque podemos hacer una aproximación .

Si aplicamos el ratio a la Riqueza específica y comparamos Lakanduz con otra laguna distrófica de pequeño tamaño y escasa profundidad media como la de Padul, tendríamos

$$EQR = 11 / 30 = 0,36$$

Según la metodología expresada en la Figura 1 de este documento, 0,36 correspondería a un estado entre pobre y moderado.

Otro tipo de flora acuática

La laguna de Lakanduz se corresponde con un medio de aguas ácidas en el que tendría cabida un complejo de comunidades de turberas incipientes (Gobierno Vasco, 1996). Así en las cabeceras de los arroyos de Izki, sobre terrenos arenosos, son frecuentes los manantiales turbosos. En estas cubetas de aguas ácidas se encuentran las siguientes especies: *Drosera intermedia*, *Potamogeton polygonifolius*, *Eleocharis multicaulis*, *Juncus bulbosus*, *Glyceria fluitans*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Ranunculus fluitans*, *Galium palustre*. Alrededor de estas cubetas se estructura un césped empapado por aguas ácidas, que forma una *turbera incipiente silíceo*, en la que los musgos del género *Sphagnum* forman almohadillas de cierta consideración, en las que vive *Drosera rotundifolia*.

En los alrededores de estas turberas oligotróficas, se desarrolla un *juncal acidófilo*, con plantas como *Juncus acutiflorus*, *Carex paniculata*, *Blechnum spicant*, *Lotus pedunculatus*, *Juncus effusus*, *J. conglomeratus*; aunque también pueden desarrollarse en los bordes de estas turberas los *brezales turbosos* con *Erica tetralix*, *Gentiana pneumonanthe*, *Genista anglica*, *Calluna vulgaris*, *Daboecia cantabrica*.

En el entorno de Izki es posible encontrar también comunidades de rellanos arenosos húmedos (Gobierno Vasco, 1996). Se corresponden con zonas deprimidas, cóncavas, sobre terrenos silíceos que suelen inundarse temporalmente. Adaptadas a estas condiciones, se encuentran algunas plantas anuales de pequeña talla, que también acostumbran habitar en los rebordes de la turberitas silíceas. Algunas de estas especies son *Juncus bufonius*, *Hypericum humifusum*, *Lythrum hyssopifolia*, *Scirpus setaceus*, *Scirpus cernuus*.

En los lugares donde se forman cubetas de ciertas profundidad, que sólo se secan en verano, suelen desarrollarse nutridas poblaciones de plantas como *Lythrum portula* y *Callitriche stagnalis*.

Las especies encontradas en la laguna de Lakanduz han sido las siguientes:

Glyceria fluitans (L.) R. Br. Hierba de maná. Hemicriptófito (hidrófito). Se encuentra en balsas artificiales, regatos y charcas entre turberas. Escasa en la mitad septentrional del territorio y rara en la mitad meridional.

Juncus effusus (L.). Hemicriptófito. Propio de ambientes húmedos diversos; preferentemente sobre sustratos silíceos.

Carex laevigata Sm. Hemicriptófito. Se encuentra en alisedas y herbazales megafórbicos de orillas de arroyos e hilillos de turberas, sobre sustrato silíceo. Distribución escasa en los Valles atlánticos y Montañas septentrionales, muy rara en las Montañas de transición.

Lythrum portula (L.) D.A. Webb (*Peplis portula* L.) Se da en los limos de colas de embalse, charcas, balsas artificiales y otras zonas inundadas temporalmente; prefiere sustratos silíceos o acidificados.

Potamogeton polygonifolius Pourret. Hidrófito propio de arroyos de aguas ácidas, hilillos que drenan esfagnales y turberitas incipientes y manantiales turbosos, sobre sustratos silíceos. Distribución escasa en Valles atlánticos y Montañas septentrionales y rara en las Montañas de transición.

Prunella vulgaris L. Hemicriptófito de suelos húmedos, a orillas de cursos de agua, charcas, manantiales, prados inundables y claros forestales. Distribución común en Valles atlánticos, cuencas y Montañas del territorio; escasa en el Valle del Ebro.

Sibthorpia europaea L. Caméfito propio de ambientes sombríos y con atmósfera saturada de humedad, a orillas de arroyos, en taludes rezumantes y grutas, sobre sustrato silíceo. De distribución escasa en los Valles atlánticos y Montañas septentrionales.

La sucesión de la vegetación en la orilla de los humedales se relaciona con la acumulación de sedimento, disminución de la profundidad y, frecuentemente, con un aumento de los nutrientes disponibles en el agua, debido en algunos casos al propio desarrollo de la vegetación. En el caso de Lakanduz, nos encontramos ante un ambiente de transición, que ha sufrido notables modificaciones a lo largo de su historia. Por lo que respecta a la vegetación acuática, podemos señalar la proliferación de *Glyceria fluitans*, que invade prácticamente toda la laguna y la comunidad de *Potamogeton polygonifolius*, muy abundante sobre todo en otoño; ambas especies son características de comunidades de turberas incipientes (Gobierno Vasco, 1996).

