

# Estudio limnológico de las charcas de Maracalda y Kulukupadra



**biodibertsitatea  
eta paisaia**  
BIODIVERSIDAD Y  
PAISAJE

2004

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN ETA LURRALDE  
ANTOLAMENDU SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE  
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

 **ingurumena.net**

# **ESTUDIO LIMNOLÓGICO DE LAS CHARCAS DE MARACALDA Y KULUKUPADRA (ZUIA, ALAVA)**

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

**Enero de 2004**

**Dirección y Coordinación:**

**Álvaro Chicote Díaz**

**Equipo de trabajo:**

**Adel el Anjoumi el Amrani**

**Carmen Fernández-Enríquez**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>COMPLEJO PALUSTRE DE ALTUBE</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>CARACTERIZACIÓN LIMNOLÓGICA</b> .....	<b>18</b>
6.1	PARÁMETROS FÍSICOS .....	18
6.1.1	MORFOMETRÍA.....	18
6.1.2	HIDROLOGÍA .....	21
6.1.3	PROPIEDADES ÓPTICAS. TRANSPARENCIA DEL AGUA.....	23
6.1.4	RÉGIMEN TÉRMICO. TEMPERATURA DEL AGUA .....	25
6.2	PARÁMETROS QUÍMICOS .....	28
6.2.1	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	28
6.2.2	OXÍGENO DISUELTO .....	30
6.2.3	pH .....	31
6.2.4	NUTRIENTES .....	32
6.3	PARÁMETROS BIOLÓGICOS .....	39
6.3.1	PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS.....	39
6.3.2	FITOPLANCTON.....	42
6.3.3	ZOOBENTOS .....	45
6.4	ESTADO TRÓFICO .....	49
<b>7</b>	<b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN</b> .....	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>57</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>59</b>

## **1 INTRODUCCIÓN**

Los humedales son, probablemente, los ambientes naturales que más atención han acaparado en los últimos años. La elevada riqueza natural que ofrecen los constituye como uno de los ecosistemas más ricos y singulares. Pero no es este el único aspecto relevante; además de actuar como destacado refugio de biodiversidad, los humedales desempeñan un papel importante en la modulación de las condiciones climatológicas, en el ciclo hidrológico (control de avenidas, recarga de acuíferos) y el de los materiales (retención y exportación de sedimentos y nutrientes), en la productividad biológica y en la depuración de las aguas, sin olvidar otros valores, quizás menos tangibles pero sin duda de igual importancia como son el paisajístico y el sociocultural (Viñals, 2002). Por todo esto, actualmente los humedales son considerados como uno de los mejores indicadores de la salud ecológica del medio natural y de las medidas de conservación adoptadas por la Administración competente (Casado y Montes, 1995).

Cuando todos estos valores son buscados en enclaves de pequeño tamaño, como son los que han motivado este estudio, parece que el entusiasmo nos volcara a multiplicar injustificadamente sus atributos. Puede resultar desmesurada y poco creíble tanta bondad en tan poco espacio, pero lo cierto es que cada charco que salpica el paisaje, por modesto e insignificante que nos parezca, tiene una importante capacidad de convocatoria para la vida. Aun más, la diversidad de formas en que el agua confluye en el paisaje hace que ésta genere una gran variedad de escenarios a la que se apuntan un número no menos rico de actores. Su catalogación como pequeños encharcamientos no es más que una ingrata clasificación de tan variopintos ambientes. Los términos badinas, bañaderos, bassas, bodones, buhuedos, charcas, chortales, clotas, estragadales, gándaras, guarenas, hoyas, idois, lamas, lavajos, navajos, ontrones, salzas y ullales, entre otros, son topónimos que frecuentemente aparecen en nuestra cartografía y definen parajes y localidades asociados a pequeñas formaciones palustres y, de alguna forma, tan variada hidronimia no es más que un reflejo de la gran diversidad tipológica de ambientes húmedos de pequeño tamaño que puede constituir el agua y que, hasta el saber popular, es capaz de apreciar y diferenciar.

A pesar de ello, las principales políticas dirigidas a la gestión y planificación hidrológica habitualmente pasan por encima de elementos tan aparentemente insignificantes por los escasos recursos hídricos que ofrecen. Más aun, cuando se trata de la elaboración de inventarios, generalmente diseñados para abarcar amplios territorios, suelen pasar por alto elementos que no alcancen unas determinadas dimensiones. Su reducido tamaño es también el motivo de que escaseen los elementos bandera de las principales corrientes conservacionistas y que, en este sentido, también hayan sido mayoritariamente dejados de lado. Pero no solo la actividad divulgativa se ha olvidado de los pequeños enclaves palustres; hasta no hace mucho, los únicos estudios científicos desarrollados sistemáticamente en humedales eran llevados a cabo

por ornitólogos que encontraban pocos o ningún elemento de interés en todo aquello que no alcanzara las proporciones que requiere la avifauna acuática para su desarrollo.

Las características climatológicas y geológicas unidas a la topografía de la Península Ibérica no han favorecido la formación de grandes lagos, pero si la aparición de láminas de agua de pequeño tamaño que, pese a sus modestas dimensiones, alberga una destacada diversidad tipológica, y también biológica. El patrimonio de humedales vascos es un claro ejemplo de esta situación. Aunque de escasa entidad, el País Vasco en general y la provincia alavesa en particular, posee un importante número de zonas húmedas interiores, máxime si sumamos a las de origen natural, las artificiales como pueden ser las constituidas por algunos embalses y balsas de riego. Así, con excepción de algunos humedales costeros (Urdaibai y Txingudi), la mayoría de los humedales vascos presentan una superficie inferior a 0,5 Ha (Montes, 1994) y una profundidad menor de 2 m, siendo muchos los casos en los que se da una ausencia de lámina de agua libre durante largos periodos del ciclo hidrológico (sistemas temporales) o de forma permanente (criptohumedales).

Inicialmente incluidas dentro de la ecorregión definida como Sierra de la Divisoria (Montes, 1994), las dos charcas estudiadas se encuentran, según los criterios de regionalización de la Directiva Marco, dentro de la región Montaña Húmeda (DOTMA, 2002). Localizadas dentro del diapiro de Murgia, Maracalda y Kulukupadra se encuentran en un entorno salpicado de pequeños humedales que, en su conjunto, constituyen uno de los complejos palustres más destacados del territorio alavés (Montes, 1994). En la actualidad se está llevando a cabo la caracterización limnológica de los humedales más relevantes de este complejo (Monreal y Lamiogin). Así, el presente trabajo tiene como fin complementar los mencionados estudios y poder así tener una información más completa de este conjunto que constituyen las llamadas charcas de Altube.

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

## **2 OBJETIVOS**

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

El OBJETIVO BÁSICO que se ha pretendido cubrir con el presente trabajo ha sido el de poder conocer los valores ambientales que actualmente se pueden encontrar en alguno de los humedales denominados “Charcas de Maracalda y Kulukupadra”.

Para ello se han considerado los siguientes OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar sus características morfológicas.
- Definir su funcionamiento hidrológico.
- Determinar sus características hidroquímicas.
- Caracterizar las comunidades acuáticas.
- Dar un diagnóstico del estado en el que se encuentran y definir propuestas de actuación encaminadas a mejorar los valores ambientales que actualmente presentan.

### **3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

Las dos charcas recogidas en el presente trabajo se encuentran ubicadas al noroeste de la provincia de Álava (Maracalda: UTMX = 511029, UTM Y = 4758333; Kulukupadra: UTMX = 511163, UTM Y = 4757379), en el término municipal de Zuia, siendo la localidad de Altube la población más cercana. Ambas se encuentran ubicadas en el paraje conocido como Barranco de Corraladas, a una altitud comprendida entre 620 y 615 msnm, según lo recoge el mapa topográfico nacional: Orduña 111 (21-7) (Figura 1).

A menos de 20 km en línea recta del casco urbano de Vitoria, su acceso puede realizarse tomando la carretera N-622 hasta llegar a las inmediaciones de la localidad de Murgia. A partir de aquí, el acceso a ambos humedales debe realizarse por diferentes vías:

Para acceder a la Charca de Maracalda, tomaremos en el kilómetro 21,9 la carretera A-624, dirección Amurrio; a menos de 2 Km encontramos las primeras casas de Altube y un camino rural que se incorpora al lado derecho de la carretera que llevamos. El acceso a partir de aquí debe hacerse a pie, atravesando un prado que parte de atrás de las casas, encontrándose la charca a menos de 200 m. de la carretera.

Para llegar a la Charca de Kulukupadra debemos continuar la N-622 hasta el kilómetro 22,7. En este punto encontraremos un giro a derecha, dirección Orduña, e inmediatamente, a algo más de 300 m tomaremos un nuevo giro a derecha. Continuando por este camino y a menos de 300 m se incorpora una pista a derecha que da acceso a un vivero. A partir de aquí se debe continuar a pie, en dirección noroeste, encontrándose el humedal a menos de 300 m.

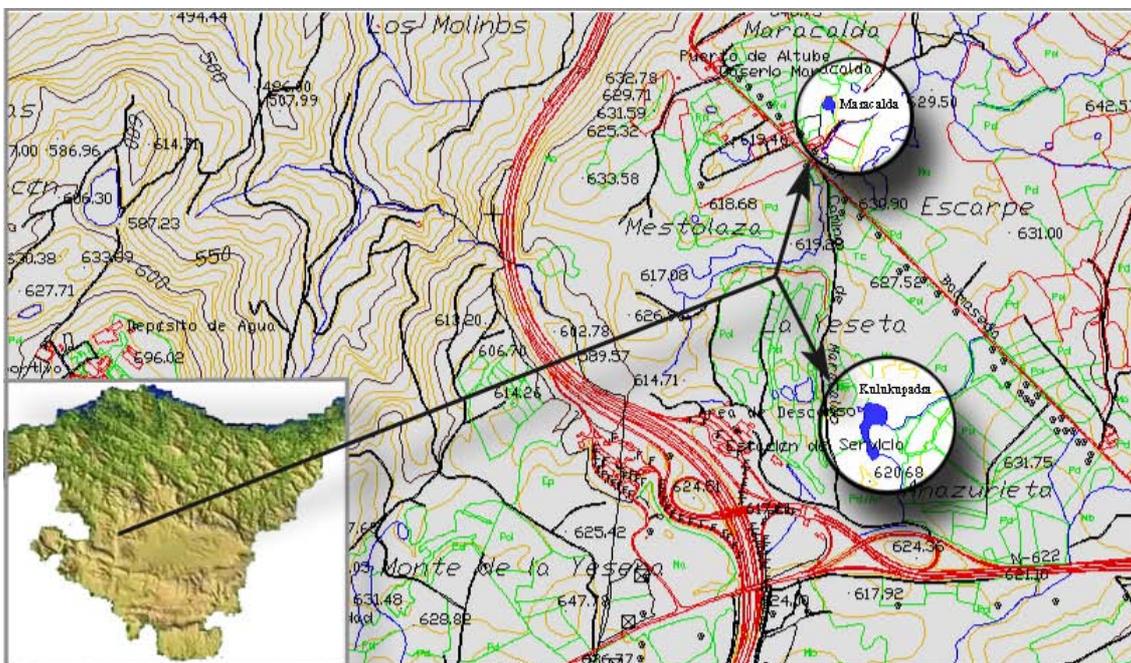


Figura 1. Localización geográfica de las charcas de Maracalda y Kulukupadra.

## 4 METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El trabajo de campo fue realizado durante el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003, en diferentes campañas de muestreo que se llevaron a cabo con una periodicidad mensual. Tanto las determinaciones *in situ* como la recogida de muestras para su posterior análisis en laboratorio se realizaron sobre sus cubetas principales, en la zona de máxima profundidad. Dada la reducida dimensión de ambas, el reconocimiento de sus cubetas fue realizado a pie, o desde las orillas cuando la profundidad así lo exigía.

Las mediciones realizadas en campo corresponden a los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH, empleándose para su determinación una sonda multiparamétrica (modelo: YSI MPS 556). Además de éstas también fue estimada en campo la transparencia del agua mediante el empleo de un disco de Secchi.

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

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

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

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

examinada al microscópico óptico. La identificación se llevó, siempre que se pudo, a nivel de especie.

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

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

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

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

## 5 COMPLEJO PALUSTRE DE ALTUBE

Maracalda y Kulukupadra forman, junto a otras 14 charcas, uno de los complejos palustres más destacado de Álava y que en su conjunto son conocidas como charcas de Altube. Situadas en el cuadrante noroccidental de la Provincia de Álava, dentro de la Comarca conocida como Estribaciones del Gorbea, las 16 charcas se encuentran dispersas por una cuadrícula de 4,68 Km<sup>2</sup>, de coordenadas UTMX = 508543-511857 y UTM Y = 4757001-4758403 (Figura 2).

Inmerso en la unidad de la divisoria, las charcas de Altube se encuentran en una zona con condiciones climatológicas de carácter atlántico e influencia oceánica. Se trata por tanto de una área que climatológicamente se caracteriza por presentar oscilaciones térmicas leves (5-18°C), con inviernos suaves y veranos templados y precipitaciones abundantes y bien distribuidas a lo largo de todo el año (Figura 3).

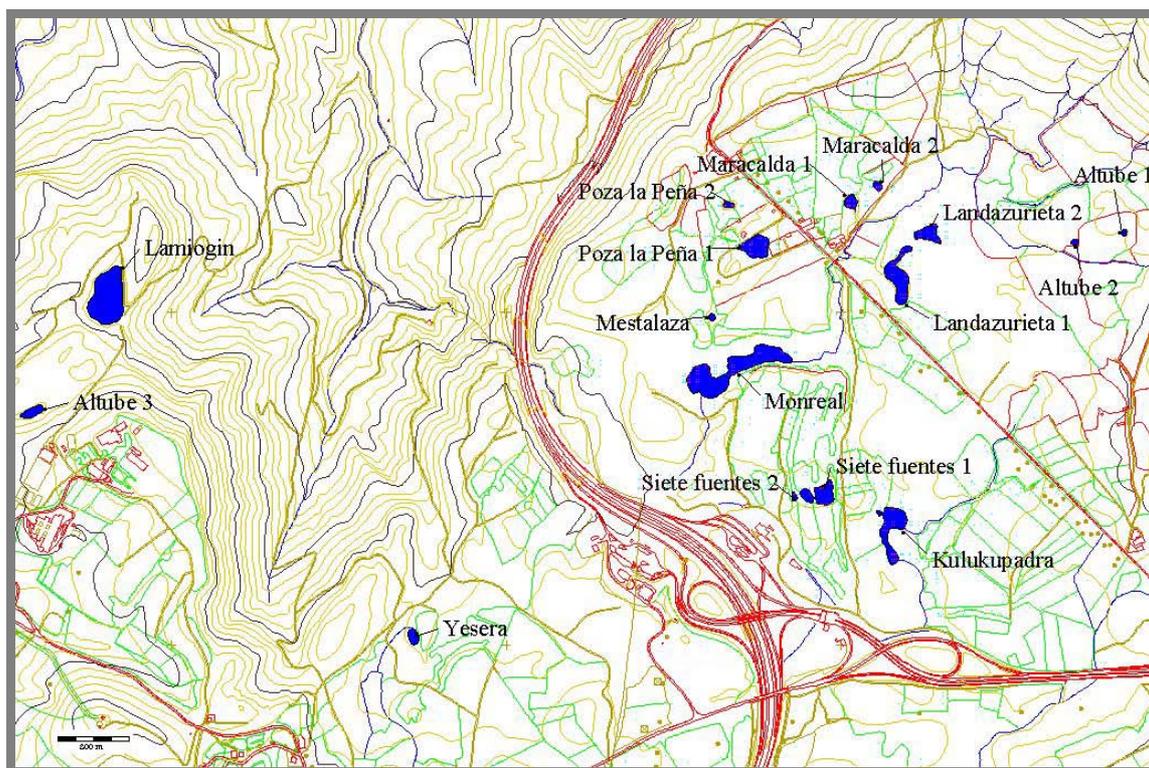


Figura 2. Localización geográfica de las charcas de Altube.

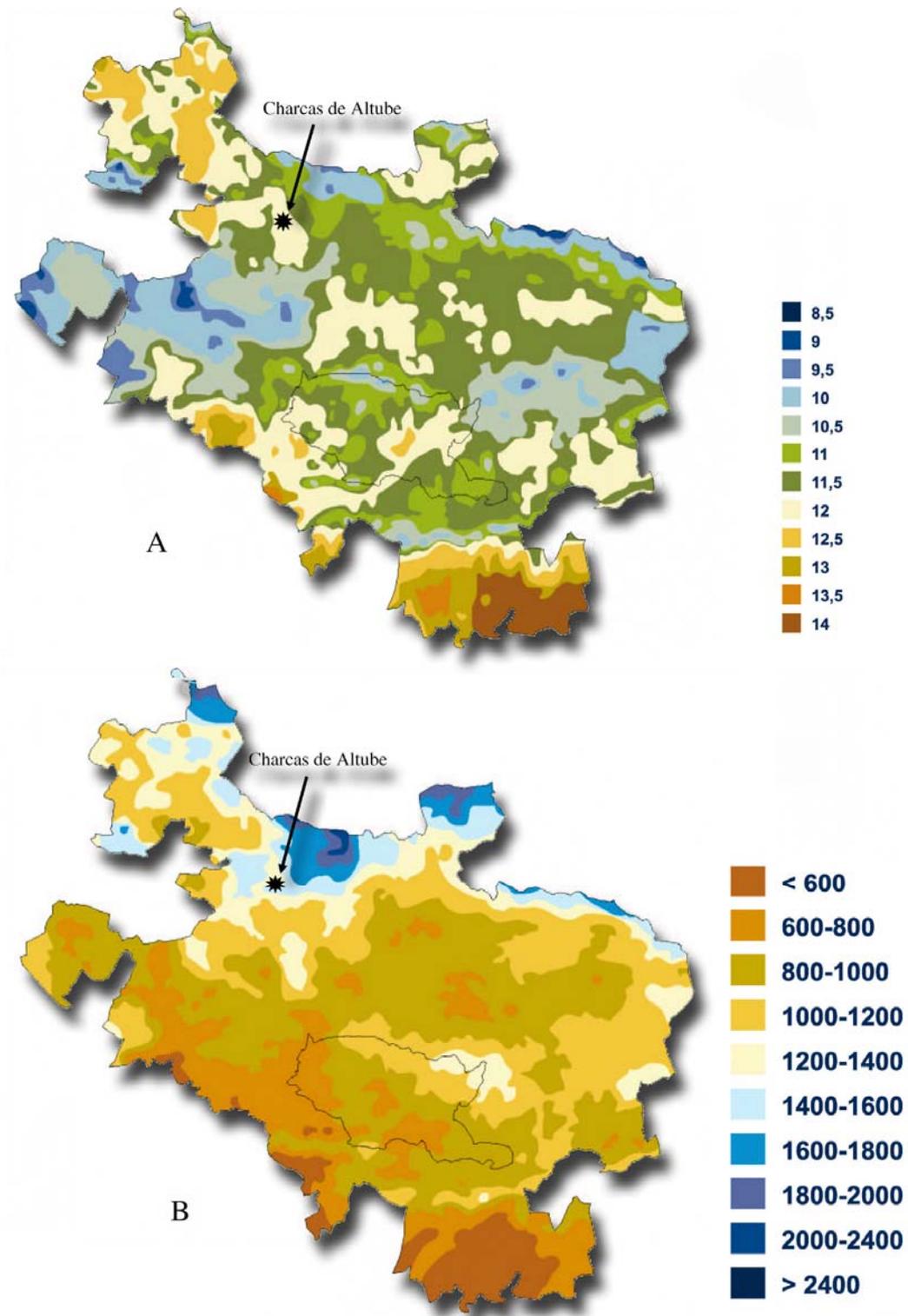


Figura 3. Temperatura (A) y precipitación media anual (B) en Álava (FUETE: Diputación Foral de Álava).