Palmer *et al* (1992) en una clasificación botánica de plantas acuáticas en Gran Bretaña asignan a *Potamogeton polygonifolius* hábitats distróficos u oligotróficos; a *Glyceria fluitans*, y *Lythrum portula*, ambientes oligotróficos; y a *Juncus effusus*, ambientes más variables que incluyen distróficos, oligotróficos, mesotróficos y eutróficos.

Así, la laguna de Lakanduz cuenta con especies vegetales acuáticas propias de turberas y charcas oligotróficas y distróficas; sin embargo, su diversidad es menor de la potencial, debido principalmente al efecto negativo del acceso del ganado a la laguna.

Fauna bentónica de invertebrados

Los macroinvertebrados bentónicos constituyen el mayor porcentaje de biomasa de la producción secundaria que nutre a todos los peces y anfibios y a muchas aves y mamíferos acuáticos, y del mismo modo que se contempla el estudio de la eutrofización, el inventario y diagnóstico sobre los invertebrados también se considera también ineludible.

En embalses y lagos se distingue el bentos profundo del bentos litoral. El primero está constituido principalmente por oligoquetos, dípteros quironómidos y dípteros chaobóridos (*Chaoborus* sp.), y en determinadas circunstancias ambientales y siempre en poca cantidad suelen habitar gasterópodos como *Pisidium* sp. El bentos litoral está representado por invertebrados que habitan entre macrófitos o fuera de ellos y que se nutren de la producción primaria local, estando en condiciones naturales (sin eutrofización) no influidos por la acumulación de material detrítico autóctono y material procedente del exterior.

En condiciones naturales la distribución vertical de la biomasa de invertebrados presenta dos valores máximos, uno en la zona litoral y el otro en la zona profunda. La diferencia estriba en que la alta biomasa del bentos litoral es más diversa, en tanto que la del bentos profundo está dominada por no más de cuatro o cinco taxones adaptados a ambientes homogéneos (limosos), reductores y deficitarios en oxígeno (véase el capítulo 16 de Wetzel, 1981). Existe por lo tanto, una transición de taxones entre los litorales y las zonas profundas, estrechamente correlacionada con el cambio de condiciones ambientales oligosaprobias a polisaprobias.

Como dijimos en el apartado correspondiente, en las tres primeras épocas de muestreo el total de taxones es similar ($S = 5 - 6$), mostrando una comunidad bentónica muy pobre con dominio casi total de los quironómidos de la subfamilia *Chironominae*, habitantes típicos por otro lado de fondos de lagos y sistemas leníticos, con escasez de oxígeno, acompañados de manera muy puntual, aunque significativa, de individuos de las familias *Baetidae* y *Leuctridae*, un efemeróptero y un plecóptero, taxones asociados ambos a niveles más altos de oxígeno.

Sin embargo, la muestra correspondiente a otoño muestra un incremento notable en la abundancia de los organismos macrobentónicos además de un incremento espectacular de la diversidad pasando a tener 19 taxones de riqueza específica ($S = 19$).

El taxon dominante ya no son los *Chironomus* de la subfamilia *Chironominae*, como corresponde al fondo de un sistema lenítico poco oxigenado, sino que pasan a ser mayoritarios los oligoquetos, indicadores de mucha materia orgánica pero no de anoxia. Además, aparecen taxones con densidades importantes como los baétidos y los tricópteros que también necesitan más oxígeno para estar tan bien representados como para tener una densidad de 3330 ind/m². Las otras especies que aparecen son típicas de sistemas leníticos como libélulas, heterópteros, tricópteros etc. Sería un bentos típico de zona litoral. El bentos litoral muestra una gran similitud con el de los ríos, y en general las aguas embalsadas tienden a tener una mayor diversidad que las aguas corrientes (Margalef, 1983).

Por lo tanto, en condiciones de oxigenación la laguna posee una riqueza específica elevada para este tipo de sistemas y por lo tanto sabemos que su potencial biológico está muy mermado en las épocas en que se produce un agotamiento del oxígeno por el cúmulo de situaciones que se superponen para conducir a la laguna a la anoxia que presenta en la mayor parte del año (altos niveles de fósforo = hipereutrofia), altos niveles de amonio, mucha producción primaria (altos niveles de clorofila debidos a gran crecimiento de macrófitas, sedimentos anóxicos etc.)