Desde un punto de vista geológico, a grandes rasgos, las charcas de Altube se encuentran localizadas sobre rocas básicas y, mayoritariamente sobre el Keuper, dominando arcillas abigarradas de colores rojos y facies evaporíticas de yesos, de potencia no muy bien conocida dado el carácter diapírico de la misma. Dentro de éste se encuentran, de forma dispersa pero abundante, rocas volcánicas del tipo ofita desarrolladas en el entorno de fenómenos geológicos diapíricos muy concretos y localizados (Figura 4). En este contexto geológico y bajo la influencia de un clima con abundantes precipitaciones, son favorecidos los procesos de disolución y lavado de los materiales evaporíticos, siendo este el proceso que mayoritariamente a dado lugar a la formación de las cubetas que conforman este complejo palustre.

No es este un hecho aislado ya que, en la provincia de Álava, los diapiros del Keuper presentan un gran número de humedales asociados, habiéndose estimado en estudios anteriores que aproximadamente el 60% de las formaciones palustres vascas de interior se encuentran localizados en estas formaciones geológicas (Montes, 1994).

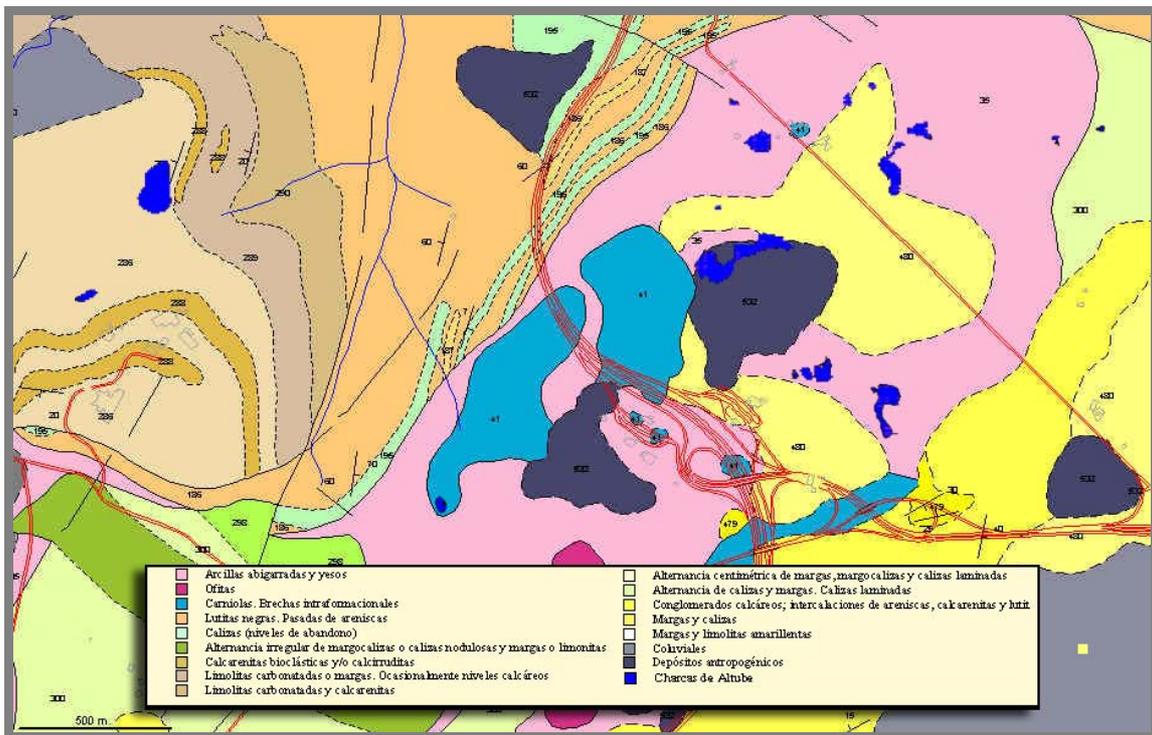


Figura 4. Mapa geológico (FUENTE: EVE, 2001).

Hidrológicamente, las charcas de Altube pertenecen a la cuenca hidrográfica del río que lleva su mismo nombre. El Altube es un río de corto trazado, con una cuenca de drenaje de 110 Km<sup>2</sup>, de régimen pluvial oceánico y de dirección norte-sur que atraviesa perpendicularmente las unidades geológicas que constituyen su cuenca de drenaje. El río Altube pertenece a la Unidad Hidrológica del Ibaizabal y su cuenca de drenaje se encuentra repartida administrativamente entre las provincias de Álava y Bizkaia, siendo uno de los pocos ríos alaveses que vierte sus aguas al Cantábrico. Los humedales que constituyen este complejo palustre se encuentran situados en la cabecera de su cuenca, muy próximos a la divisoria de aguas (Figura 5).

Desde un punto de vista morfológico, las charcas de Altube presentan un aspecto variado, predominando las formas redondeadas ( $\bar{D}_L = 1,27$ ) y encajadas en la topografía. Son, en términos generales, formaciones palustres de muy modestas dimensiones (área media < 0,5 Ha) y de escasa profundidad ( $Z_{max} < 2m$ ). Destacan en el conjunto por sus proporciones las lagunas de Lamiogin y Monreal, ambas de superficie superior a la hectárea y de profundidad máxima superior a 5m, en el caso de la primera (Tabla 2).

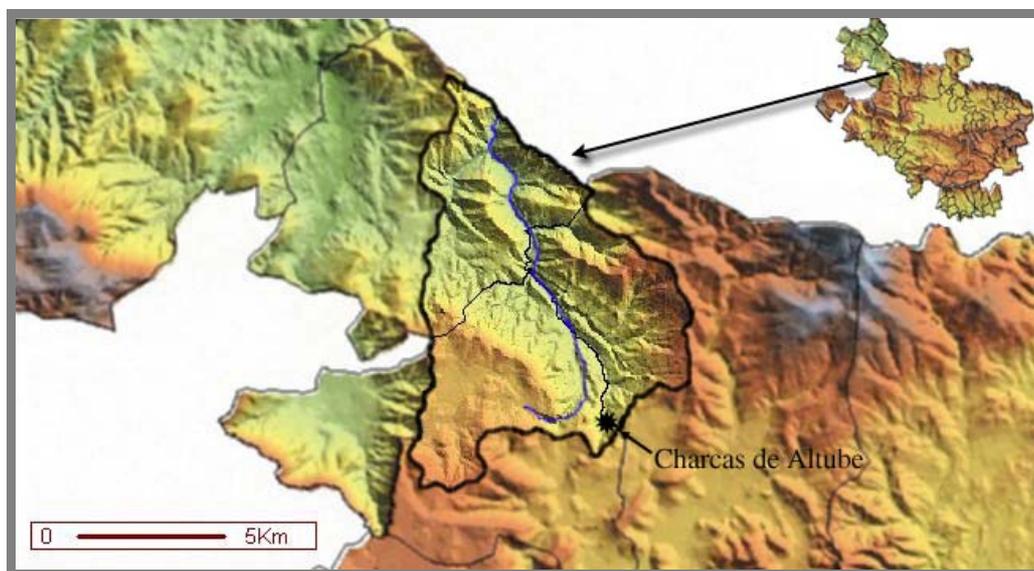


Figura 5. Cuenca de Drenaje del río Altube en Álava.

A pesar de la reducida superficie que ocupan todas estas charcas y lagunas (6 Ha), el conjunto presenta una notable diversidad, con ciclos hidrogeológicos peculiares y aportes de aguas subterráneas, lo que les confiere especial relevancia. Su importancia geomorfológica, a nivel regional, es muy alta. Igualmente excepcional es su importancia ecológico-naturalística (DOTVMA, 1998). Aunque con un predominio de elementos eurosiberianos, su ubicación en zona de transición bioclimática permite la presencia cercana de unidades mediterráneas, dando lugar a hábitats excepcionales para la vida silvestre en el País Vasco.

Por todo ello, las charcas de Altube han sido calificadas en el Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas de la CAPV, actualmente en tramitación, como humedales de importancia nacional. Su destacado valor ambiental, junto al de su entorno próximo, ha propiciado que en su mayor parte estos humedales se encuentren incluidos dentro de uno de los espacios naturales más importantes de Álava, el Parque Natural de Gorbeia (Figura 6).

Tabla 2. Principales descriptores morfométricos de las charcas de Altube. Los nombres asignados a cada humedal corresponden a entrevistas hechas en la zona y a topónimos recogidos en la cartografía; a los que carecían de una nominación concreta se les ha asignado el término “Altube” seguido de un número de orden distintivo.

Nombre	UTM		Altitud (msnm)	Area (m <sup>2</sup> )	P (m)	D <sub>L</sub>	L <sub>max</sub> (m)	B <sub>max</sub> (m)	B <sub>med</sub> (m)	Z <sub>max</sub> (m)
	X	Y								
Altube 1	511846	4758242	640	266	60	1,04	22	16	12	
Altube 2	510861	4757447	634	333	71	1,10	27	16	12	
Altube 3	508597	4757679	620	1530	170	1,23	75	28	20	
Kulukupadra	511163	4757379	615	6593	519	1,80	174	62	38	2,0
Lamiogin	508816	4758063	585	13600	466	1,13	171	108	80	5,6
Landazurieta 1	511170	4758113	620	6255	475	1,69	177	70	35	
Landazurieta 2	511258	4758238	620	2642	232	1,27	84	49	31	
Maracalda 1	511029	4758333	620	1263	135	1,07	45	41	28	2,5
Maracalda 2	511108	4758381	620	553	89	1,07	31	74	18	
Mestalaza	510614	4757986	620	326	66	1,03	22	18	15	
Monreal	510696	4757823	618	16586	864	1,89	318	107	52	2,2
Poza la Peña 1	510740	4758199	620	4358	265	1,13	94	74	46	
Poza la Peña 2	510664	4758324	620	438	82	1,11	32	16	14	
Siete fuentes 1	510927	4757459	619	4234	353	1,53	105	76	40	
Siete fuentes 2	511698	4758212	619	333	71	1,10	22	21	15	
Yesera	509722	4757025	607	1194	131	1,07	52	31	23	
<b>Promedio</b>			619	3781	253	1,27	91	50	30	

(P: perímetro, D<sub>L</sub>: desarrollo de la línea de costa, L<sub>max</sub>: longitud máxima, B<sub>max</sub>: anchura máxima, B<sub>med</sub>: anchura media, Z<sub>max</sub>: profundidad máxima)

A pesar de su privilegiada ubicación, las charcas de Altube se encuentran actualmente sometidas a diferentes factores de tensión que ponen en peligro su integridad. El estado actual de estos humedales tiene en común una reducción de su número inicial y un grado de alteración debido a diversas actuaciones de relleno, explanaciones y movimientos de tierras, que en muchos casos afectan directamente a la morfología de las cubetas y a la red de drenaje. Las charcas estudiadas no están exentas de estas transformaciones y actualmente se encuentra afectado tanto su régimen hídrico como la topografía de sus orillas.

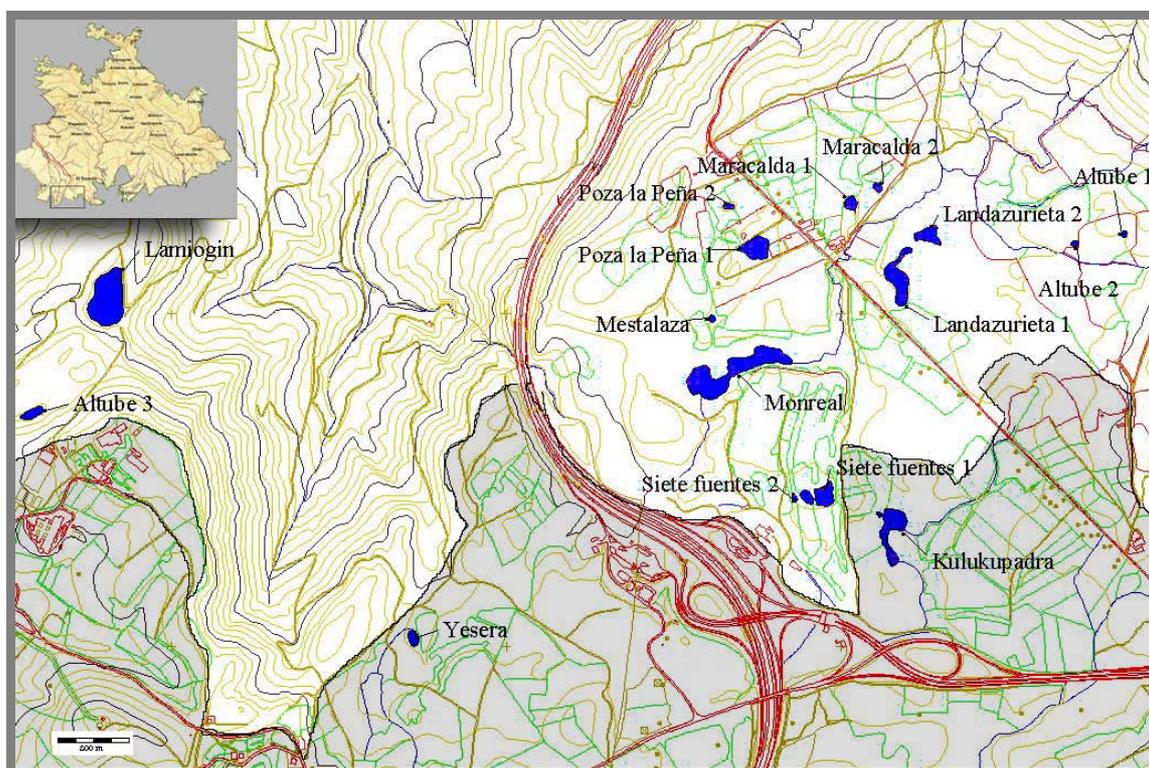


Figura 6. Como puede apreciarse en este mapa ampliado del Parque Natural del Gorbea, la mayor parte de las charcas de Altube se encuentran localizadas dentro de los límites de este espacio protegido.

## 6 CARACTERIZACIÓN LIMNOLÓGICA

### 6.1 PARÁMETROS FÍSICOS

#### 6.1.1 MORFOMETRÍA

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

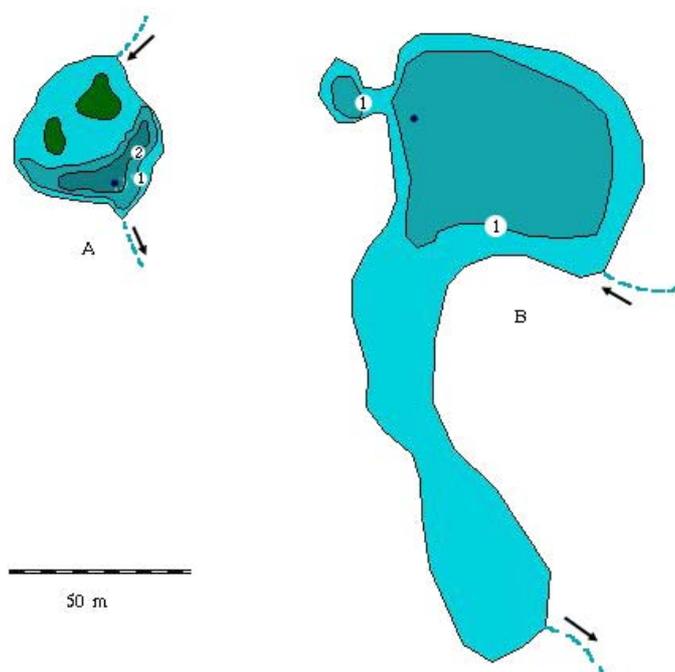


Figura 7. Batimetría de las charcas de Maracalda (A) y Kulukupadra (B). El símbolo circular (●) señala el punto de profundidad máxima, siendo también éste el lugar donde se tomaron las muestras para la caracterización limnológica. Las flechas indican el sentido de entradas y salida de agua superficial a los humedales.

Las características morfológicas de estos humedales han sido analizadas a partir de ortoimagen, con comprobación en campo de su validez. Ambas charcas muestran forma y tamaño muy distintos (Figura 7 y Tabla 2).

La charca de Maracalda se encuentra constituido por una lámina de agua de pequeñas dimensiones ( $A= 1.263 \text{ m}^2$ ), con longitud ( $L_{\text{max}}= 45\text{m}$ ) y anchura máxima ( $B_{\text{max}}= 41$ ) muy parecidas. El origen kárstico de su cubeta determina la morfología casi circular de la cubeta ( $D_L=1,07$ ) y la elevada pendiente de sus orillas (principalmente las de su lado sur), lo que limita en cierta medida el desarrollo de las comunidades litorales, pero que se ve en gran medida compensado por el carácter somero de la mayor del humedal. Interiormente, la cubeta presenta dos islotes de pequeñas dimensiones (Figura 7) que favorece en gran medida la diversificación de habitats. A pesar de sus reducidas dimensiones, Maracalda alcanza una profundidad máxima de 2,5 m, que junto a la protección ofrecida por las orillas y la vegetación arbórea que salpica toda la cubeta frente a la acción mecánica del viento (Figura 8), hace que se den condiciones idóneas para la estratificación de sus aguas.



*Figura 8. Aspecto que presentaba Maracalda en primavera de 2003.*

La charca de Kulukupadra presenta un mayor tamaño y una forma más irregular (Figura 7). Con una longitud máxima de 174 m y una anchura máxima de 62 m, este humedal alcanza una superficie de 5.536 m<sup>2</sup>. De aspecto más sinuoso e irregular, Kulukupadra muestra una forma más alargada, con un eje de orientación norte-sur cuando alcanza su nivel máximo. La mitad sur de Kulukupadra, de forma más alargada y estrecha, es también más somera, por lo que la presencia de agua en este sector queda restringida a los meses más húmedos (Figura 9). La mitad norte del humedal está constituida por dos cubetas de formas más redondeadas y profundas (Figura 10); ambas se encuentran conectadas durante los meses húmedos, quedando separadas por un pequeño promontorio durante la mayor parte del año. En realidad, la cubeta pequeña y la zona más profunda de la cubeta principal son el resultado de modificaciones realizadas por el personal del vivero que se encuentra contiguo al humedal, siendo actualmente utilizadas como balsas de riego. El origen también kárstico de Kulukupadra determina también la presencia de orillas abruptas que dificultan el desarrollo de comunidades litorales; sin embargo, al igual que en Maracalda, el carácter somero de este humedal permite el desarrollo de la vegetación acuática y la fauna asociada por toda su superficie.



*Figura 9. Vista parcial del lado sur de Kulukupadra en invierno de 2003.*

Ambas charcas son por tanto pequeños sistemas palustres someros, constituidos por cubetas bien definidas cuyo origen se debe al lavado de yesos y otros materiales solubles pertenecientes al Keuper.



*Figura 10. Vista parcial de la cubeta norte de Kulukupadra.*

### **6.1.2 HIDROLOGÍA**

Las charcas de Maracalda y Kulukupadra presentan características hidrológicas claramente diferenciadas. Así, Maracalda recibe aguas en época de lluvias por precipitación directa y a través de un pequeño arroyo que se conecta por su lado norte (Figura 7). No existe ninguna salida natural en superficie; sin embargo, en la actualidad la cubeta presenta un entubamiento en su lado sur que permite aliviar las aguas cuando estas alcanzan un nivel elevado, evitándose con ello la inundación de los prados contiguos. A pesar de los escasos aportes superficiales, Maracalda mantiene un nivel de aguas bastante estable a lo largo de todo el año lo que sin duda informa de la importancia de los aportes subterráneos, algo que además pudo ser constatado a través de las determinaciones hidroquímicas (ver apartado 6.2.1).

Kulukupadra presenta un funcionamiento distinto al de Maracalda. Su régimen hidrológico natural está marcado por la temporalidad de sus aguas. Los aportes superficiales son más destacados y presenta una red de drenaje muy reducida pero algo más organizada; así, el humedal recibe de forma temporal aguas a través de un pequeño arroyo que se une por su lado noreste, descargando a través de otro pequeño cauce que

se organiza desde su orilla sur (Figura 7). Sin embargo, el nivel de sus aguas presenta una mayor variación que en Maracalda, lo que sin duda es indicativo de que existe una menor participación de las aguas subterráneas en el balance hídrico de este humedal. Así, el funcionamiento natural que parece corresponderle es el de permanente fluctuante en años húmedos, a temporal en años más secos.

Actualmente Kulukupadra se encuentra hídricamente intervenido, sufriendo variaciones en su nivel que se debe a los aportes que recibe por bombeo desde su cubeta pequeña hacia la más grande y las posteriores detracciones desde esta última hacia el vivero forestal. Esta situación se produce cuando el descenso del nivel del agua deja aisladas ambas cubetas y, de esta forma, es aprovechada la mayor capacidad de recarga de la cubeta pequeña (profundizada artificialmente y alimentada por aguas subterráneas), y la mayor capacidad de almacenaje de la cubeta grande.

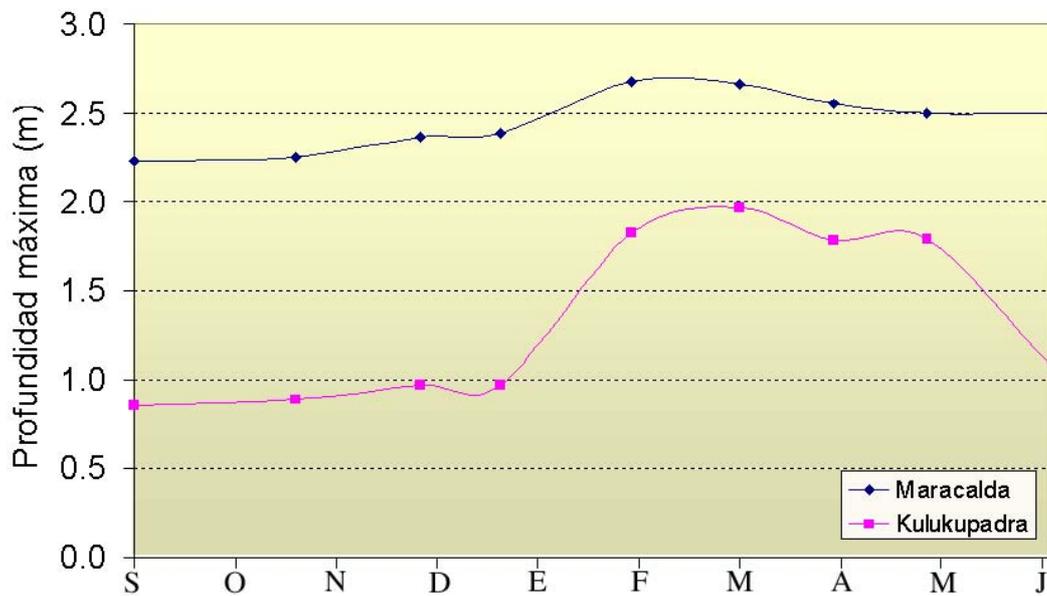


Figura 11. Evolución del nivel del agua durante el periodo estudiado.

Las dos charcas presentaron una dinámica similar durante el periodo estudiado. Así, a finales de agosto, ambos humedales presentaban su nivel más bajo. Posteriormente, con el inicio del nuevo ciclo hidrológico, se inicia un periodo de recarga y recuperación de niveles que se prolongó hasta el mes de febrero. Finalmente, a primeros de marzo se abre un periodo de pérdidas que dejó tanto a Maracalda como a Kulukupadra en un nivel muy cercano al inicial. Aunque de comportamiento similar, los cambios experimentados por ambas es muy distinto (Figura 11). Mientras que Maracalda experimento una fluctuación de menos de 0,5 m, Kulukupadra sufre cambios notables en el nivel de sus aguas y en la superficie inundada.

### **6.1.3 PROPIEDADES ÓPTICAS. TRANSPARENCIA DEL AGUA**

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

Los productores primarios utilizan una fracción muy pequeña de la luz disponible, de manera que se podría pensar que la luz raramente puede ser un factor limitante. Sin embargo, la capacidad de atenuación del agua determina la distribución vertical de la intensidad lumínica y, por tanto, del espacio en el que se dan las condiciones favorables para la producción. Además de estos efectos directos, la absorción de la energía solar y su disipación en forma de calor afectan profundamente a la estructura termal, a la estratificación de las masas de agua, y a los procesos de circulación del agua.

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

La estimación de la transparencia del agua, como ha sido comentado en la metodología, se realizó mediante el empleo del disco de Secchi. Las diferencias entre ambos humedales se reflejan también en las propiedades ópticas de sus aguas. Kulukupadra se caracteriza por presentar unas aguas transparentes, con visibilidad del disco de Secchi hasta el fondo en todos los meses. Por el contrario, Maracalda presentó una limitación

de la luz en la columna de agua durante la mayor parte de los meses (Figura 12). Los procesos de estratificación que se dan en este humedal favorecen el desarrollo de una densa comunidad fitoplanctónica, al nivel de la quimioclina, que actúa de pantalla e impide la entrada de luz hasta el fondo (ver apartado 6.2). Además de éste, otro aspecto debe ser considerado como condicionante de la disponibilidad de luz en Maracalda; su pequeño tamaño junto a la corona de arbolado que rodea el humedal y que incluso se desarrolla en los islotes interiores, actúa como barrera que impide en gran medida la penetración de la luz (Figura 8).

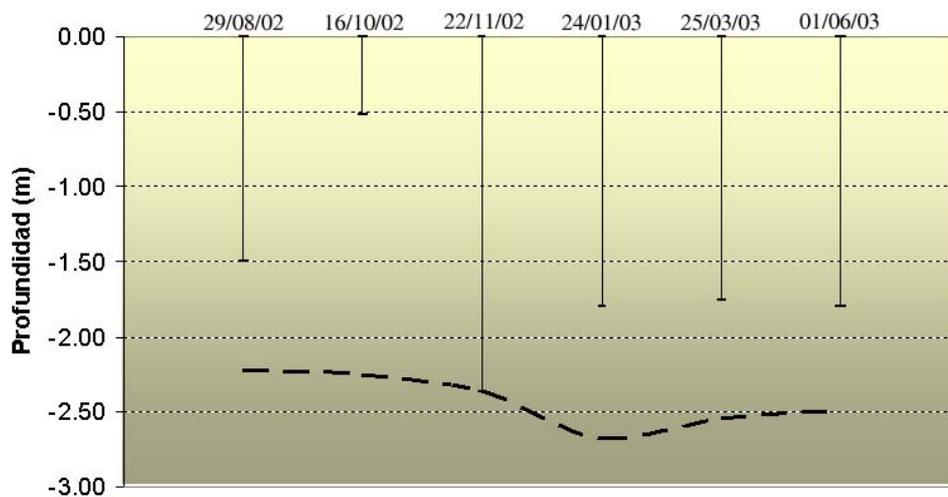


Figura 12. Profundidad de visión del disco de Secchi en Maracalda. La línea discontinua representa la profundidad máxima del humedal.

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

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

Este patrón general de intercambio calórico y energético, que de forma natural se establece entre una masa de agua y su entorno, y que afecta a los primeros metros e incluso centímetros de la columna de agua (zona fótica), puede en ocasiones mostrar variaciones; así, cuando la entrada de aguas en forma de flujo superficial o subsuperficial alcanza cierta magnitud, el aporte calórico y la distribución de las temperaturas dentro del sistema sufre profundas modificaciones que afectan tanto a la estructura termal como a los procesos químicos y biológicos. La escasa profundidad de los humedales estudiados no debería permitir que se llegaran a dar procesos de estratificación, siendo esperable que toda la masa de agua se mantuviera térmicamente homogénea. Sin embargo, ambas charcas presentaron en algún momento marcados gradientes.

Maracalda presenta unas características adecuadas para que, al menos durante algunos meses al año, se establezcan marcados gradientes térmicos. La morfología de su cubeta, la protección frente a la acción del viento que da el arbolado perimetral y la mayor mineralización de las aguas más profundas, impiden el mezclado y facilita el calentamiento de las aguas superficiales. El resultado es la aparición de un gradiente térmico de 1°C/m en el primer metro durante los meses estivales y el principio del otoño de 2002 y de hasta 6°C/m al final de la primavera de 2003 (Figura 13).

Los gradientes observados en Kulukupadra fueron menos pronunciados (Figura 14). Las diferencias de temperatura en profundidad apenas superaron 1°C/m durante los meses de agosto de 2002 y junio de 2003, no apreciándose gradientes destacables durante el resto de los meses.

En cuanto a las aguas superficiales, ambos humedales presentaron una dinámica similar (Figura 15). Con temperaturas máximas al principio del verano y mínimas durante el mes de febrero, las dos mostraron una evolución natural, acorde con las condiciones climáticas de la zona, pudiéndose destacar la ausencia de temperaturas extremas. Aunque apenas se aprecian diferencias entre ambas charcas, Maracalda mantuvo siempre valores ligeramente más bajos que Kulukupadra.

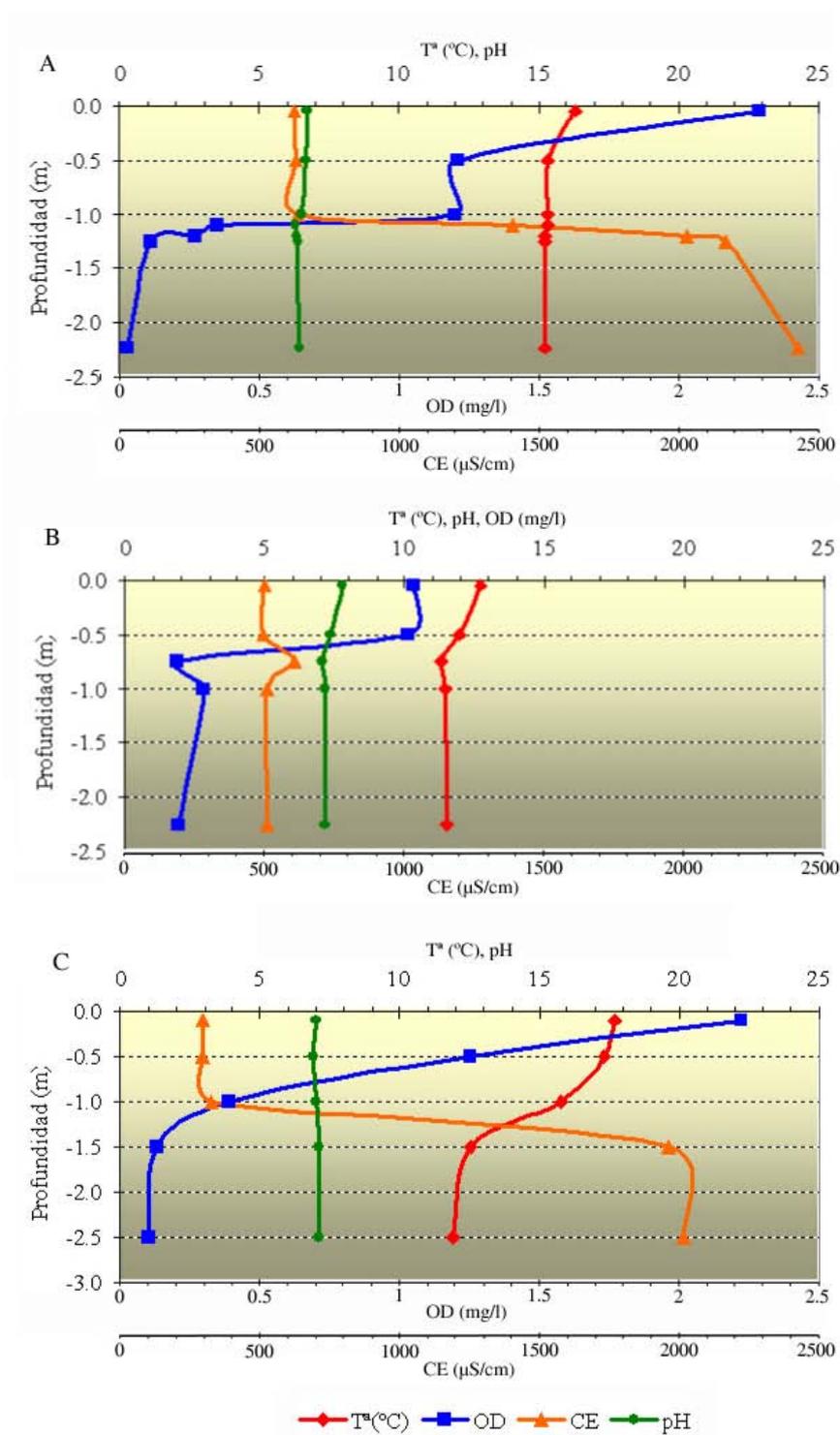


Figura 13. A pesar de la escasa profundidad de Maracalda, son destacables los marcados gradientes que se establecen en la columna de agua. En la figura se muestran los perfiles realizados en agosto (A) y octubre (B) de 2002, y junio (C) de 2003.

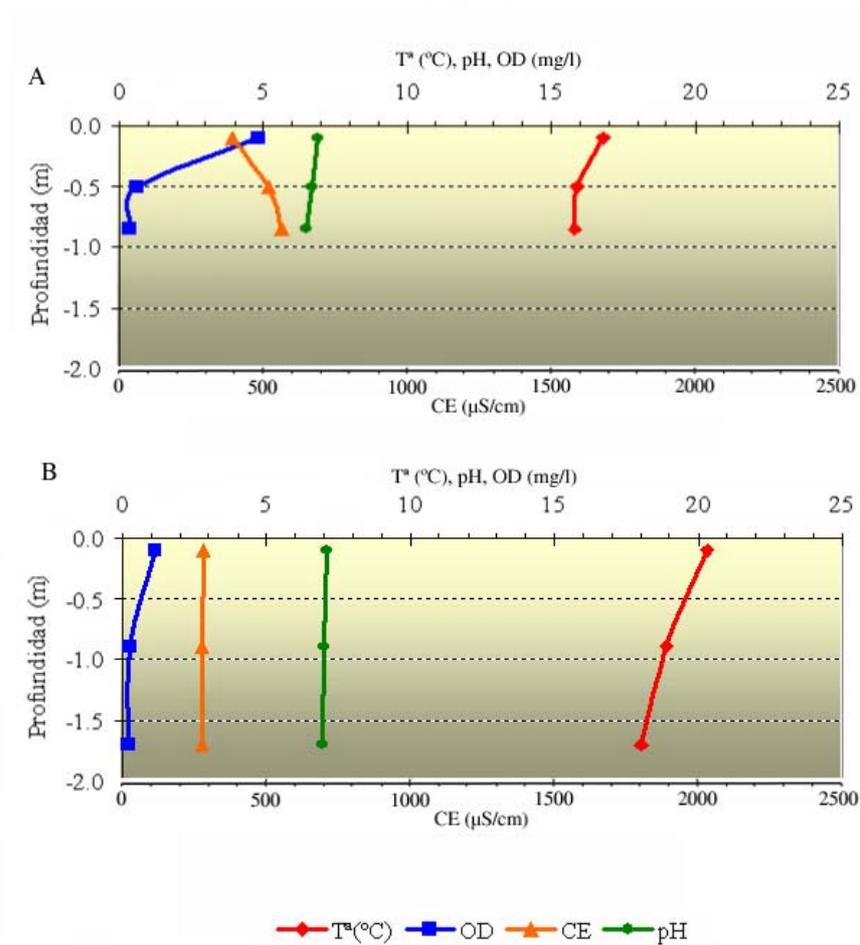


Figura 14. Aunque de forma menos destacada que en Maracalda, Kulukupadra presentó también aguas poiquilotermas y agotamiento de oxígeno en profundidad a finales de agosto de 2002 (A) y a principios de junio de 2003 (B).