Al no estar establecidas las condiciones de referencia no podemos aplicar los ratio $EQR = \text{Valor biológico observado} / \text{Valor biológico de referencia}$. Si comparamos estos datos con otros estudios, (Armengol et al, 1990), la presencia del género *Chironomus* podemos hablar de condiciones de alta eutrofia en las tres primeras épocas y de mesotrofia en otoño por la dominancia de los oligoquetos y la presencia de otros taxones indicadores de niveles mas altos de oxigenación

Fauna vertebrada

En el muestreo de pesca eléctrica no se encontró ningún ejemplar piscícola y, respecto a población anfibia, se detectó presencia de *Bufo bufo*. Las especies de anfibios que se encuentran en la laguna de Lakanduz, según el estudio realizado por Onrubia *et al.* (2001) aparecen detallados en la tabla 46.

Nombre científico	Nombre común	Estatus	Número máximo de ejemplares capturados en los muestreos
Triturus helveticus	Tritón palmeado	NA	9
Alytes obstetricans	Sapo partero	NA	6
Bufo bufo	Sapo común	NA	15
Rana dalmatina	Rana ágil	V	40
Rana perezi	Rana verde	NA	8
Rana temporaria	Rana bermeja	NA	12

Tabla 46. Especies de anfibios de la laguna de Lakanduz. Fuente: Onrubia *et al.*, 2001 (informe inédito). Estatus (Catálogo Vasco): V, vulnerable; NA, no amenazada.

Hay que destacar la abundancia de la rana ágil, especie incluida en el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas, como vulnerable.

En el estudio citado también se destaca la importancia de la zona como bebedero para varios murciélagos forestales de interés: el nóctulo menor (*Nyctalus leisleri*), especie con un estatus de rara según el Catálogo Vasco; el murciélago ribereño (*Myotis daubentonii*), con estatus de no amenaza; y el murciélago bigotudo (*Myotis mystacina* ó *Myotis mystacinus*), especie muy interesante de la que no existen más de 20 citas en la Península ibérica.

7.2.2.INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS QUE AFECTAN A LOS INDICADORES BIOLÓGICOS

Régimen hidrológico

La laguna de Lakanduz presenta un volumen máximo de agua libre de 800 m³ y mínimo de 24 m³, en el periodo de estudio 2000 - 2001. La oscilación de volumen ya ha sido comentada en el apartado 6.2.3. del presente informe.

La variación del volumen de Lakanduz se ajusta al régimen de lluvias, por lo que estimamos que el principal aporte de agua a la laguna tiene este origen. Sin embargo, y dada la existencia de materiales permeables e impermeables alternos en la zona, no es descartable la conexión con el nivel freático del área adyacente, por lo que no parece probable que en las condiciones actuales pueda llegar a secarse por completo. Pero se

descarta la existencia de aportes subterráneos más allá de los flujos de equilibrio dentro de la zona saturada del terreno.

Condiciones morfológicas

La morfometría y batimetría de la laguna se han comentado ya ampliamente en los apartados 6.2.1. y 6.2.2.

En cuanto a la estructura ribereña, hemos de señalar que se encuentra alterada debido al pisoteo y acceso actual del ganado a la laguna. Sería de esperar encontrar un *juncal acidófilo* o un *brezal turboso*, o incluso una banda o cinturón de vegetación riparia formada por una *aliseda acidófila*. Sin embargo, dada la pequeña entidad de la laguna, el marojal de *Quercus pyrenaica*, llega prácticamente hasta la orilla, donde se aprecian retazos de un matorral de tipo brezal-argomal que es más bien una etapa subserial de la serie de vegetación del tocorno o marojo.

7.2.3. INDICADORES QUÍMICOS Y FÍSICOQUÍMICOS QUE AFECTAN A LOS INDICADORES BIOLÓGICOS

La escasa profundidad que presenta la laguna de Lakanduz no da lugar a que haya procesos de estratificación en la columna de agua, que es fácilmente mezclada por la acción del viento. Se puede considerar que las condiciones de la zona litoral se extienden por toda la extensión de la masa de agua, ya que no existe una zona pelágica (de aguas libres y profundas) diferenciada. Por otro lado, tampoco se distingue una zona eminentemente bentónica (en el sentido de fondos profundos y mal iluminados), ya que nos encontramos en un sistema donde la profundidad es pequeña y uniforme y la luz, penetra totalmente en la masa de agua. Si bien, esto no es general para todo el área de la laguna, ya que la vegetación emergente sombrea en gran medida el estrato inferior. Otro elemento que aumenta la turbidez de las aguas es la presencia de ganado, hecho que se evidencia en la laguna de Lakanduz; no obstante, en esta laguna la zona fótica ocupa toda la columna de agua en aquellas zonas donde la vegetación acuática lo permite.