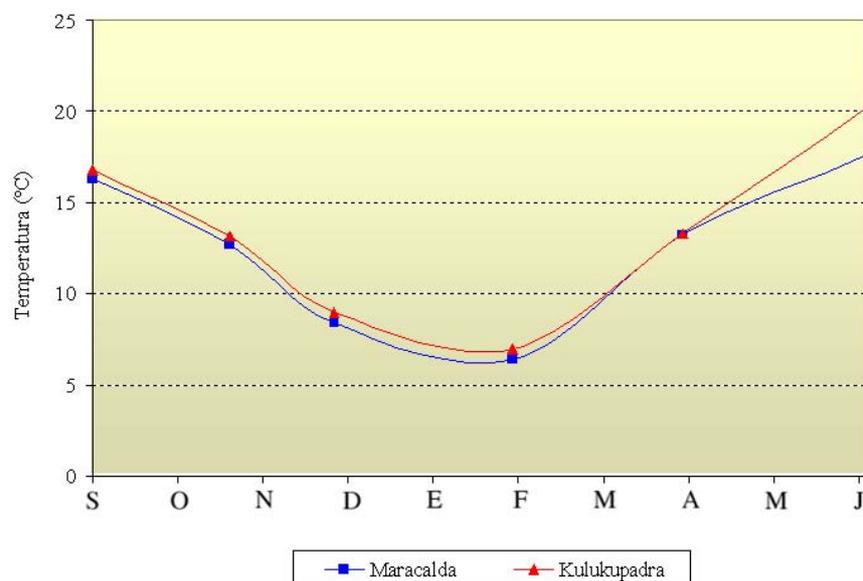


Figura 15. Serie temporal de la temperatura de las aguas en superficie que fueron registradas en el periodo comprendido entre septiembre de 2002 y junio de 2003.

## 6.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

### 6.2.1 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

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

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

en la acumulación de iones a través de procesos de drenaje y lavado de los materiales presentes en las cuencas receptoras.

La conductividad eléctrica medida en Kulukupadra fue de 366  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un máximo de 562  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un mínimo de 193  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Maracalda presentó una mayor mineralización; el valor medio fue de 789  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , llegando a alcanzar una elevada concentración de sales en sus aguas más profundas ( $\text{CE}_{\text{max}} = 2.430 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Las diferencias que existen entre ambos humedales hacen que estos se sitúen en categorías distintas. Así, según la clasificación propuesta por Montes y Martino (1987), Kulukupadra debería ser clasificado como un humedal de aguas dulces ( $< 500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) y Maracalda como humedal subsalino (500-2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Las diferencias encontradas no solo se establecen a nivel temporal sino también a nivel espacial (Figura 16). Las aguas de Kulukupadra mostraron una mayor homogeneidad, con apenas diferencias espaciales (Figura 14), sin embargo, Maracalda se comportó como un sistema mucho más heterogéneo con importantes diferencias entre la superficie y el fondo, estableciéndose una marcada quimioclina que afecta a los primeros meses del estudio y que tras desaparecer durante el invierno y buena parte de la primavera, vuelve a organizarse al final del ciclo estudiado (Figura 13).

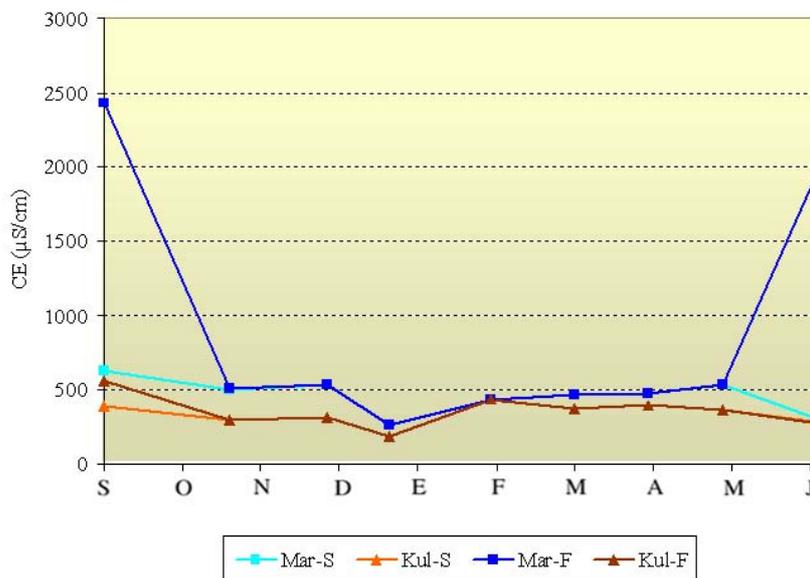


Figura 16. Serie temporal de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25 °C) registrada en el periodo comprendido entre septiembre de 2002 y junio de 2003. Kulukupadra apenas presentó diferencia entre superficie (Kul-S) y fondo (Kul-F). Sin embargo, Maracalda mostró una marcada quimioclina, con una destacada diferencia en el grado de mineralización de las aguas superficiales (Mar-S) y las más profundas (Mar-F).

### 6.2.2 OXÍGENO DISUELTO

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

Tanto Maracalda como Kulukupadra presentaron un nivel de oxigenación que se mantuvo por debajo del nivel de saturación durante la mayor parte del tiempo. Maracalda presentó marcados gradientes durante los meses en los que sus aguas se encontraban estratificadas, con agotamiento de oxígeno en el fondo (Figura 13). En superficie, el nivel de saturación de oxígeno experimentó importantes oscilaciones, alternando periodos de saturación con otros en los que apenas superaba el 20% (Figura 17). Las aguas más profundas experimentaron una progresiva recuperación desde el inicio del estudio hasta finales de enero; posteriormente se dio una tendencia poco definida, con un moderado descenso seguido de una posterior recuperación para, finalmente, volver a reproducirse las condiciones de anoxia iniciales.

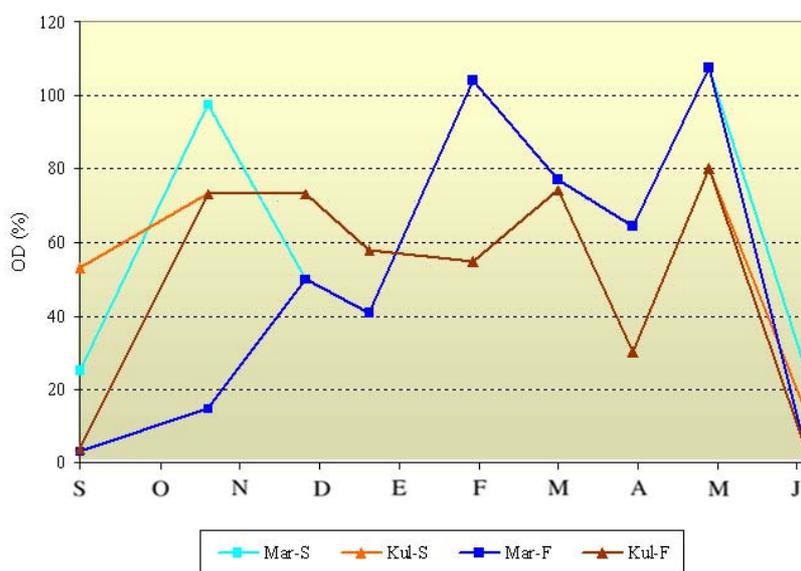


Figura 17. Serie temporal de oxígeno (%) registradas en el periodo comprendido entre agosto de 2002 y mayo de 2003.

Las aguas de Kulukupadra, aunque también pobremente oxigenadas, presentaron una menor oscilación en el nivel de oxigenación, manteniéndose durante la mayor parte del tiempo en niveles superiores al 50%. Sin embargo, al igual que en Maracalda, se establecieron condiciones de anoxia en el fondo cuando se alcanzó una mayor estabilidad (Figura 14).

En resumen, las dos charcas estudiadas presentaron una mala oxigenación en todo momento. A pesar del carácter somero de ambas, se dan situaciones de estabilidad que dan lugar a un fuerte agotamiento del oxígeno, afectando incluso a los niveles más superficiales. En periodos de homogeneidad térmica y química son favorecidos los procesos de circulación que, sin embargo, no parecen ser lo suficientemente importantes como para alcanzar niveles de saturación superiores al 80% en la mayoría de los meses.

### **6.2.3 pH**

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

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

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

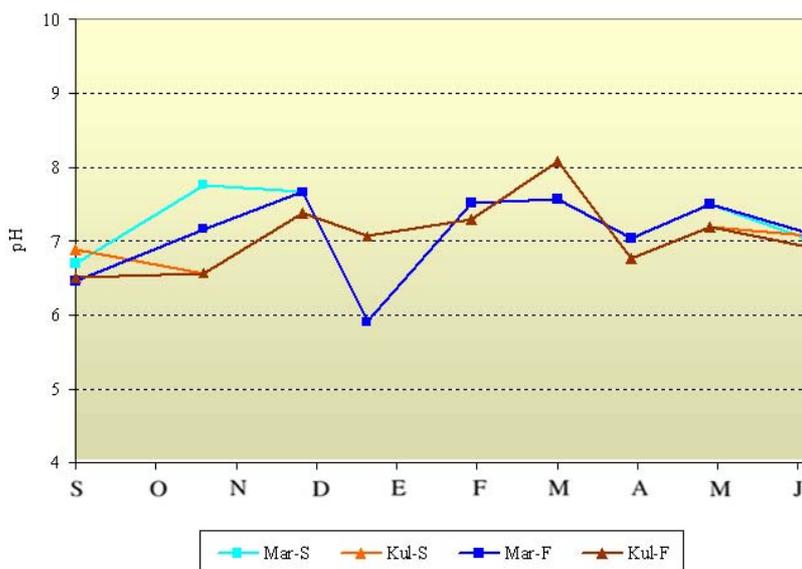


Figura 18. Serie temporal del pH registrado en el periodo comprendido entre septiembre de 2002 y junio de 2003.

Pocos son los aspectos destacables en relación a los valores de pH y su dinámica puede ser definida como natural y no afectada por procesos externos. Los registros obtenidos en las dos charcas se mantuvieron muy próximos a la neutralidad (Figura 18), siendo de 7,01 para Maracalda, y de 7,08 para Kulukupadra. A pesar de que no se observaron diferencias espaciales tan marcadas como en el resto de las variables hidroquímicas anteriores, éstas se presentaron en momentos en los que ambos humedales mostraron una columna estable (Figura 13).

#### 6.2.4 NUTRIENTES

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

relación entre la disponibilidad y la demanda biológica hace que estos sean los elementos que principalmente regulan o limitan la productividad de los ecosistemas acuáticos.

La rapidez con que son adquiridos, almacenados y/o transformados y excretados, hace que los diferentes compuestos que forman en el agua estén sometidos a un elevado dinamismo. El nitrógeno y el fósforo no siempre son directamente utilizables por los productores primarios a partir de sus formas moleculares sino que requieren ser ingeridos como formas con diferente grado de oxidación: nitrato, nitrito o amonio, para el caso del nitrógeno y ortofosfato, si se refiere al fósforo.

En la Tabla 3 se presentan de forma resumida los valores de nitrógeno y fósforo obtenidos junto con algunos estadísticos básicos. En los apartados siguientes se hace un análisis resumido de los diferentes parámetros analizados. Una información más detallada de los resultados puede ser consultada en el anexo II.

Tabla 3. Algunos estadísticos descriptivos de los niveles de concentración de los nutrientes analizados.

	PRS ( $\mu\text{g P/l}$ )	Pt ( $\mu\text{g P/l}$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g N/l}$ )	NO <sub>3</sub> ( $\mu\text{g N/l}$ )	NH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g N/l}$ )	Ninorg. ( $\mu\text{g N/l}$ )	Norg. ( $\mu\text{g N/l}$ )	Nt ( $\mu\text{g N/l}$ )	Nt/Pt
<b>MARACALDA</b>									
<b>Media</b>	15	44	4	235	64	281	356	637	15
<b>Máximo</b>	26	62	11	387	76	466	954	1180	26
<b>Mínimo</b>	4	30	<1	101	<30	157	62	222	4
<b>Rango</b>	21	32	10	286	37	309	892	958	21
<b>KULUKUPADRA</b>									
<b>Media</b>	11	27	5	250	49	281	198	479	11
<b>Máximo</b>	24	50	14	379	61	432	426	581	24
<b>Mínimo</b>	4	16	1	120	<30	122	48	380	4
<b>Rango</b>	21	34	12	259	51	310	377	201	21

#### **6.2.4.1 NITRÓGENO**

El estudio de la dinámica del nitrógeno y su variación en el espacio y en el tiempo generalmente aporta una valiosa información que permite profundizar en diversos aspectos relacionados con el funcionamiento de los procesos biológicos. Por todo ello resulta conveniente analizar el comportamiento de cada una de las formas de nitrógeno habitualmente presentes en las aguas y, sobre todo, su distribución espacial y su dinámica temporal.

De todas las formas analizadas el nitrito fue la que se presentó en menor proporción (Figura 19). En cualquier caso, los valores encontrados en las dos charcas fueron muy parecidos, con valores medios de 4 y 5  $\mu\text{g N-NO}_2/\text{l}$  para Maracalda y Kulukupadra, respectivamente.

Los valores de amonio encontrados fueron bajos en todo momento para ambas charcas, llegando a estar por debajo del nivel de detección del método analítico utilizado en algunos meses ( $<30 \mu\text{g N-NH}_4/\text{l}$ ), lo que dificulta en cierta medida la posibilidad de describir su dinámica. Aunque en un rango muy próximo, Maracalda presentó unos valores ligeramente superiores a Kulukupadra.

Respecto al nitrato, como suele ser habitual, fue la forma de nitrógeno inorgánico que alcanzó una mayor concentración. Los dos humedales presentaron valores muy próximos y una evolución muy parecida. Durante el ciclo estudiado se dio un incremento del nitrato, pero sin duda, lo más destacado fue la baja concentración en la que se presentó en todo momento.

De igual forma, el nitrógeno orgánico se mantuvo siempre en niveles muy bajos, con excepción de los meses de noviembre y enero en los que en Maracalda se alcanzaron valores moderadamente altos. Así, en ambos humedales, con la excepción de estos meses, el nitrógeno orgánico se presentó en menor cantidad que el inorgánico.

En resumen, todas las formas de nitrógeno analizadas, con excepción de los meses de noviembre y enero se mantuvieron en niveles bajos, acorde con las características de ambientes oligotróficos. Kulukupadra apenas presentó variaciones, sin embargo, Maracalda sufrió cambios importantes en los meses posteriores a la desestratificación de sus aguas. Las muestras analizadas corresponden a valores en superficie, por lo que es muy probable que en profundidad las condiciones fueran otras. En sistemas acuáticos en los que se mantienen periodos de estratificación prolongados suele producirse un agotamiento de nutrientes en superficie quedando acumulados en zonas más profundas hasta el inicio de un nuevo proceso de mezclado que permita poner en circulación el nitrógeno secuestrado en el fondo. En Maracalda pudo darse esta circunstancia y, al menos en parte, esta podría ser uno de las causas que condujo al incremento del nitrógeno durante los meses posteriores a la estratificación.

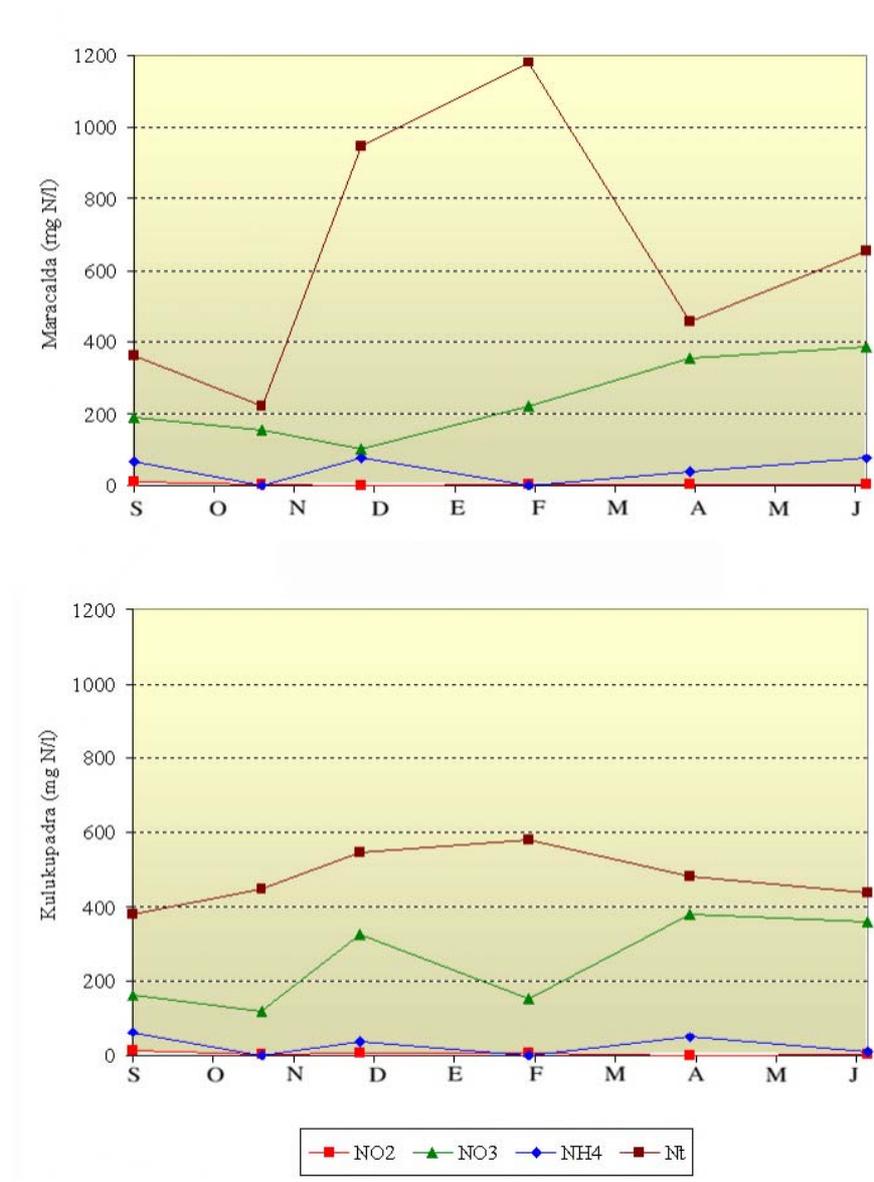


Figura 19. Serie temporal de las diferentes formas de nitrógeno analizadas en el periodo comprendido entre septiembre de 2002 y junio de 2003.