El nivel de oxigenación de la laguna es bajo, dado la abundancia de materia orgánica y el gran volumen de sedimento (unos 500m³) acumulado en su cubeta. La anoxia en la capa superior del sedimento es importante, sobre todo en verano y otoño, y únicamente en primavera, las aguas superficiales superaron los 3 mg O₂/l. Estas condiciones de anoxia, junto con la acidez de las aguas (pH de 6) limita la descomposición de la materia vegetal que crece en la laguna y favorece el proceso de su colmatación.

En cuanto a los niveles de nutrientes principales, hemos constatado la abundancia de fósforo, que le confiere una categoría de hipereutrofia. Además, la abundancia de las formas nitrogenadas inorgánicas, sobre todo de amonio, permite señalar al ganado como la principal causa de estos niveles.

8. TIPIFICACIÓN DE LA LAGUNA DE LACANDUZ

8.1. Tipificación de Masas de Agua Superficial según la Directiva Marco

Dentro de las zonas húmedas de la Cuenca del Ebro podemos diferenciar según la Directiva Marco dos categorías: a) lagos o asimilables a lagos y b) masas de agua superficial artificiales. Vimos en la introducción como la D.M. establece unas directrices para tipificar las masas de agua superficiales (ver tabla 47). Al ser Lakanduz un humedal natural el sistema que debe ser aplicado para tipificar la laguna es el Sistema A o el Sistema B en su apartado específico de Lagos.

Según la metodología A, Lakanduz sería un humedal de altitud media-alta (754 m), poco profundo (0,7 m de profundidad media), de pequeño tamaño (< de 0,5 Km²) y origen orgánico de sustrato silíceo. (Datos en Tabla 5). Si se aplicara el Sistema B podría diferenciarse claramente la especificidad que tiene la laguna de Lakanduz respecto al resto de humedales de Alava, en cuanto al estado de los nutrientes, capacidad de neutralización de los ácidos y su muy débil mineralización.

CATEGORIAS

- Ríos, Lagos, Aguas de transición, Aguas costeras, Masas de agua artificial o fuertemente modificadas

TIPOS

SISTEMA A		SISTEMA B (Caracterización alternativa)		
	Región	Anexo XI (Directiva)		
TIPO		Factores obligatorios	Altitud Latitud Longitud Profundidad geología	
	Según altitud	Alto:>800 m Altura media:200-800 m Tierras bajas: <200 m	Factores optativos	Profundidad media Forma del lago Tiempo de permanencia Temperatura media del aire Oscilación térmica Régimen de mezcla y estratificación del agua Capacidad de neutralización de ácidos Estado natural de los nutrientes Composición media del sustrato Fluctuación del nivel del agua
	Según profundidad media	Poco profundo< 3 m Prof media 3 m a 15 m Profundo>15 m		
	Según superficie del lago	Pequeño 0,5 a 1 km ² Mediano 1 a 10 km ² Grande 10 a 100 km ² Muy Grande >100 km ²		
Según geología	Calcáreo Silíceo Orgánico			

Tabla 47. Tipificación de los lagos o asimilables a lagos según el Sistema A y B definidos en la Directiva Marco.

▪ **8.2. Según “El Avance del Plan Territorial Sectorial (PTS.) de Zonas Húmedas del País Vasco”**

Las tipologías de Zonas Húmedas definidas en el PTS se basan en criterios discriminadores para la separación de los diversos tipos de humedales en categorías diferenciadas, por su génesis (natural o artificial), por su situación (continentalidad y región bioclimática) y por su morfología.

Dentro de la Cuenca del Ebro y correspondiendo al ritmo climático mediterráneo y de transición se encuentran ocho clases tipológicas de zonas húmedas definidas en el Avance del Plan Territorial Sectorial (P.T.S.) de Zonas Húmedas de la CAPV en base a criterios de génesis, situación y morfología. El P.T.S. también establece las categorías de ordenación a aplicar en el planeamiento municipal para los tipos de zonas húmedas interiores, que se aplicarán a la banda de 200 m (“banda del entorno”) medidos a partir del nivel máximo que alcanzan las aguas en sus máximas crecidas ordinarias (ver Tabla 48).

TIPOLOGIA	CATEGORIA DE ORDENACIÓN
Sistemas Naturales	
B6. Lagos y lagunas asociados a diapiros	EP. Especial protección
B7. Lagos y lagunas no asociados a diapiros	EP. Especial protección
B8. Sistemas endorréicos del Valle del Ebro	EP. Especial protección
B9. Sistemas hidrológicos de la Llanada Alavesa	MA1. Áreas de mejora de ecosistemas
B10. Sistemas fluviales	S. Protección de aguas superficiales
B11. Sistemas de vegetación acuática de escasa entidad	MA1. Áreas de mejora de ecosistemas
Sistemas Artificiales	
E. Embalses	S. Protección de aguas superficiales
F. Balsas de riego	S. Protección de aguas superficiales

Tabla 48. Tipologías de zonas húmedas y categorías de ordenación según el P.T.S. que corresponden a la Cuenca del Ebro.