### 6.2.4.2 FÓSFORO

De todas las formas posibles en las que el fósforo se encuentra en el agua, el ortofosfato disuelto representa la principal fuente para el fitoplancton; esto ha propiciado que en numerosos estudios limnológicos (principalmente en aquellos en los que se busca el análisis de las características tróficas) sea ésta la forma más comúnmente estudiada. Sin embargo, restricciones metodológicas, relacionadas con la dificultad de distinguir analíticamente entre las distintas formas de oxidación del fósforo, con los niveles mínimos de detección de estas técnicas y con la capacidad descrita para algunas algas de tomar ciertos compuestos orgánico como fuente de fósforo (Reynolds, 1984), han propiciado el incremento de los análisis del fósforo en su conjunto (total o disuelto) como principal indicador del estado trófico de un sistema acuático (Álvarez Cobelas *et al.*, 1991).

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

La concentración de PRS encontrada fue moderadamente alta (Figura 20). Los valores medios de ambas charcas ( $\bar{x}_{\text{Maracalda}} = 15 \mu\text{g P/l}$ ,  $\bar{x}_{\text{Kulukupadra}} = 11 \mu\text{g P/l}$ ) las situarían al menos, en el rango de sistemas mesotróficos. La evolución observada no presentó ninguna tendencia definida y el fósforo reactivo soluble se mantuvo siempre en niveles muy parecidos, no así el fósforo total que si experimento mayores oscilaciones en ambas charcas. Maracalda mostró una progresiva tendencia a incrementar la concentración de fósforo durante la primera mitad del estudio y posteriormente, después de febrero, volvió a descender hasta niveles ligeramente superiores a los encontrados al principio. La dinámica del fósforo tiene por tanto cierto paralelismo con lo observado para el nitrógeno y las circunstancias que han podido dar lugar a ésta podrían estar relacionadas con los procesos de mezclado y estratificación que sufre este humedal. Kulukupadra presentó una dinámica mucho más indefinida, con constantes subidas y bajadas, para finalmente quedarse en valores muy similares a los encontrados al inicio del estudio.

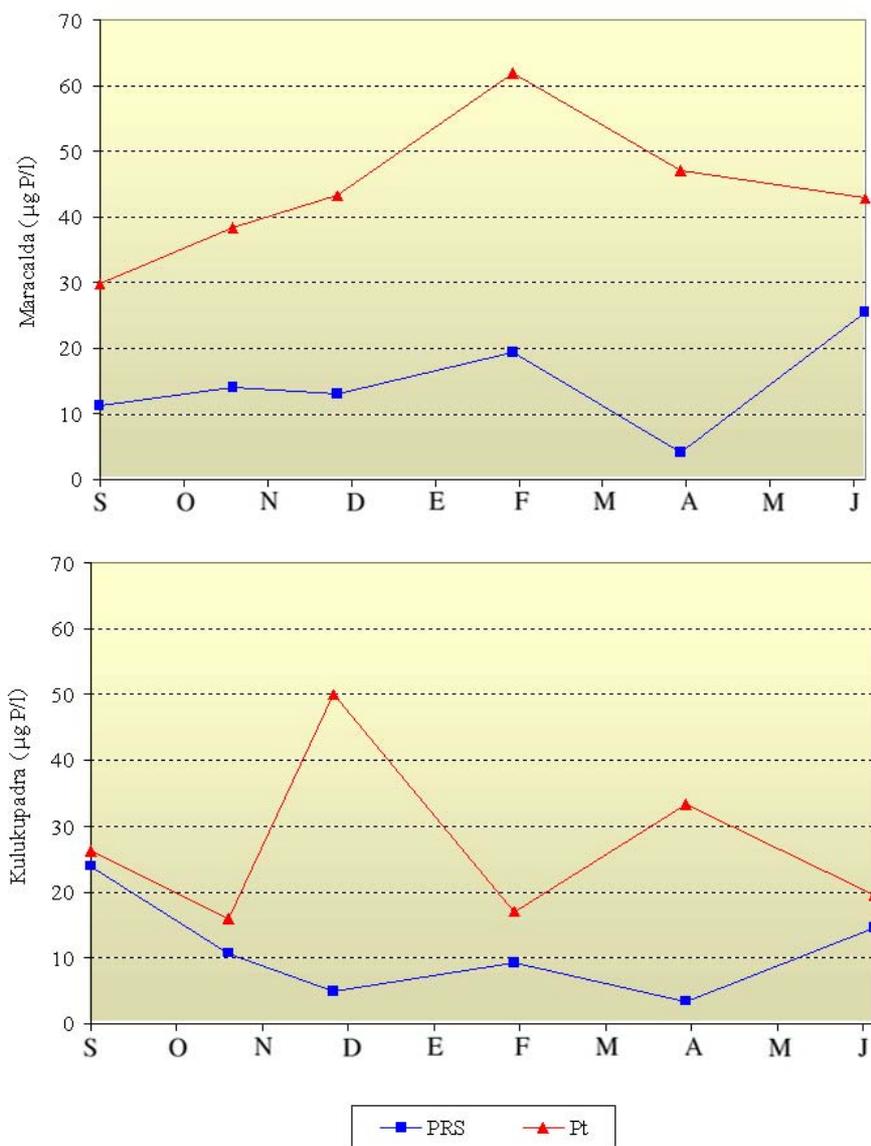


Figura 20. Dinámica de las diferentes formas de fósforo analizadas.

Aun cuando los valores medios de ambos humedales son muy parecidos, estos se sitúan en el límite de las dos categorías superiores de la mayoría de las clasificaciones tróficas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982), califica como eutróficas las aguas cuya concentración se encuentra comprendida entre 35 y 100  $\mu\text{g P/l}$ , en tanto que Likens (1975) propone que los sistemas que superen 30  $\mu\text{g P/l}$  sean considerado como eutróficos. Así, Maracalda, que presentó un valor medio de 44  $\mu\text{g P/l}$ , se encontraría dentro de la categoría de eutrófico, en tanto que Kulukupadra, con una concentración media de 27  $\mu\text{g P/l}$ , quedaría incluido dentro de la categoría de mesotrófico desde el punto de vista de este indicador trófico.

A la vista del conjunto de los nutrientes analizados y considerando la relación de Redfield (1934) como indicador del nutriente que estaría limitando la productividad del sistema y el desarrollo de las comunidades planctónicas, se observan ciertas diferencias entre ambas charcas (Figura 21). El valor medio de la relación N/P en Kulukupadra fue de 20,7, en tanto que en Maracalda fue de 14. En los dos humedales se dio en consecuencia un valor superior a la relación 7,5:1, lo que indicaría que es el fósforo el nutriente que debería estar actuando como limitante para la producción del sistema.

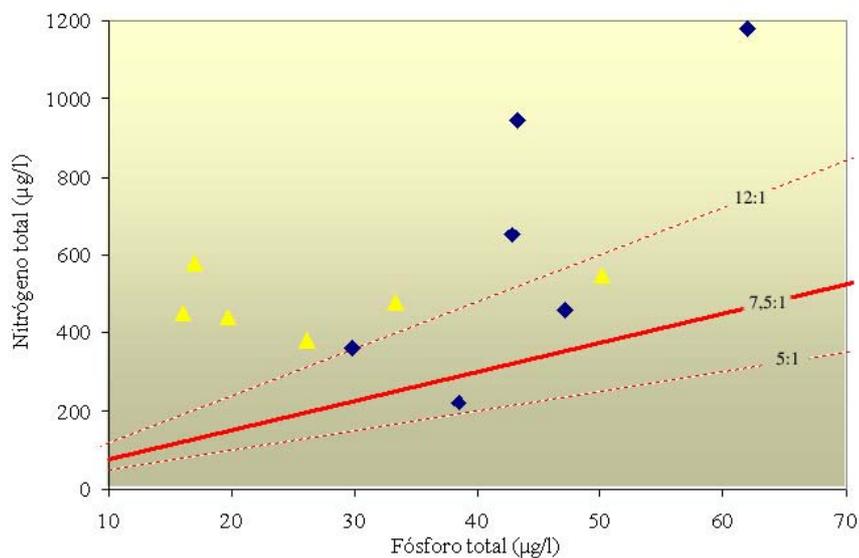


Figura 21. Relación entre el nitrógeno y el fósforo en Maracalda (rombos azules) y Kulukupadra (triángulos amarillos).

Son muchos los estudios que demuestran que la determinación del nutriente limitante de un sistema acuático no siempre queda bien definida a partir de la relación de Redfield, especialmente cuando éste se da en un rango próximo a la relación 7,5:1. Así, diferentes autores consideran que sólo se puede tener en cuenta que existe una clara limitación en la producción por alguno de los dos nutrientes cuando la relación es superior a 12:1 o inferior a 5:1, no quedando bien establecida cuando ésta queda dentro de este rango. En Kulukupadra, salvo en noviembre de 2002, los valores siempre fueron superiores a 12, siendo en consecuencia el fósforo el principal nutriente que limita la producción de este humedal. Por el contrario, Maracalda presentó una situación menos definida y, aunque principalmente limitado por la disponibilidad de fósforo, durante la mitad de los meses estudiados la relación N:P se mantuvo en el rango 12-5:1 y, por tanto, en un estado en el que no puede ser claramente definido el nutriente que se encuentra actuando como limitante.

## **6.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS**

### **6.3.1 PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS**

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

La concentración de pigmentos fotosintéticos encontrada fue moderada en Kulukupadra y muy elevada en Maracalda (Tabla 4). Los resultados obtenidos guardan cierta relación con la dinámica de muchos de los parámetros ya descritos.

Así, Maracalda, con un valor medio de 68,2 µg chl *a*/l, debe ser considerado como un sistema eutrófico con una elevada productividad. Aun cuando los valores fueron siempre elevados, la mayor concentración se alcanzó en el periodo comprendido entre octubre y febrero, coincidiendo con los meses en los que las aguas se encontraban mezcladas. Como ya fue comentado para los nutrientes, las muestras fueron tomadas en superficie, lo que puede suponer un marcado sesgo de las condiciones reales que podrían estar dándose. Casi con toda seguridad los resultados obtenidos no deben estar reflejando la compleja estructura en cuanto a la distribución espacial de las

comunidades fitoplanctónicas de Maracalda y los máximos encontrados en meses en los que normalmente disminuye la actividad biológica, no deben ser más que un reflejo del importante desarrollo que se debe producir en este humedal en momentos en los que las aguas se encuentran estratificadas. El contenido en pigmentos en Kulukupadra fue mucho menor y, exceptuando el mes de noviembre, la clorofila *a* estuvo siempre por debajo de 5 µg/l.

Tabla 4. Concentración de los principales pigmentos fotosintéticos analizados.

	Clorofila <i>a</i> (µg/l)	Clorofila <i>b</i> (µg/l)	Clorofila <i>c</i> (µg/l)	Clorofila total (µg/l)	D430/D665
	<b>MARACALDA</b>				
<b>Media</b>	68,2	3,0	11,1	82,2	2,1
<b>Máximo</b>	117,9	5,3	29,3	133,3	2,7
<b>Mínimo</b>	13,5	0,0	0,2	18,9	1,8
<b>Rango</b>	104,4	5,3	29,1	114,4	0,9
	<b>KULUKUPADRA</b>				
<b>Media</b>	5,9	0,6	0,4	6,9	2,1
<b>Máximo</b>	17,3	1,3	2,1	19,7	2,4
<b>Mínimo</b>	2,3	0,0	0,0	3,2	2,0
<b>Rango</b>	15,0	1,3	2,1	16,5	0,4

De los tres tipos de clorofilas analizadas, como es habitual, fue la clorofila *a* la que se presentó de forma mayoritaria (Figura 22). Proporcionalmente, la clorofila *a* fue por término medio superior al 80% en ambas charcas, llegando incluso a representar hasta el 95% en Kulukupadra. Los otros dos pigmentos algales alternaron en importancia, con un mayor predominio de la clorofila *c*, especialmente en Maracalda.

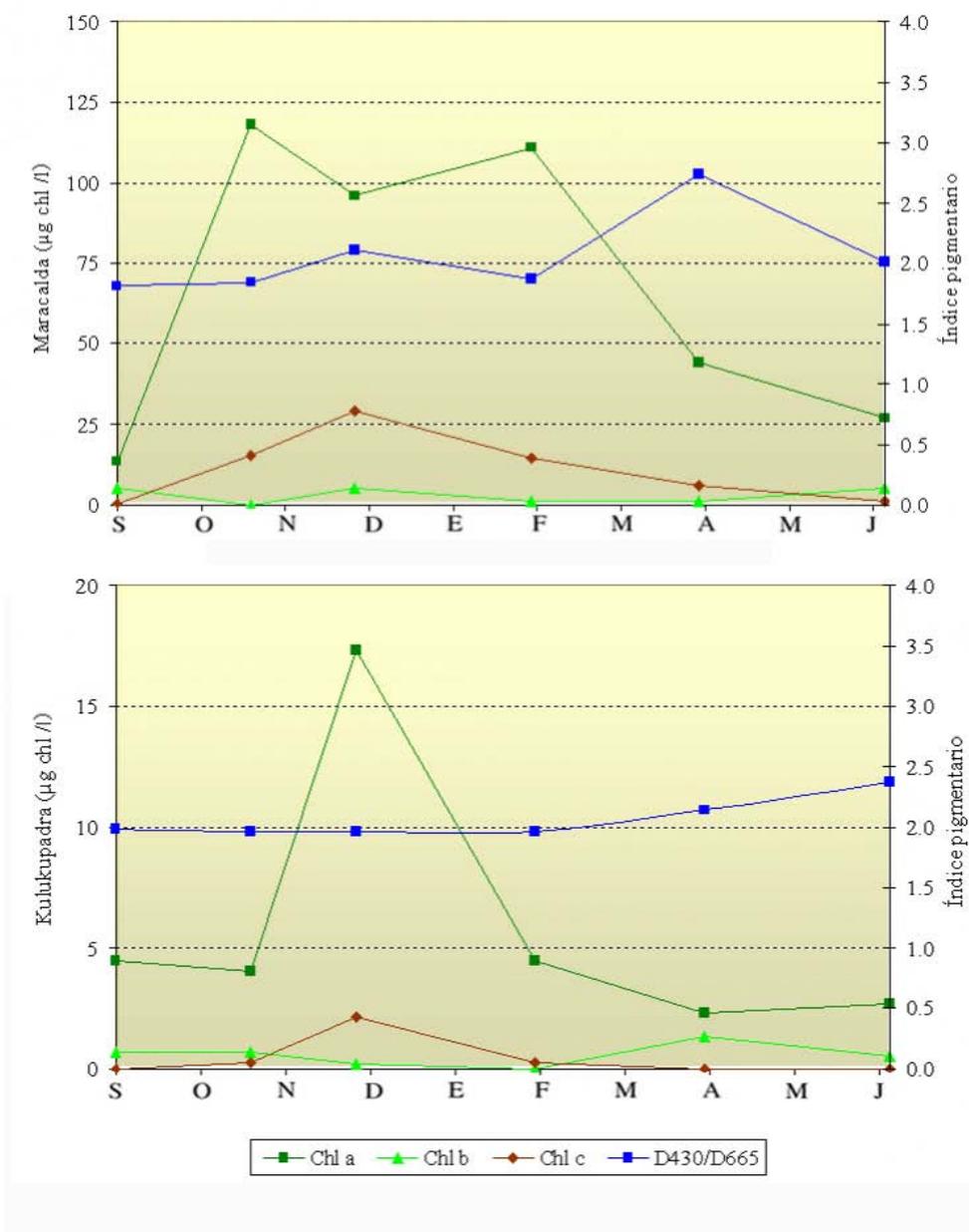


Figura 22. Valores de clorofila e índice pigmentario.

Además de la concentración de los principales pigmentos fotosintéticos, también se estimó el índice pigmentario. Este índice establece una relación entre la clorofila y otros pigmentos y, aunque afectado por diferentes parámetros fisiológicos y ambientales, es un buen indicador de las características de composición y de fisiología de las

poblaciones algales. Valores bajos se dan cuando hay un predominio de clorofila funcional y por tanto se corresponde con estados de alta productividad, mientras que valores crecientes estarían en relación con el incremento en el contenido de otros pigmentos y/o con la presencia de productos de descomposición de la clorofila, favorecido por el dominio de una población envejecida (poco productiva). Los valores encontrados en los dos humedales fueron muy parecidos. En ambos casos el valor medio fue de 2,1, con escasas variaciones a lo largo de todo el ciclo estudiado. Son por tanto valores bajos e indicativos de la presencia de una comunidad fitoplanctónica muy activa.

### **6.3.2 FITOPLANCTON**

La estructura de las poblaciones fotosintéticas de los ecosistemas acuáticos es dinámica y se encuentra en constante cambio tanto en su composición taxonómica como en su actividad fisiológica (Wetzel, 1991). Estos cambios afectan a la capacidad de asimilar los nutrientes, a la producción de la energía química necesaria para mantener la estructura trófica y a la productividad del sistema. Su papel ecológico es fundamental por cuanto representan la “llave” que regula la entrada de energía al sistema, constituyendo la base de la pirámide trófica. Así, el estudio del fitoplancton permite obtener una información más precisa y detallada del estado trófico y de la calidad de las aguas, que la obtenida a partir de un simple estudio de las condiciones hidroquímicas. Pero ambos aspectos no son ni excluyentes ni englobadores. El estudio de la estructura y evolución de las comunidades fitoplanctónicas, junto con otros parámetros químicos (niveles de nitrógeno y fósforo, fundamentalmente) son, según las recomendaciones de la OCDE (1982), los mejores descriptores del estado trófico de los ecosistemas acuáticos.

En las muestras analizadas se han registrado un total de 46 táxones (anexo III), con una aportación muy variable entre los diferentes grupos algales (Figura 23). Así, en cuanto a riqueza taxonómica son las diatomeas, con 16 táxones, las que se encuentran mejor representadas, seguidas de crisofíceas (10), criptofíceas (7) y clorofíceas (5). El resto de los grupos encontrados (cianobacterias, dinoflagelados, algas conjugadas, euglenófitos y haptofíceas), tuvieron una presencia testimonial, encontrándose incluso ausentes en alguno de los dos humedales. Las dos charcas por separado presentaron una composición similar a la anteriormente descrita, con excepción de las clorofíceas que apenas fueron observados en Kulukupadra.

El listado taxonómico es por tanto muy reducido, más si consideramos el número de táxones encontrados en cada mes, cuyo valor medio fue de 11 para Maracalda y de 9 para Kulukupadra. Además, es llamativa la escasa presencia de, al menos, dos de los grupos más diversos de las aguas continentales, como son clorofíceas y cianobacterias,

como también es destacable la diversidad aportada por las crisofíceas, uno de los grupos que habitualmente aporta menos táxones al conjunto de las comunidades fitoplanctónicas de los sistemas acuáticos continentales.

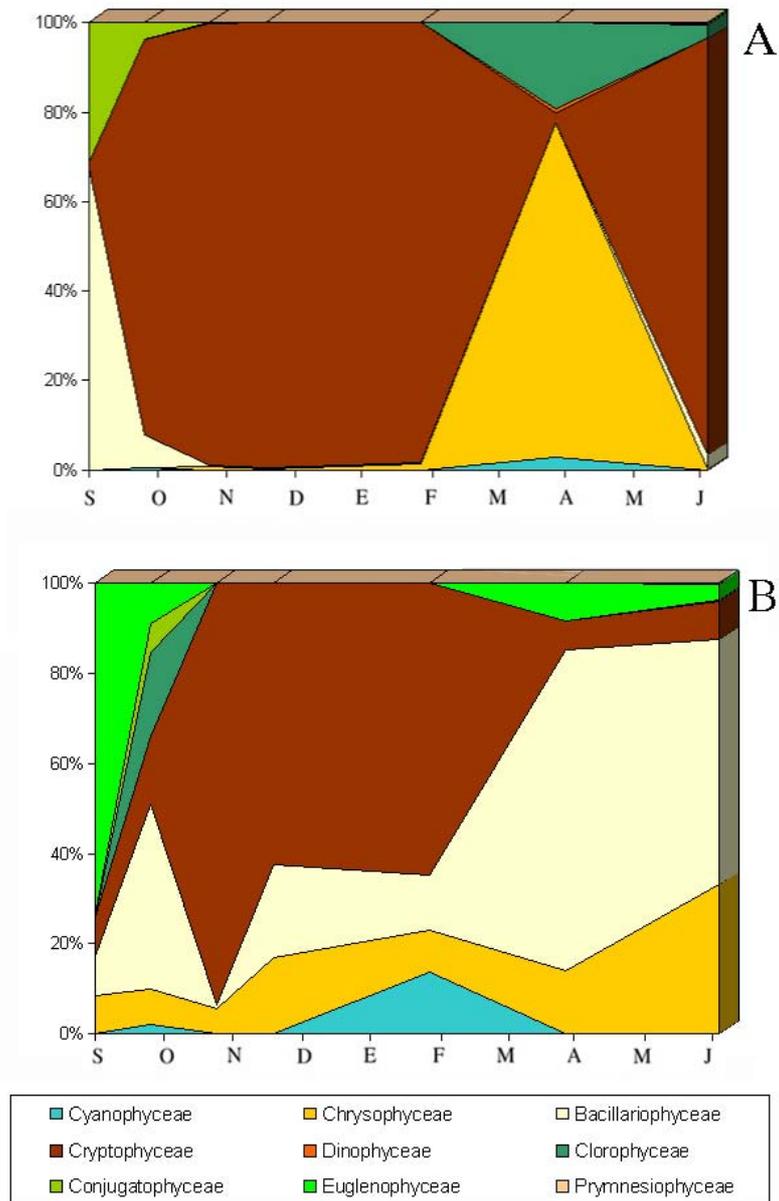


Figura 23. Evolución temporal de la importancia relativa de los grupos fitoplanctónicos presentes en Maracalda (A) y Kulukupadra (B).

En cuanto a la importancia relativa de cada grupo, en Maracalda destaca el abrumador dominio de las criptomonas, con *C. curvata*, *C. erosa* y *C. marsonii* como especies más destacadas. El desarrollo de este grupo fue tan importante en Maracalda que hay meses en los que prácticamente constituyen el 100% de la comunidad fitoplanctónica. Así, aunque inicialmente fueran las diatomeas, con *Fragilaria construens*, *F. crotonensis* y *F. ulna*, y las algas conjugadas, con *Closterium parvulum*, los grupos más importantes, las criptomonas dominaron la comunidad desde el mes de octubre hasta finales de febrero. Posteriormente se produjo un breve reemplazo de éstas por un florecimiento de *Ochromonas viridis* (crisofícea) y en menor medida por algunas clorofíceas. Finalmente, las criptomonas, al final del ciclo estudiado, vuelven a predominar sobre el conjunto.

Las criptomonas constituyen también el grupo dominante en Kulukupadra, si bien, no alcanzan las proporciones observadas en Maracalda, siendo también importante la presencia de otros grupos como son diatomeas, euglenófitos y crisofíceas. Así, al comienzo del estudio, la comunidad se encontraba dominado por un euglenófito (*Lepocinclis sp.*). Posteriormente comienza a dominar la presencia de criptomonas (*C. marsonii* y *C. curvata*), junto con crisofíceas no muy frecuentes (*Pseudokephyrion hyalinum* y *Kentrosiga sp.*). En los meses siguientes se dio un predominio de criptomonas para ya, al final del ciclo, establecerse un mayor desarrollo de diatomeas y, en menor medida de crisofíceas.

Los sistemas acuáticos que reciben mucha materia orgánica alóctona, como es el caso de las dos charcas estudiadas, generalmente acumulan gran cantidad de sustancias húmicas que dan una coloración a las aguas que va de negruzca a parda. Estos ambientes son definidos como distróficos y sus principales características vienen dadas por la acumulación de compuestos de carácter refractario que producen un bloqueo en el reciclado de los nutrientes y en la producción primaria. Ambos procesos se encuentran generalmente condicionados a la producción secundaria y a la actividad fofotólítica. Además, las consecuencias de una elevada concentración de sustancias húmicas puede suponer algo más que un desequilibrio nutricional. En muchos casos también representa un cambio en el ambiente lumínico y una fuerte limitación de la disponibilidad de luz en profundidad. Así, en aguas polihúmicas se dan elevados coeficientes de extinción e inversos a los observados en aguas oligohúmicas, de tal forma que la banda del azul es la que tiene una menor capacidad de penetración, seguido de la verde y la roja.

La comunidad fitoplanctónica de ambas charcas es ciertamente singular. Ambas están dominadas por formas flageladas y grupos mixotróficos, o lo que es lo mismo, por algas que, aun siendo productores primarios, eventualmente, cuando las condiciones son desfavorables para la actividad fotosintética, desarrollan un metabolismo heterotrófico, alimentándose de la materia orgánica disuelta y del bacterioplancton. El predominio de formas flageladas puede ser también considerado como una adaptación a las fuertes restricciones que deben existir en cuanto a la disponibilidad de luz fotosintéticamente activa. Este tipo de algas tienen capacidad para desplazarse verticalmente y de esta

forma pueden seleccionar la profundidad más idónea para sus requerimientos metabólicos y nutricionales.

Por otro lado, Maracalda presenta unas condiciones especialmente idóneas para el desarrollo de criptomonas. La escasa luz que alcanza la lámina de agua, junto a los procesos de estratificación tan pronunciados, son condiciones idóneas para estas algas. Su presencia ya queda revelada en los filtros extraídos donde se observa un característico color marrón en la parte superior y un ligero tono violáceo en su parte posterior, indicativo de la presencia de ficoeritrinas (pigmento que aporta una buena adaptación a condiciones de baja luminosidad).

### **6.3.3 ZOOBENTOS**

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

El elevado esfuerzo que implica llevar a cabo una adecuada determinación taxonómica, junto a la buena correlación encontrada entre la calidad de las aguas y categorías taxonómicas superiores a la de especie, ha propiciado que en la mayor parte de los casos la información disponible se de únicamente a nivel de familia. Por otro lado, los estudios más recientes en humedales se han centrado principalmente en determinar su papel ecológico, determinante en la mayoría de los casos en los procesos de descomposición y reciclado de la materia orgánica y los nutrientes. Esta situación ha propiciado que en la mayoría de los casos no se disponga de información adecuada sobre la biodiversidad aportada por este importante grupo o sobre aspectos como son la autoecología o el *status* de las poblaciones que existen en una región.

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

La disponibilidad de habitats adecuados para el desarrollo del macrobentos generalmente queda determinada por la composición y estructura de la vegetación

acuática, ya que éstos les aportan alimento, refugio y soporte para las puestas de sus huevos. En este sentido, las charcas de Altube ofrecen una gran oportunidad para el desarrollo de una fauna zoobentónica diversa y muy abundante.

En el conjunto de muestras analizadas fueron identificados 64 táxones diferentes, habiéndose encontrado representantes de la mayoría de los grandes grupos comunes de las aguas continentales (anexo IV). De todos ellos, los mejor representados fueron los insectos, con 48 táxones (76%), seguidos de moluscos (8%) y anélidos (6%). Pocas diferencias existen en esta composición entre los dos humedales estudiados. Donde sí existen algunas diferencias es en la importancia relativa de cada uno de los órdenes de insectos encontrados. Así, en Maracalda los coleópteros (21%) es el grupo que más táxones aporta, seguido de dípteros (19%), odonatos (14%) y heterópteros (12%). En Kulukupadra, aun cuando son también los coleópteros el grupo más importante (23%), éste es seguido de odonatos (19%) y dípteros (13%).

En cuanto a la dinámica temporal observada en ambas charcas el patrón es similar (Figura 24), siendo la primavera y el otoño las estaciones en las que se encontró una mayor riqueza taxonómica. Destaca, sin embargo, el diferente comportamiento encontrado durante el invierno. Habitualmente es esta la estación en la que la baja actividad biológica hace que disminuya el número de capturas, algo que se cumple en Maracalda; sin embargo, en Kulukupadra el número de táxones encontrados fue relativamente alto, siendo superior a los observados en verano.

La importancia de este tipo de humedales ya fue descrita por Montes (1994), que destacó la gran importancia que tienen los humedales situados en zonas de diapiro para el contexto vasco. Pero los resultados obtenidos en este estudio superan en gran medida el valor que se podía presuponer para estas dos charcas desde el punto de vista de las comunidades bentónicas. A pesar de sus reducidas dimensiones, tanto Maracalda como Kulukupadra, superan en riqueza zoobentónica a la mayoría de los humedales para los que se dispone de datos y el número de táxones encontrados en cada una de las charcas fue superior al encontrado en estudios anteriormente realizados. El número de táxones de Maracalda (42) o de Kulukupadra (47), supera a los encontrados en estudios regionales y en algunos casos de localización muy cercana como son el Lago de Arreo (41), Olandina (28), Bikuña (22), o Monreal (22) (Montes, 1994). En estudios más específicos de humedales concretos como son los realizados recientemente para el emblemático humedal de Salburúa, las cifras ofrecidas por Cirujano *et al.* (2003) para las principales balsas: Arcaute (40) y Betoño (37), son también superadas por estas charcas.

Además, este extenso listado obtenido recoge desde elementos ampliamente distribuidos por toda la Península Ibérica (la mayoría de los dípteros), o por el País Vasco, como el megalóptero del género *Sialis*, hasta elementos altamente valiosos y poco frecuentes como son *Acroloxus lacustris*, molusco raro en la Península Ibérica que

solo ha sido citado en el País Vasco en el río Bayas (Rallo y Rico, 1993) y en el Lago de Arreo (Montes, 1994).

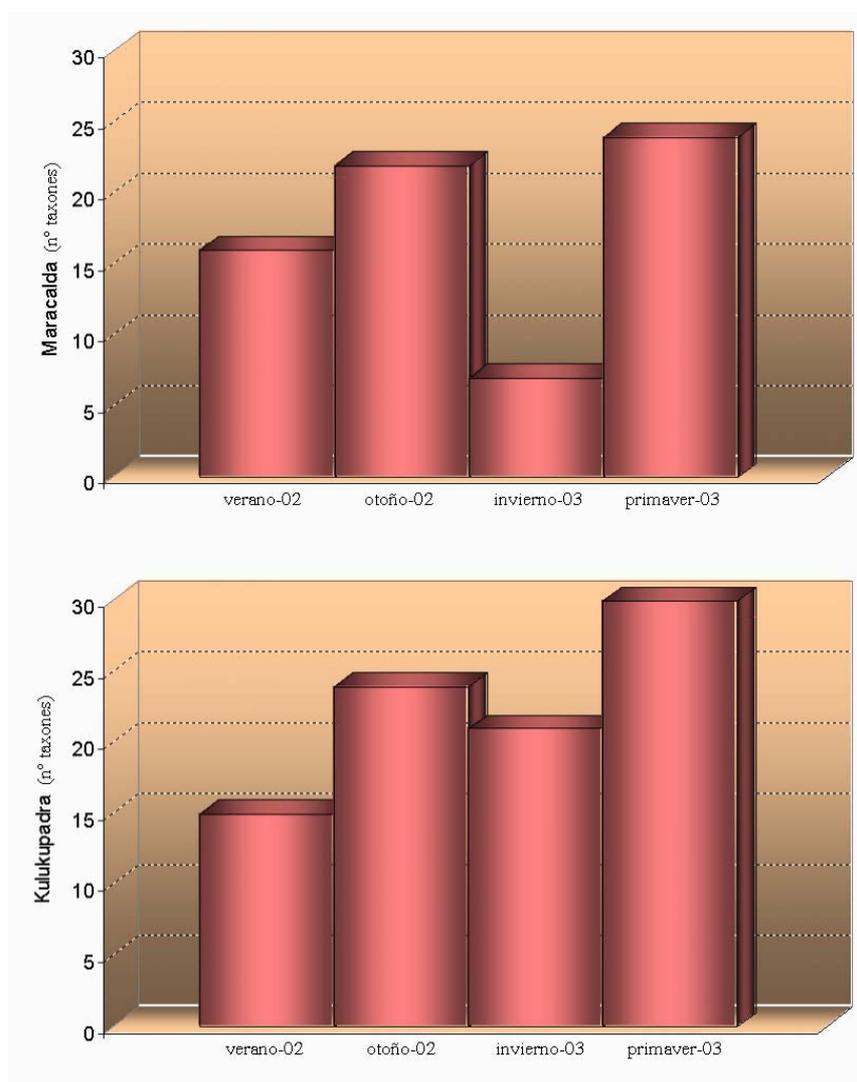


Figura 24. Distribución temporal de la riqueza zoobentónica encontrada en las charcas de Altube.

Pero sin duda, el grupo más relevante de todos es el formado por los odonatos. La lista obtenida iguala en número de táxones (10) al dado por Montes (1994) para todos los humedales del País Vasco. Valoraciones muy similares podemos obtener si lo comparamos con estudios más específicos; así, en un estudio reciente de la fauna odonológica, no solo de las larvas acuáticas, sino también de las formas adultas de 26 de los casi trescientos humedales que hay en el Parque Regional del Sureste de Madrid, fueron capturadas 17 especies, siendo 11 el número máximo encontrado para un solo humedal (García-Avilés, 2002).

La importancia que tienen estas charcas para la fauna odonológica no queda limitada únicamente a su riqueza faunística. De los diez táxones encontrados, dos de ellas: *Oxygastra curtisii* y *Coenagrion mercuriale*, son de especial relevancia por el estado de sus poblaciones y el grado de amenaza al que actualmente se encuentran sometidas.

*Oxygastra curtisii*, se encuentra incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, en la categoría de “sensible a la alteración de su hábitat”, en el anexo II del Convenio de Berna, anexo II y IV de la Directiva Habitats y en la categoría de “especie en peligro” según la nomenclatura UICN. Esta especie, aunque bien implantada en la Península Ibérica, Francia y norte de Marruecos, ha visto muy reducida su área de distribución, apareciendo ocasionalmente en Alemania y Holanda y habiendo desaparecido en tiempos recientes de Bélgica, Gran Bretaña y Suiza. Su situación en la Península Ibérica parece estable, encontrándose con cierta frecuencia pero de forma muy localizada en zonas remansadas de ríos con abundante vegetación por debajo de los 600 msnm (AEE, 1999). Su presencia en un entorno cercano a los humedales estudiados ha podido ser constatada en el río Bayas (Figura 25).

*Coenagrion mercuriale* se encuentra incluida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, en la categoría de “de interés especial”, en el anexo II de la Directiva Habitat y en la categoría de “especie en peligro” según la nomenclatura UICN. Su distribución no es muy bien conocida y la mayoría de las citas son antiguas. En Europa se halla extinguida en muchos países o está en notable declive, existiendo solo poblaciones estables en Italia, Francia y España. *C. mercuriale* habita aguas remansadas con abundante vegetación (AEE, 1999). Las citas más próximas a Maracalda y Kulukupadra son las dadas para el lago de Arreo (Figura 25).

Además de las anteriormente citadas cabe destacar la presencia de otras dos especies: *Boyeria irene* y *Onychogomphus forcipatus*, que si bien no aparecen en listas rojas y sus poblaciones dentro de la Península Ibérica no parecen encontrarse amenazadas, su situación fuera de España se encuentra en peligro o es casi nula (AEE, 1999).