De acuerdo con el Plan Territorial Sectorial (P.T.S.) de Zonas Húmedas de la CAPV, la laguna de Lakanduz se encuentra dentro del ritmo climático mediterráneo y de transición, en un medio de media montaña, con una profundidad media inferior a 3m y una superficie del sistema menor de 0,5 Km², sobre sustratos formados por arenas y areniscas.

Sin embargo, su carácter diferencial respecto al resto de zonas húmedas descritas e incluidas en el P.T.S., se debe a su pH ácido, mineralización muy débil, gran acumulación de sedimentos y su comportamiento como una masa distrófica, que con el tiempo probablemente evolucione hacia una turbera.

Por lo tanto consideramos que debería incluirse una nueva tipología dentro de la clasificación de zonas húmedas que incluyera a estos hábitats distróficos, de acuerdo con las Directivas del Consejo de la Unión Europea (Directivas 92/43/CEE y 97/62/CEE) relativas a la conservación de los hábitats naturales.

Estos ecosistemas son tan especiales que según el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, en el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de hábitats naturales (naturales o aquellos que aunque de origen artificial se han "naturalizado" con el tiempo), se especifican medidas que deben tomar los órganos administrativos competentes de cada CC. AA., primero para designar «tipos de hábitats de interés comunitario, prioritario, etc.» y luego para arbitrar aquellas medidas que conduzcan a la conservación de dichos hábitats; y entiende por conservación «las medidas necesarias para mantener o restablecer los hábitats naturales, etc.». En los anexos de este Real Decreto (y su modificación R.D. 1193/1998) figuran **los lagos y lagunas distróficos** (con el código NATURA 2000, de 3160) como “Tipos de hábitats naturales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación”. En este avance las turberas también figuran con la categoría de "preservación estricta".

9. MEDIDAS DE RECUPERACIÓN Y SEGUIMIENTO

9.1. Consideraciones generales

Los dos principales factores de un sistema lenítico (laguna, lago, marisma, embalse, etc.) y que están inversamente correlacionados con la eutrofización de las masas de agua, son por un lado, la profundidad media (Z), y por el otro, el tiempo de residencia de la masa (Tw). Para profundidades medias inferiores a un metro, como es este caso, no es esperable la estratificación térmica de la masa de agua. Sin embargo, un déficit de renovación de la masa de agua puede provocar la reconcentración en la cubeta del agua

Las cargas tolerables y peligrosas de los dos principales nutrientes que pueden originar eutrofización en una masa de agua (Nitrógeno y Fósforo) están correlacionadas positivamente con la capacidad de la laguna, en concreto con su profundidad media (Z). Estas cargas tienen especial importancia en la gestión biológica de la laguna.

El conocimiento de dichas cargas también es de utilidad en la regulación hidráulica de la laguna. En este caso no se han podido determinar debido a que no se dispone de una cuantificación de los inputs en el sistema. Sin embargo, los datos obtenidos nos indican condiciones de hipereutrofia en base a los nutrientes presentes y la concentración de clorofila a.

La poca capacidad volumétrica de la laguna no permite una gran tolerancia de cargas de nutrientes biogénicos como el nitrógeno y el fósforo con respecto a otras masas de agua. Por lo tanto, hay que recomendar que **se evite todo tipo de vertido antropogénico directo sobre la masa de agua de la laguna.**

La eutrofización origina varios compuestos reducidos de alta toxicidad biológica en muy bajas concentraciones para el zooplancton, invertebrados bentónicos, peces y anfibios. Entre estos compuestos destacan el amoníaco gas disuelto, amonio, nitrito y ácido sulfhídrico, y todos ellos aumentan en condiciones anóxicas y estas condiciones son características de la eutrofización.

La proliferación de oligoquetos y quironómidos complica el proceso de eutrofización del embalse, contribuyendo junto con las plantas y las cianofíceas a que éste se convierta en un mecanismo autónomo difícil de detener y muy costoso (económicamente) de depurar. Los oligoquetos, y en mayor medida los quironómidos, están considerados como los invertebrados bentónicos que liberan mayor cantidad de fósforo atrapado en el sedimento (de 1 a 51 mg P m⁻² día⁻¹) (en Margalef, 1983). La liberación se produce en la filtración del limo por parte de ambos taxones, y en el caso de los quironómidos, transportan fósforo hacia el epilimnion y demás aguas pelágicas durante su emergencia cuando se metamorfosean en adultos (Wetzel, 1981). Esta liberación de fósforo por los invertebrados se ve potenciada por la que se libera (químicamente) por disolución del P en condiciones de bajo potencial redox de los sedimentos.