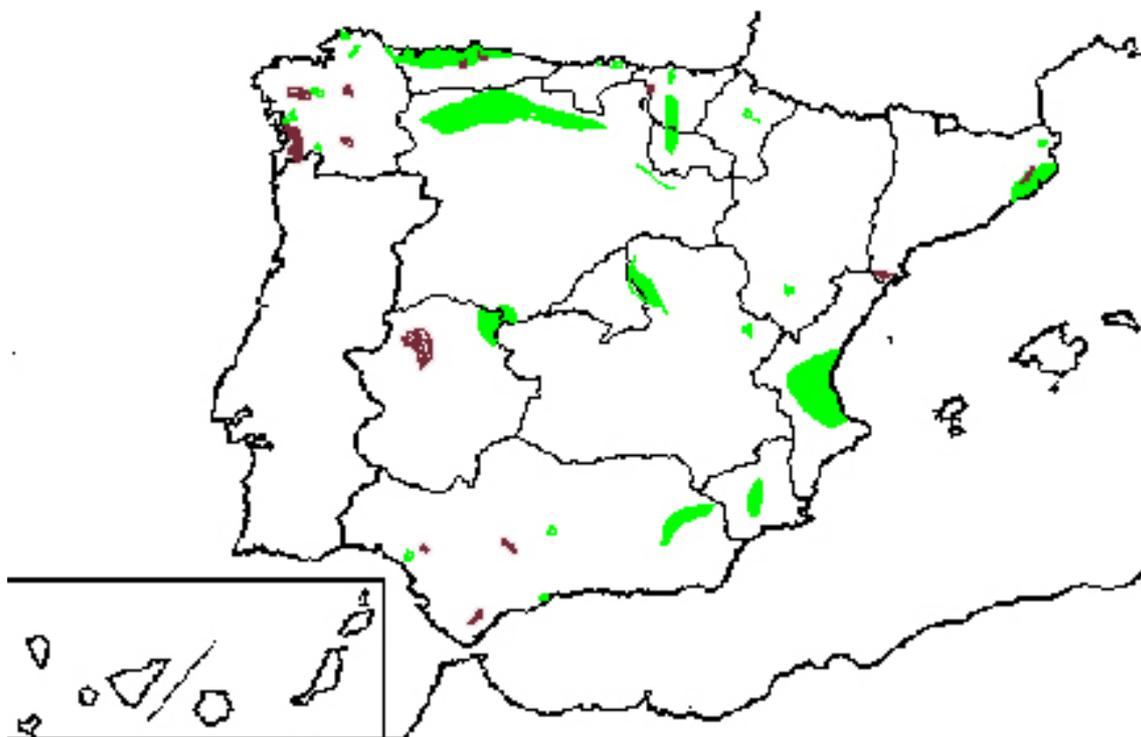


Figura 25. Área de distribución de *Oxygastra curtisii* (rojo) y *Coenagrion mercuriale* (verde) en España (Fuente: AEE, 1999).

## 6.4 ESTADO TRÓFICO

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

a la que se llega en algunas ocasiones a la hora de analizar los diferentes parámetros de una forma aislada.

En este sentido, la OCDE ha cambiado su propio “sistema concreto de clasificación” (OCDE, 1982) por un “sistema de clasificación de límite abierto”, aplicando un cálculo estadístico a su base de datos (Ryding y Rast, 1992). Con este último esquema de clasificación, mostrado en la Tabla 5, una masa de agua puede considerarse correctamente clasificada si no hay más de un parámetro que se desvíe de su valor medio geométrico por un valor de desviación de 2.

Tabla 5. Valores límites de la OCDE para un sistema abierto de clasificación trófica ( $X$ = media geométrica;  $SD$ = desviación estándar).

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

Tanto la propuesta de clasificación de la OCDE, como la de otros autores, entraña ciertas dificultades y, en general, poca aplicabilidad a pequeños cuerpos de agua como son los que aquí se están tratando. Así, parámetros como son el disco de Secchi no es posible compararlos en la mayoría de los casos por la escasa profundidad de las cubetas. Los valores de nitrógeno y fósforo no tienen necesariamente que ser limitantes cuando estos se encuentran en concentraciones bajas, pues el grado de interacción que existe entre las comunidades acuáticas y el sedimento, o el medio terrestre, son lo suficientemente intensos como para que sea difícil que se llegue a dar una limitación importante para la producción biológica. Habitualmente la aportación de materia

orgánica de origen externo (alóctona) supera a la interna y la acumulación de compuestos fenólicos y sustancias húmicas procedentes del lavado de los ecosistemas terrestres adyacentes hace que finalmente se produzcan desequilibrios nutricionales a pesar de que la disponibilidad de nitrógeno o fósforo pueda ser alta. En muchos casos esta situación deriva a un estado de distrofia, el cual no suele ser incluido en ninguna tabla de clasificación. La presencia de gradientes muy acusados también hace que los sistemas acuáticos presenten una situación difícil de diagnosticar desde el punto de vista de su estado trófico.

Las charcas estudiadas presentan muchas de las dificultades comentadas. La disponibilidad de fósforo parece ser la suficiente como para que presentaran un estado claro de eutrofia o de meso-eutrofia. El nitrógeno, sin embargo, parece ser moderadamente limitante y quizás éste sea el motivo de que aparezcan plantas carnívoras en su interior, como es el caso de Maracalda, donde el macrófito acuático sumergido más abundante es *Utricularia australis*. Los valores de clorofila son aun más dispares y difíciles de interpretar y su concentración va desde una situación de hipertrofia a mesotrofia.

En Kulukupadra los parámetros tróficos parecen mostrar un escenario claro en cuanto a sus características tróficas. Así, sin considerar el disco de Secchi, dado que su profundidad de visión viene determinada por la escasa profundidad de sus aguas, el estado trófico de esta charca podría ser definido como mesotrófico (Tabla 6). Sin embargo, en Maracalda, los resultados obtenidos aparentan cierta contradicción. Los marcados gradientes observados, el posible estado distrófico de sus aguas, de color no determinado pero de aspecto pardo, y la falta de un detallado programa de muestreo, acorde a sus particulares condiciones, son los principales motivos que hacen difícil definir su estado trófico que aparenta situarse en un rango que va de mesotrófico a eutrófico.

Tabla 6. Valores medios (media geométrica) obtenidos en Maracalda y Kulukupadra, de los distintos parámetros propuestos por la OCDE, para la clasificación trófica de una masa de agua.

Parámetro	Maracalda	Kulukupadra
Fósforo total ( $\mu\text{g/l}$ )	43	25
Nitrógeno total ( $\mu\text{g/l}$ )	547	475
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	52	5
Valor máximo de Chl <i>a</i>	118	17
Profundidad de Secchi (m)	1,48	1,16

## 7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

Incluidas dentro de la unidad ambiental conocida como divisoria y asociada a la formación diapírica de Murgia, las charcas estudiadas pueden ser consideradas como formaciones palustres relativamente frecuentes dentro del País Vasco. Así, Maracalda y Kulukupadra son dos pequeños humedales que junto a otras 14 forman uno de los complejos palustres más destacados del País Vasco.

Situadas a una altitud de 620 msnm, las charcas de Altube se encuentran sobre un entorno de pendientes suaves y un paisaje constituido por formaciones agropecuarias, con prados y cultivos entre los que se intercalan pequeñas masas forestales de haya y roble que en la mayoría de los casos ocultan las láminas de agua. Se trata por tanto de pequeñas charcas de origen natural cuya formación se debe a los procesos de disolución de los materiales salinos del diapiro de Murgia. Se desconoce cual es el grado de importancia de los aportes subterráneos en el balance hídrico de las charcas, pero sin duda juegan un papel variable en ambas, lo que determina en gran medida los diferentes tipos hidrológicos que se dan. Así, Maracalda puede ser definida como un humedal permanente poco fluctuante, en tanto que Kulukupadra se caracteriza por ser una charca temporal.

El indudable valor de este tipo de humedales ya ha sido puesto de relieve en estudios anteriores (Montes, 1994; DOTVMA, 1998). Los procesos genéticos, junto a los diferentes tipos de funcionamiento hidrológico y a su localización en zona de transición bioclimática, hacen que estos humedales alcancen una destacada importancia ecológico-naturalista y den lugar a hábitats de especial importancia para la vida silvestre. Sin embargo, a pesar de la importancia que se les atribuye, pocos son los estudios que lo hayan constatado. En este sentido, el destacado valor de estas charcas solo ha sido puesto de relieve para la vegetación acuática y la herpetofauna, estando citadas para la zona un total de 27 especies vegetales, algunas consideradas como muy raras, 2 especies de reptiles y 10 especies de anfibios entre las que se encuentran dos con estatus de amenazada (*Triturus alpestris* y *Rana dalmatita*) y dos endemismos (*T. alpestris* y *R. iberica*).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo han permitido constatar además la importancia de estas charcas como refugio para otras comunidades acuáticas. Si la diversidad biológica es un criterio de valoración y por tanto uno de los principales argumentos para la conservación, estas pequeñas charcas tienen un elevado valor ambiental, máxime si éste le relacionamos con su superficie. Además, estos pequeños medios acuáticos reúnen condiciones únicas para algunos grupos como son ciertos órdenes de crustáceos y en muchos casos estarían actuando como refugio y fuente de

dispersión y colonización para humedales nuevos que puedan ser construidos o para otros que de forma natural existan y que hayan podido sufrir un proceso de degradación temporal.

A la elevada riqueza faunística zoobentónica encontrada hay que añadir además la presencia de especies de destacado valor por el estatus de sus poblaciones. Así, cabe mencionar la presencia de un molusco (*Acroloxus lacustris*), cuya distribución dentro del País Vasco se encuentra muy restringida, y la de cuatro odonatos cuyas poblaciones se encuentran amenazadas (*Oxygastra Curtisii* y *Coenagrion mercuriale*) o mantienen sólo poblaciones estables en el ámbito de la Península Ibérica (*Boyeria irene* y *Onychogomphus forcipatus*).

La composición de las comunidades fitoplanctónicas también es igualmente singular. La presencia de ciertos táxones y la importancia que adquieren ciertos grupos algales en estas charcas es poco común. Destacable es también el elevado desarrollo que alcanzan en ciertos momentos en los que las aguas se encuentran fuertemente estratificadas, como es el caso de Maracalda, alcanzando valores solo comparables a los encontrados en otros ambientes acuáticos de gran singularidad como es el lago de Arreo (Rico y Chicote, 2000). Los procesos observados en esta charca son igualmente singulares y los marcados gradientes espaciales que se establecen determinan el desarrollo de comunidades muy especializadas y la existencia de un ambiente muy diversificado.

El valor ecológico de Maracalda y Kulukupadra es por tanto muy alto, como lo es también el del resto de charcas que constituyen el conjunto. Sin embargo, son muchas las alteraciones que actualmente afectan a su integridad. Su reducido tamaño y su fuerte vinculación con el entorno próximo hacen que estos ambientes acuáticos muestren una gran fragilidad. La intervención humana en el entorno es muy importante y con efectos muy negativos, siendo varias las amenazas que actualmente se ciernen sobre ellas. Algunas charcas han desaparecido o se encuentran muy alteradas tras la mejora de las infraestructuras de la zona, el desarrollo urbanístico o la instalación de diferentes servicios como el campo de golf o el vivero forestal que se encuentra dentro de la zona. Modificaciones en la cobertura vegetal, alteraciones hidrológicas en los ciclos de recarga, relleno de cubetas y acumulación de residuos, excavación o alteración de sus orillas y creación de drenajes son actuaciones que actualmente afectan a muchas de estas charcas, incluidas las recogidas en este estudio.

Las diferencias encontradas en el entorno próximo a las charcas han sido utilizadas en los trabajos anteriormente mencionados como criterios para establecer una sectorización de éstas. Así, de los tres tipos diferenciados, Maracalda se encontraría dentro de las llamadas “charcas de la campiña agrícola” y Kulukupadra en el de “campos de golf y viveros forestales”, no existiendo por tanto ninguna charca de las estudiadas dentro del tercer tipo definido como “charcas de medio forestal natural”. Esta sectorización atiende por tanto al nivel de alteración o modificación del medio natural del entorno próximo y

de alguna forma define el nivel de impacto potencial y/o real al que se ven sometidas. En este sentido, Maracalda y, especialmente, Kulukupadra se encuentran dentro de los dos tipos que presentan un mayor nivel de alteración.

Maracalda presenta un nivel de influencia antrópica moderada. El uso del entorno próximo como prados para uso ganadero ha significado una reducción de la banda litoral y una modificación del régimen hídrico que tiene como fin evitar el encharcamiento de los prados adyacentes al humedal. También alcanza cierta importancia el elevado número de residuos sólidos acumulados sobre el perímetro del humedal.

Kulukupadra se encuentra sometida a un mayor número de alteraciones. Su uso como balsa de riego para un vivero forestal ha significado, no solo una modificación de su régimen hídrico, sino también una alteración de la cubeta y de parte de sus orillas. Los procesos de explanación de terreno y acumulación de residuos son también alteraciones que afectan a éste humedal.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se proponen las siguientes actuaciones como medidas para mantener e incluso mejorar los valores ambientales actuales de Maracalda y Kulukupadra:

- Definir figuras de protección específicos para estos dos humedales e incluir Kulukupadra dentro de los límites del Parque Natural de Gorbeia.
- Establecer un perímetro de protección que atenúe los factores de tensión que actualmente existen en su entorno próximo y que permitan el desarrollo de un cinturón protector de vegetación.
- Retirada de basuras y residuos sólidos inertes acumulados en sus cubetas y en el entorno próximo.
- Prohibición de su uso como abrevadero o como aguas para riego.
- Recuperación de la topografía natural de aquellas orillas que actualmente se encuentran modificadas.
- Recuperación de su funcionamiento hídrico natural.
- Realización de estudios en el conjunto del complejo palustre que permita definir el estado ecológico actual.

## 8 CONCLUSIONES

Maracalda y Kulukupadra son dos pequeños humedales que junto a otros 14 constituyen el complejo palustre conocido como charcas de Altube y que, distribuidas por una reducida extensión, constituye una de las formaciones con mayor densidad palustre de Álava.

De dimensiones muy variadas, estas pequeñas charcas se caracterizan por las formas redondeadas y encajadas cuyo origen se debe a los procesos de lavado de los materiales solubles que constituyen el diapiro de Murgia. Así, Maracalda y Kulukupadra son pequeñas charcas, poco profundas, de origen kárstico cuya cubeta debe su formación a los procesos de dilución de los materiales solubles del Keuper.

Hidrológicamente pertenecen a la cuenca del río Altube que es una subunidad incluida dentro de la Unidad Hidrográfica del Ibaizabal y por tanto una de las pocas cuencas alavesas que vierten sus aguas al Cantábrico. De funcionamiento hidrológico claramente diferenciado, Maracalda tiene una mayor influencia de las aguas subterráneas, manteniendo un régimen de tipo permanente, en tanto que Kulukupadra se caracteriza por presentar una mayor fluctuación en el nivel de las aguas y una mayor temporalidad.

Las diferencias que existen entre ambos humedales desde el punto de vista morfológico e hidrológico se ven igualmente reflejadas en sus características fisicoquímicas y biológicas:

- Maracalda es un sistema palustre de aguas marrones con una marcada limitación en la disponibilidad de luz, lo que unido a sus propiedades hidroquímicas hace que se den fuertes gradientes. Su elevada heterogeneidad espacial hace difícil establecer su estado trófico, pero los desequilibrios nutricionales encontrados apuntan hacia condiciones de distrofia. La presencia de una quimioclina durante una buena parte del año condiciona también en gran medida la composición de las comunidades acuáticas y su dinámica, destacando la presencia de un fitoplancton dominado por taxones adaptados a condiciones de baja luminosidad y mixotrofia, como son criptomonas y crisofíceas. Su reducido tamaño y la escasa oxigenación de sus aguas, con agotamiento de éste en las zonas más profundas no parecen, sin embargo, impedir el desarrollo de una rica comunidad zoobentónica, constituida por 42 táxones, entre los que se encuentran elementos de gran interés como son los odonatos *Boyeria irene* y *Onychogomphus forcipatus*.

- Kulukupadra presenta aguas transparentes y una mayor homogeneidad hidroquímica. A pesar de ello, en ocasiones también se llegan a dar en esta charca ciertos gradientes térmicos e hidroquímicos. La presencia de estos gradientes y posiblemente también la gran aportación de materia orgánica vegetal que recibe, da como resultado la presencia de unas aguas con una baja concentración de oxígeno y el predominio de una comunidad algal similar a la encontrada en Maracalda, pero que alcanza un desarrollo más moderado. Los diferentes descriptores tróficos analizados permiten dictaminar su estado de forma más clara que en Maracalda, pudiendo ser clasificada como mesotrófica. Al igual que Maracalda, este humedal mantiene una destacada riqueza zoobentónica, constituida por 47 táxones, entre los que cabe destacar la presencia de un molusco de distribución muy restringida dentro del País Vasco (*Acroloxus lacustris*) y de tres odonatos cuyas poblaciones se encuentran amenazadas (*Oxygastra Curtisii* y *Coenagrion mercuriale*) o solo mantienen poblaciones estables dentro de la Península Ibérica (*Boyeria irene*).

Maracalda y Kulukupadra deben ser por tanto calificados como humedales de gran interés y su elevado valor ambiental se debe a:

- Su gran singularidad de procesos genéticos y funcionales.
- La elevada biodiversidad con presencia de comunidades poco comunes y organismos raros, de distribución muy restringida y de especial interés para la conservación.
- Su contribución a la diversidad paisajística de un entorno de especial relevancia como es el Parque Natural del Gorbeia.

Los valores encontrados en las charcas estudiadas deberían ser tenidos en cuenta para proponer las medidas de conservación oportunas. Su elevada fragilidad junto al elevado número de alteraciones que actualmente afectan a estos humedales hace necesario que se lleven medidas urgentes para preservar, e incluso mejorar, su estado ecológico actual. Además, su valor ambiental debe ser considerado como un ejemplo representativo del que puede ser encontrado en el resto de charcas que constituyen el complejo palustre de Altube y las medidas de conservación a adoptar debieran ser extendidas a todo el conjunto.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Entomología. (1999). *Inventariado de las especies de invertebrados artrópodos incluidas en el anexo II de la Directiva Habitat*.
- Álvarez Cobelas, M.; Muñoz Ruiz, P. y Rubio Olmo, A. (1991). *La eutrofización de las aguas continentales españolas*. Henkel Iberica, S.A.
- APHA-AWWA-WPCF (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- Casado, S.; Montes, C. (1995). *Guía de los lagos y humedales de España*. Ed. J.M. Reyero, Madrid.
- Cirujano, S.; Soriano, O.; Velasco, J.; García-Valdecasas, A.; Álvarez Cobelas, M.; Moreno, M. (2003). *Estudio de la flora acuática y la fauna bentónica y nectónica del Parque Periférico de Saluburua (Vitoria)*. Centro de Estudios Ambientales, Ingurugiro Galetarako Ikastegia. Vitoria-Gasteiz.
- Departamento de Ordenación del territorio y Medio Ambiente. Gobierno Vasco (2002). *Caracterización de las Masas de Agua Superficiales de la CAPV. Ríos y embalses*.
- Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Gobierno Vasco (1998). *Avances del Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas de la Comunidad Autónoma del País Vasco*.
- Ente Vasco de la Energía (EVE) (2001). *Mapa Geológico del País Vasco Escala 1:25.000*.
- García-Avilés, J. (2002). *Biodiversidad de los humedales del Parque Regional del Sureste. II. Libélulas*. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid “Fernando González Bernáldez”. Serie Documentos nº 36. 60 pp.
- Geider, R.J. y Osborne, B.A. (1992). *Algal photosynthesis. The Measurement of Algal Gas Exchange*. Chapman & Hall. London.
- Harper, D. (1992). *Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration*. Chapman & Hall. London.
- Hall, C.A.S. y Moll, R. (1975). *Methods of assessing. Aquatic primary productivity, in Primary productivity of the biosphere*. Lieth, H. Whittaker, H. ed. Springer Verlag. New York.