Otro y muy importante efecto de la proliferación de quironómidos y oligoquetos en el bentos es su gran contribución a la estratificación estival de la concentración de oxígeno disuelto que multiplicarán por más de 3 veces sus densidades con respecto a los valores del estado mesotrófico. Se ha demostrado en muchos lagos que la respiración de estos taxones con consumos de 0,5 a 8 mL de O₂ hora⁻¹ (0,715 a 11,44 mg O₂ hora⁻¹) es un factor que contribuye de manera importante a la estratificación del oxígeno (Margalef, 1983) y en un embalse eutrófico contribuye a incrementar el déficit de oxígeno en el bentos profundo.

La especies de batracios se ven afectadas por la disminución de la diversidad de macroinvertebrados bentónicos derivada de la eutrofización de la masa de agua y por las sustancias tóxicas (nitrito, amoníaco, ácido sulfhídrico y déficit de oxígeno) generadas por esta eutrofización. La reducción de la diversidad de invertebrados bentónicos determinada en el apartado correspondiente. afecta de forma especial a los adultos de anfibios, ya que en la mayoría de ellos los invertebrados acuáticos constituyen una gran proporción en sus dietas. El zooplancton también está fuertemente reducido por la eutrofización de la laguna.

Sin embargo, el mayor impacto sobre los batracios en forma adulta, zigótica o larvaria deriva de la toxicidad de muchas sustancias químicas reducidas por la eutrofización.

La disminución de la transparencia del agua debida al exceso de clorofila y coloides orgánicos que caracterizan los procesos de eutrofización, actúa de forma negativa sobre las especies de macrófitos que habitan de forma totalmente sumergida (o casi totalmente sumergida). Y por otro, la estabilidad de la lámina de agua actúa también de forma negativa sobre aquellas especies que se desarrollan bajo un hidrodinamismo de intensidad media-baja.

En consecuencia, la disminución de la transparencia del agua por la eutrofización y la estabilidad de la lámina de agua o estancamiento muy permanente, son factores que actúan de forma negativa sobre los macrófitos clasificados como especies mesotróficas. Por el contrario, la influencia de la eutrofia será positivo en el incremento de la biomasa de la mayoría de los macrófitos emergidos y flotantes.

Sin embargo, todos los estudios experimentales sobre el desarrollo de los macrófitos acuáticos en aguas eutróficas determinan que éstos inhiben el desarrollo del fitoplancton y del zooplancton, y favorecen la proliferación de la biomasa de cianofíceas, contribuyendo de esta manera a la complicación del proceso de eutrofización (Guseva & Goncharova, 1965; Goulder, 1969; Dokulil, 1973; y otros), y en los procesos de eutrofización *«da pánico entre los especialistas oír hablar de la proliferación de la biomasa de cianofíceas por los efectos de toxicidad y degradación organoléptica del agua que ello implica»* (Goulder, 1965).

Los macrófitos acuáticos segregan de forma natural compuestos orgánicos del tipo del sulfuro de alilo, que ejercen un efecto inhibidor antibiótico sobre el desarrollo del fitoplancton y zooplancton. En alguno de estos compuestos se ha comprobado incluso su carácter insecticida al actuar sobre las larvas de mosquito.

Hay que señalar que este proyecto estaba diseñado como estudio de las características limnológicas de la laguna con objeto de conocer, tipificar y valorar ecológicamente la laguna como paso necesario y previo para elaborar unas medidas de gestión. pero no es un proyecto de alternativas y medidas correctoras. No obstante, se ha considerado oportuno establecer una simple enumeración de alternativas y de medidas correctoras sobre el tema que podrían ser desarrolladas y detalladas (aquellas en que sea necesario) en una fase posterior.

9.2. Recomendaciones generales para la recuperación de humedales

1.- *A priori*, se aconseja la vuelta a un escenario de condiciones originales

2.- La restauración de las zonas húmedas tiene que tener como objetivo potenciar y conservar la biodiversidad y según la Directiva marco del Agua se tiene que conseguir en todas las masas de agua, y mucho mas en aquellas que tienen una especial protección, un Buen Estado Ecológico, estado que esta lejos de tener en este momento.