- Jeffrey S. W. y Humphrey G. F. (1975). New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c1 and c2, *Biochem. Physiol. Pflanz.* 167, 194-204.
- Likens, G.E. (1975). *Primary productivity in aquatic ecosystems*. In: Lieth, H. and Whittaker, R. H. (eds) *Primary Productivity of the Biosphere*. Ecol. Stud.14, 203-215, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg, New York.
- Montes, C. (coord.) (1994). *Caracterización y tipificación ecológica de los humedales de interior de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Informe técnico realizado para el Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.
- Montes, C. y Martino, P. (1987). *Las lagunas salinas españolas. Bases científicas para la protección de los humedales de España*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid: 95-145.
- O.C.D.E. (1982). *Eutrophication of waters. Monitoring assesment and control*. París.
- Rallo, A. y Rico, E. (1993). *Las familias Ancyliidae y Acroloxidae en los ríos del País Vasco (Gastropoda, Basommatophora)*. *Bol R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 89 (1-4): 73-81.
- Redfield, A.C. (1934). *On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton*. James Johnstone Memorial Volumen 2, Wiley-Interscience, Liverpool, United Kingdom.
- Reynolds, C.S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Rico, E. y Chicote, A. (2001). *Estudio sobre el funcionamiento limnológico e hidrológico del lago de Caicedo/Arreo*. Informe técnico realizado para la Diputación Foral de Álava.
- Ryding, S.O. y Rast, W. (1992). *El control de la eutrofización en lagos y pantanos*. UNESCO-Ed. Pirámide. Madrid.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.*; 9, 38.
- Viñals, M.J. (coord.) (2002). *El patrimonio cultural de los humedales*. Ministerio de Medio Ambiente, 272 pp.
- Wetzel, R. G. y Likens, G. E. (1991). *Limnological Analyses*. Springer, New York.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### Perfiles fisicoquímicos

Fecha	Dia	Hora solar	Z	Tª	OD		CE	pH
			(m)	(°C)	(mg/l)	(%)	(µS/cm)	(upH)
<b>Maracalda</b>								
29/08/2002	1	15:00	-0,05	16,30	2,3	24,8	624	6,70
	1		-0,50	15,30	1,2	12,9	630	6,65
	1		-1,00	15,30	1,2	12,7	636	6,51
	1		-1,10	15,30	0,4	3,3	1408	6,30
	1		-1,20	15,20	0,3	2,9	2029	6,31
	1		-1,25	15,20	0,1	1,2	2170	6,39
	1		-2,23	15,20	0,0	3,0	2430	6,45
16/10/2002	48	14:00	-0,05	12,70	10,3	97,4	500	7,76
	48		-0,50	11,96	10,1	92,7	496	7,36
	48		-0,75	11,33	1,9	15,7	605	7,07
	48		-1,00	11,45	2,8	25,8	508	7,14
	48		-2,25	11,51	1,9	14,6	511	7,17
22/11/2002	85	14:10	-0,10	8,40	5,4	50,0	538	7,67
	85		-2,37	8,38	5,2	48,0	538	7,66
16/12/2002	109	16:30	-0,10	5,45	5,2	41,0	260	5,90
	109		-2,39	5,41	5,0	40,0	262	5,99
24/01/2003	148	17:00	-0,10	6,40	12,6	104,0	440	7,51
	148		-2,68	6,38	12,3	102,0	441	7,50
25/02/2003	180	14:00	-0,10	7,30	8,6	77,0	473	7,56
	180		-2,66	7,19	8,1	72,0	475	7,52
25/03/2003	208	16:00	-0,10	13,27	6,8	64,6	474	7,04
	208		-2,55	13,06	6,2	64,0	476	7,01
23/04/2003	237	18:00	-0,10	17,64	10,2	107,5	538	7,50
	237		-2,50	16,50	10,0	107,0	540	7,42
01/06/2003	274	12:00	-0,10	17,70	2,2	23,4	294	7,01
	274		-0,50	17,30	1,3	13,0	292	6,93
	274		-1,00	15,80	0,4	3,9	327	7,02
	274		-1,50	12,50	0,1	1,2	1962	7,08
	274		-2,50	11,90	0,1	0,9	2015	7,10
<b>Kulukupadra</b>								
29/08/2002	1	17:00	-0,10	16,80	4,85	53,3	390	6,89
	1		-0,50	15,90	0,6	6,4	518	6,69
	1		-0,85	15,80	0,35	3,7	562	6,50
16/10/2002	48	17:00	-0,10	13,18	7,6	73,0	297	6,57
	48		-0,81	13,05	7,1	71,0	297	6,57
22/11/2002	85	13:00	-0,10	9,00	7,56	73,0	315	7,38
	85		-0,97	8,56	7,15	70,0	315	7,38
17/12/2002	109	12:30	-0,10	5,61	7,3	58,0	193	7,07
	109		-0,99	5,35	6,99	55,0	193	7,07
24/01/2003	148	16:00	-0,10	7,00	6,4	55,0	436	7,30
	148		-1,20	7,10	6,12	53,0	436	7,30
25/02/2003	180	15:45	-0,10	7,10	8,2	74,0	370	8,08
	180		-1,97	7,05	7,95	71,0	370	8,08
25/03/2003	208	16:00	-0,10	13,30	3,15	30,2	398	6,77
	208		-1,88	12,60	2,14	25,2	398	6,77
24/04/2003	237	18:00	-0,10	18,30	7,5	80,0	360	7,20
	237		1,79	16,90	6,1	62,0	360	7,20
01/06/2003	274	13:30	-0,10	20,30	1,1	12,2	280	7,06
	274		-0,90	18,90	0,22	2,4	274	6,96
	274		-1,70	18,00	0,18	1,7	275	6,91

## ANEXO II

### Otros parámetros químicos y biológicos determinados en laboratorio

Fecha	Z <sub>max</sub> (m)	DS (m)	T <sub>agua</sub> °C	OD mg/l	CE (µS/cm)	pH	PRS (µgP/l)	Pt (µgP/l)	NO <sub>2</sub> (µgN/l)	NO <sub>3</sub> (µgN/l)	NH <sub>4</sub> (µgN/l)	N <sub>inorg.</sub> (µgN/l)	N <sub>organ.</sub> (µgN/l)	Nt (µgN/l)	N/P	Chl α (µg/l)	Chl β (µg/l)	Chl c (µg/l)	Chl total (µg/l)	D <sub>ap/Dee</sub>
<b>Maracalda</b>																				
29/08/2002	-2,23	1,50	16,30	2,29	24,80	624	6,70	11	30	11	188	66	265	97	362	12,2	5,2	0,2	18,9	1,8
16/10/2002	-2,25	0,52	12,70	10,30	94,40	500	7,76	14	39	2	155	<30	157	65	222	5,8	117,9	0,0	15,4	133,3
22/11/2003	-2,37	2,37	8,40	5,40	50,00	538	7,67	13	43	<1	101	76	177	770	947	21,9	96,0	5,1	29,3	130,4
24/01/2003	-2,68	1,80	6,40	12,60	104,00	440	7,51	19	62	4	222	<30	226	954	1180	19,0	110,7	1,2	14,5	126,4
25/03/2003	-2,55	1,75	13,27	6,75	64,60	474	7,04	4	47	2	356	39	397	62	459	9,7	44,1	1,0	5,9	51,0
01/06/2003	-2,50	1,80	17,70	2,22	23,40	294	7,01	26	43	3	387	76	466	188	653	15,2	26,7	5,3	1,1	33,1
<b>Kulukupadra</b>																				
29/08/2002	-0,85	0,85	16,80	4,85	53,30	390	6,89	24	26	14	163	61	238	142	380	14,5	4,5	0,7	0,0	5,1
16/10/2002	-0,89	0,89	13,18	7,60	73,00	297	6,57	11	16	2	120	<30	122	327	449	28,1	4,0	0,7	0,2	4,9
22/11/2003	-0,97	0,97	9,00	7,56	73,00	315	7,38	5	50	6	327	35	368	180	548	10,9	17,3	0,2	2,1	19,7
24/01/2003	-1,82	1,82	7,00	6,40	55,00	436	7,30	9	17	5	150	<30	155	426	581	34,2	4,5	0,0	0,3	4,7
25/03/2003	-1,78	1,78	13,30	3,15	30,20	398	6,77	4	33	1	379	51	432	48	480	14,4	2,3	1,3	0,0	3,6
01/06/2003	-1,05	1,05	20,30	1,10	12,20	280	7,06	15	20	3	360	<30	363	75	439	22,3	2,7	0,5	0,0	3,2
<b>promedio</b>																				
1			13,26	5,11	49,45	353	7,00	11	27	5	250	49	280	200	479	20,7	5,9	0,6	0,4	6,9
<b>maxima</b>																				
2			20,30	7,60	73,00	436	7,38	24	50	14	379	61	432	426	581	34,2	17,3	1,3	2,1	19,7
<b>minima</b>																				
1			7,00	1,10	12,20	280	6,57	4	16	1	120	35	122	48	380	10,9	2,3	0,0	0,0	3,2
<b>rango</b>																				
1			13,30	6,50	60,80	156	0,81	21	34	12	259	26	310	377	201	23,2	15,0	1,3	2,1	16,5

## ANEXO III

### Fitoplancton

Clase	Taxon	MARACALDA						KULUKUPADRA					
		29-8-02	22-10-02	16-11-02	24-1-03	25-3-03	1-6-03	29-8-02	22-10-02	16-11-02	24-1-03	25-3-03	1-6-03
Cyanophyceae	<i>Planktothrix rubescens</i>										57		
	<i>Snowella lacustris</i>					64							
Chrysophyceae	<i>Bicosoeca anikkiae</i>		187		106								21
	<i>Chrysamoeba</i> sp.								18				
	<i>Chrysochlorium ramosum</i>										56		
	<i>Desmanella brachycalyx</i>								86				
	<i>Dinobryon divergens</i>					56		6			39		50
	<i>Dinobryon sertularia</i>					96	2		29				
	<i>Kentrosiga</i> sp.					62							
	<i>Monosiga varians</i>					92							
	<i>Chromonas viridis</i>			43	66	1388		12					1
	<i>Pseudokephyrion hyalinum</i>								88				
Bacillariophyceae	<i>Achnanthes</i> sp.				26								56
	<i>Achnanthes minutissima</i>						4			45	33		19
	<i>Achnanthes exigua</i>							12	26			24	19
	<i>Aulacoseira granulata</i>	2	22	43			6			28		256	
	<i>Eunotia diodon</i>												12
	<i>Eunotia paludosa</i>											7	
	<i>Eunotia</i> sp.												6
	<i>Fragilaria capuccina</i>		23	4				2			17		
	<i>Fragilaria construens</i>	533						1	1	36			
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	90											
	<i>Fragilaria ulna</i>	180	6					16	1				
	<i>Gomphonema</i> sp.	6			16			3		16			6
	<i>Nitzschia acicularis</i>							1					
<i>Nitzschia sigmoides</i>				6			1						
<i>Navicula</i> sp.				12				2					
<i>Navicula radiosa</i>	1						1						
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas erosa</i>				8421	10	8				23		1
	<i>Cryptomonas marsonii</i>		109	626	726	35	780	16	42	328	225		2
	<i>Cryptomonas phaseolus</i>	2	16										1
	<i>Cryptomonas rostratiformis</i>				10	6							
	<i>Cryptomonas curvata</i>	12	23390	18622	4020			62		50	1960	23	9
	<i>Goniomonas</i> sp.								2				5
<i>Rhodomonas lacustris</i>							78				26		
Dynophyceae	<i>Gymnodinium</i> sp.		23										
Chlorophyceae	<i>Peridinium</i> sp.					16			4				
	<i>Chlamydomonas</i> sp.					265							
	<i>Scenedesmus soli</i>						2						
	<i>Schroederia setigera</i>					172							
	<i>Volvox aureus</i>												31
Conjugatophyceae	<i>Closterium parvulum</i>	374											1
	<i>Cosmarium laeve</i>							1					
	<i>Mougeotia</i>						2						
Euglenaceae	<i>Lepocinclis</i> sp.							152				34	7
	<i>Phacus</i> sp.						1						
Prymnesiophyceae	<i>Chrysocromulina parva</i>												1
<b>nº taxa</b>		<b>9</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>17</b>
<b>Densidad (cell/ml)</b>		<b>1200</b>	<b>23776</b>	<b>19338</b>	<b>13409</b>	<b>2262</b>	<b>1078</b>	<b>207</b>	<b>239</b>	<b>2517</b>	<b>417</b>	<b>403</b>	<b>217</b>
<b>Chla</b>		<b>13,5</b>	<b>117,9</b>	<b>96,0</b>	<b>110,7</b>	<b>44,1</b>	<b>26,7</b>	<b>4,5</b>	<b>4,0</b>	<b>17,3</b>	<b>4,5</b>	<b>2,3</b>	<b>2,7</b>

## ANEXO IV

### Zoobentos

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	Maracalda				Kulukupadra			
					29-08-02	22-10-02	24-01-03	01-06-03	29-08-02	22-10-02	24-01-03	01-06-03
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	OLIGOCHAETA			MA	R		C	R	F	R	CD
	HIRUDINEA	RHYNCHOBELLIDA	Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i> <i>Batrachobdella paludosa</i>		R		R		F		R
		ARHYNCHOBELLIDA	Epiobdellidae	<i>Dina lineata</i>								P
PLATYHELMINTHES	TURBELLARIA	TRICLADA	Planariidae	<i>Polycelis</i> sp.						R	R	P
MOLLUSCA	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	Acrolozidae	<i>Acroloxus lacustris</i>								P
			Ferussacidae	<i>Ferussacia</i> sp.			P					
			Lymnaeidae	<i>Radix</i> sp.	P			P	R	F	R	
			Lymnaeidae	<i>Stagnicola</i> sp.			P			C	MA	MA
			Planorbidae		R	C	R	R		R	MA	MA
	BIVALVIA	VENEROIDA	Sphaeriidae	<i>Frisidium</i> sp.	P	P	C	CD		R	C	MA
ARTHROPODA	ARACHNIDA	ACARI (Hydracarina)										P
	EUMENTOMATA (INSECTA)	EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	R	CD		MA		C	D	CD
			Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	CD							
			Ephemeraeidae	<i>Ephemera</i> sp.	P							
			Leptophlebiidae	<i>Thraulus bellus</i>					R			
		ODONATA	Aeshnidae	<i>Anax imperator</i> <i>Zygoptera trene</i>				P				P
			Coenagrionidae	<i>Ischnura elegans</i> <i>Ischnura pumilio</i> <i>Coenagrion mercuriale</i>		C		C	P	C		
			Corduliidae	<i>Orygaster curtisi</i>						P	P	P
			Gomphidae	<i>Orygaster curtisi</i>	P							
			Lestidae	<i>Lestes dryas</i>								R
			Libellulidae	<i>Orthetrum</i> sp. <i>Libellula quadrimaculata</i>		P				P		P
		HETEROPTERA	Corixidae	<i>Micronecta scholtzi</i>	CD			R				
			Corixidae	<i>Corixa punctata</i>						P	C	R
			Gerridae	<i>Gerris argentatus</i>				P				
			Pleidae	<i>Plea leachi</i>		P		R			R	P
			Nepidae	<i>Nepa cinerea</i> <i>Ranatra linearis</i>		P						
			Notonectidae	<i>Notonecta viridis</i>				C		P		R
		COLEOPTERA	Dryopidae	<i>Fomatinus substriatus</i>								P
			Dytiscidae	<i>Agabus bipustulatus</i> <i>Yola bicarinata</i> <i>Aeilus sulcatus</i> <i>Dytiscus</i> sp. <i>Hydaticus</i> sp. <i>Hygrotus</i> sp. <i>Laccophilus</i> sp.					R	P	P	R
			Gyrinidae	<i>Gyrinus</i> sp.					P			
			Haliphidae	<i>Haliphys obliquus</i>		R	P			R	R	
			Hydrophilidae	<i>Coelostoma hispanicum</i> <i>Helophorus</i> sp.		P		P	P			R
			Hydrobiidae	<i>Hydrobia hermanni</i>		P		P				
			Noteridae	<i>Noterus laevis</i>						P		R
			Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.					R			
		TRICHOPTERA	Limnephilidae				MA	P		P	C	R
			Ecnomidae	<i>Ecnomus fenellus</i>	R							
			Leptoceridae	<i>Adicella</i> sp.					P			
		DIPTERA	Chironomidae		CD	CD		CD	C		MA	MA
			Ceratopogonidae		P			P	R			P
			Chaoboridae	<i>Chaoborus flavicans</i>		MA		MA		R	R	MA
			Culicidae	<i>Anopheles</i> sp.		R				P		
			Culicidae	<i>Culex</i> sp.						P	R	
			Dixidae	<i>Dixella</i> sp.		R					R	
			Tabanidae		P							
			Tipulidae		P							
			Psychodidae			P						
		MEGALOPTERA	Stalidae	<i>Stalis</i> sp.	P	R			P			
CRUSTACEA	MALACOSTRACA	DECAPODA	Camburidae	<i>Procambarus clarkii</i>					P			
		ISOPODA	Asellidae	<i>Proasellus</i> sp.							R	C
	OSTRACODA	OSTRACODA			MA	R	C		C	F	D	CD
Nº TAXONES					16	22	7	24	15	24	21	30
SUBTOTAL					42				47			
TOTAL					64							

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