Para restaurar esta zona húmeda, y en general todas ellas, habría que:

a) Crear una banda de amortiguamiento constituida por un cinturón de vegetación fuera del alcance de la lámina máxima de inundación. Absorbería nutrientes agrícolas y crearía biovolumen ó heterogeneidad topográfica que favorece la biodiversidad.

b) Introducir diversidad de bancos granulométricos en los litorales.

c) Plantar macrófitos acuáticos. La no existencia de formaciones de macrófitos acuáticos emergentes como los carrizales y las espadañas en muchos litorales no se debe a las fluctuaciones de la lámina de agua, sino a la imposibilidad de colonización y estructura del sustrato. Asimismo entre los macrófitos flotantes pueden repoblarse especies que literalmente "filtran" los nutrientes del agua, contribuyendo a la mejora de su calidad, muchas de las cuales son utilizadas en la depuración biológica de las aguas. Hay que seleccionar aquellas especies cuyos rizomas soportan períodos muy prolongados de sequía con el fin de asegurar su persistencia en función de acontecimientos imprevistos derivados del clima.

d) Instalación de vigilancia permanente en la zona, que controle los usos

e) El control de introducción de especies foráneas .

Todas estas medidas requieren de un plan de análisis y regulación, que queda fuera del contexto de este proyecto.

9.3. Propuesta de actuaciones a realizar en la Laguna de Lakanduz

9.3.1. Antecedentes y consideraciones generales

La laguna de Lakanduz es un humedal natural que ha estado sometido a una actividad antropogénica importante a lo largo de su historia, lo que ha conducido a una serie de impactos que han modificado su evolución como humedal.

Posiblemente su origen se debe a una depresión del terreno capaz de retener agua de lluvia y que originó una laguna somera. **La evolución natural de esta laguna sería (en una escala de tiempo de cientos de años) hacia una turbera**, debido a los procesos naturales de colmatación y acumulación de materia orgánica en condiciones de pH bajo y anoxia, que dificultan su mineralización y descomposición.

En la época en que los montes de Izki eran frecuentados por los carboneros, esta laguna se utilizó como "piscifactoría": esto es se soltaron barbos para luego pescarlos, por lo que pensamos que **se favoreció el sistema acuático, quizá aumentando la capacidad de la laguna por excavación y/o extracción de sedimentos**. Desde un punto de vista limnológico esto supuso un "rejuvenecimiento" ya que se limitó su evolución hacia turbera.

Otro de los impactos ocasionados por el uso de la laguna consiste en la afluencia de ganado a la misma para abreviar o pacer en sus inmediaciones. El aporte de nutrientes (contaminación orgánica) que ocasiona el acceso de ganado propicia un enriquecimiento excesivo que permite una proliferación de biomasa planctónica y vegetal; como consecuencia directa la materia orgánica producida tiende a acumularse y dadas las condiciones de acidez, no se descompone, por lo que se estaría favoreciendo el avance acelerado hacia turbera.

Durante el estudio de la laguna, hemos constatado la afluencia regular de ganado a la misma, con lo que los principales impactos negativos que ésta sufre se deben al pisoteo de la vegetación ribereña y acuática y a la contaminación fecal y aporte de nutrientes a sus aguas.

La laguna de Lakanduz es un humedal singular desde el punto de vista limnológico. Sobre todo teniendo en cuenta que en la clasificación de los humedales de la CAPV no aparece ninguna tipología a la que pueda adscribirse. Es una laguna distrófica de aguas bicarbonatadas cálcicas, de muy baja mineralización y pH ácido. Su nivel de nutrientes y clorofila *a* indican un medio hipereutrófico; mientras que la densidad de la comunidad planctónica señala un sistema mesotrófico. Las comunidades naturales se encuentran empobrecidas debido a la alteración antropogénica que ha sufrido la laguna, por lo que una de las principales recomendaciones sería eliminar estos impactos.

A nivel general, pero no por ello menos importante, concluimos como una recomendación fundamental, el estudio limnológico del conjunto de humedales del Parque Natural de Izki, con el objetivo general de confirmar si muestran unas características comunes a las definidas para la laguna de Lakanduz y proponer su protección como conjunto de humedales singulares, así como la inclusión en el Avance del P.T.S. de una tipología propia que los defina.

9.3.2. Propuesta de actuaciones

Actuaciones según 2 grupos:

1) Consideramos que se debería favorecer la **evolución natural** del humedal de Lakanduz, para ello la primera actuación debería ser **evitar cualquier posible actuación antropogénica** en la laguna o en sus inmediaciones, para ello proponemos:

- realizar un **cerramiento estricto (cierre ganadero)** en el entorno de la cuenca visual de la lámina de agua. Podría coincidir con la denominada Zona de banda próxima definida en el P.T.S. como una corona circular en torno a la cubeta de un ancho aproximado de 50 m, con una amplitud variable en función de las condiciones topográficas del terreno, así como a la presencia de pistas, acequias, etc.
- delimitar una **banda de protección** o Zona del entorno, de unos 200 m de diámetro, donde se realizaría una restricción de usos de acuerdo con lo señalado en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Izki.
- la **pista forestal** que permite el acceso a la laguna quedaría incluida en esta banda de protección y también en la zona de banda próxima, por lo que para

evitar el impacto de la circulación de vehículos tan próximos al humedal, proponemos:

- . si es posible la construcción o (utilización si existe) de otra pista que lleve el tráfico fuera de la zona de protección con el objetivo de restringir al máximo la circulación de tráfico a motor en la zona de protección

- . además teniendo en cuenta que es necesario el acceso a la laguna para el seguimiento de su evolución, se propone construir un paso elevado de madera sobre el actual límite norte de la laguna.

2) Para favorecer la recuperación limnológica de la laguna y que **siga un proceso natural de evolución como humedal distrófico**, probablemente hacia turbera (aunque a en una escala de tiempo que escapa a nuestras consideraciones), proponemos:

- a) **restringir la toma de agua de la laguna:** al evitar el acceso de ganado para abreviar, se recuperarían las condiciones naturales y el régimen de oscilación del volumen de la laguna sería el natural, presentando sequía o estiaje si las condiciones lo determinan.
- b) **no actuar sobre los sedimentos acumulados** actualmente en Lakanduz, ya que esto supondría una grave afección a la fauna existente (anfibios, formas larvianas, insectos, etc.), a la vegetación por la eliminación de propágulos vegetales, y un impacto negativo general a la zona (con la entrada de maquinaria pesada), además del alto coste económico que implicaría.
- c) Por lo que respecta a la **vegetación acuática de macrófitas**, proponemos dejar que la comunidad vaya evolucionando progresivamente de forma natural; no obstante respecto a la orla de vegetación de la orilla y banda próxima, sería conveniente introducir especies afines a este medio y que estén presentes en las otras zonas húmedas (charcas y balsas) del Parque Natural de Izki.
- d) Al no extraer agua, ni haber un aporte de nutrientes por parte del ganado, consideramos que la química de las aguas evolucionará hacia condiciones naturales. No obstante sería preciso realizar un **seguimiento periódico para controlar la evolución del humedal**, con un programa de vigilancia con menor intensidad del realizado, pero prolongado a varios años.
- e) No hay duda del interés ecológico de la laguna de Lakanduz, comparable con los humedales poco mineralizados y persistentes que abundan en el clima relativamente húmedo del norte de Castilla y León, como es el caso de la laguna Diez, en Poza de la Vega (Palencia), que conserva en su entorno su vegetación forestal originaria de roble melojo (*Quercus pyrenaica*) o de las lagunas estables y someras de Sanabria (Aldasoro et al, 1984). Sin embargo, sería preciso un **estudio más completo del conjunto de humedales (naturales o no) del entorno de Izki**, para poder realizar una definición concreta del estado ecológico de las lagunas, balsas y turberas de este espacio natural, que permita su inclusión en el Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas.

10. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Series monográficas. MOPT.
- AA.VV. 1999. Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes. Ed. Gobierno Vasco.
- APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17 Edición. Ed. Díaz Santos, S.A. Madrid.
- Aldasoro, J., C. de Hoyos, J.C. Vega & B.G. de Vicuña. 1984. Comunidades de plantas macrófitas y de crustáceos en las lagunas de montaña del NW de España. *Limnetica* 1: 111-115.
- Casado de Otaola, S. & C. Montes del Olmo. 1995. Guía de los lagos y humedales de España. Ed. J.M. Reyro Editor.
- EVE. 1996. Mapa Hidrogeológico del País Vasco. Ed. EVE.
- Gobierno Vasco. 1996. Vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. 1996. Ed. Gobierno Vasco.
- Hutchinson, G. E. 1957. A treatise on limnology. Vol I. Geography, physics and chemistry. Ed. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Lacroix, G. 1991. Lagos y ríos. Medios vivos. Ed. Plural.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega, Barcelona.
- Negro, A.I., D. De Hoyos, J.J. Aldasoro & J.C. Vega. 2000. Comparación del fitoplancton de dos ecosistemas de montaña: laguna y turbera de La Clara (Sierra Segundera, Zamora). En: Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica, Colección de Estudios N° 63. UAM Ediciones.
- OCDE. 1982. Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. OCDE. Paris.
- Palmer, M.A., S.L Bell & I. Butterfield. 1992. A botanical classification of standing waters in Britain: applications for conservation and monitoring. In: Aquatic conservation. Marine and Freshwater ecosystem, Vol.2, 125-143.
- Pérez Martínez, C. & P. M. Sánchez Castillo. Dinámica de la comunidad fitoplanctónica de una laguna somera (Padul, Granada). 1990. *SCIENTIA gerundensis*, 16/2:99-112.
- Rodier, J. 1998. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar. Ed. Omega, Barcelona.
- Wetzel, R. G. 1981. Limnología. Ed. Omega, Barcelona.

