

RED DE CONTROL DE ZONAS
HÚMEDAS DE ANDALUCÍA.
ANÁLISIS BIOLÓGICOS

RED DE CONTROL DE ZONAS HÚMEDAS DE ANDALUCÍA. ANÁLISIS BIOLÓGICOS.

La Dirección General de Planificación de la Consejería de Medio Ambiente ha venido desarrollando en los últimos años una serie de experiencias metodológicas, destinadas a inventariar y evaluar los recursos naturales y los impactos en ellos producidos por las diversas actividades de cualquier índole que puedan ocasionar alteración de las dinámicas naturales.

La Directiva Marco de Aguas tiene como objetivo principal alcanzar, antes de 2015, un buen estado ecológico de todas las masas de agua, tanto superficiales como subterráneas, incluyendo, por supuesto los humedales.

La variedad de zonas húmedas de Andalucía viene determinada, entre otras causas, por la confluencia de factores abióticos característicos, como la complejidad del flujo acuático superficial y la confluencia de aguas subterráneas de origen continental y marino.

Para poder evaluar la calidad de las aguas en los humedales se debe tener en cuenta que los medios acuáticos son colonizados por poblaciones de animales y vegetales cuya estructura responde en condiciones normales a un equilibrio.

La alteración del medio, de origen natural o artificial, produce una variación de la estructura de las poblaciones que se refleja en un cambio en la dominancia relativa de las diferentes especies, acompañado por sustituciones en la comunidad (dependiendo del rango de resistencia frente a la perturbación), pudiendo llegar a la destrucción completa de la biocenosis.

El presente informe recoge los resultados obtenidos en las cuatro campañas de análisis biológicos realizadas; según se contempla en el expediente 913/2002/P/00 de la Consejería de Medio Ambiente, titulado *Red de Control de Zonas Húmedas de Andalucía. Análisis Biológicos*.

INDICE

INTRODUCCIÓN	2
I CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES	3
I.1 Introducción.....	3
I.2 Limnología de humedales.....	3
II FITOPLANCTON	9
II.1 Introducción.....	9
II.2 Grupos de algas que se encuentran en el fitoplancton	12
II.3 Clasificación de humedales andaluces según el fitoplancton	13
III ZOOPLANCTON.....	14
III.1 Introducción.....	14
III.2 Grupos de animales que se encuentran en el zooplancton.....	14
III.3 Clasificación de humedales andaluces según el zooplancton.....	19
IV MACRÓFITOS.....	23
IV.1 Introducción.....	23
IV.2 Descripción de las especies.....	25
IV.3 Clasificación de humedales andaluces según los macrófitos.....	27
METODOLOGÍA	28
V FITOPLANCTON	29
V.1 Muestreo de fitoplancton.....	29
V.2 Identificación de los organismos.....	30
V.3 Recuento de especies	30
V.4 Comentario tablas adjuntas	32
VI ZOOPLANCTON.....	33
VI.1 Muestreo de zooplancton.....	33
VI.2 Identificación de los organismos.....	33
VI.3 Recuento de especies.....	35
VI.4 Comentarios tablas adjuntas.....	35
VII MACRÓFITOS.....	37
VII.1 Muestreo de macrófitos.....	37
VII.2 Identificación de los organismos.....	37

I CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES

I.1 INTRODUCCIÓN

La diferenciación de los ecosistemas en marinos y continentales está basada en una serie de características físicas, químicas y biológicas que sirven a la vez para definir el marco general de funcionamiento.

Desde el punto de vista físico, las diferencias más importantes entre estos dos sistemas son de escala y de tasa de renovación (mucho mayor en los continentales que en los marinos).

Con respecto a los elementos químicos de proporcionalidad constante, las aguas continentales presentan una composición muy variable, en la que se reflejan aspectos locales (composición geológica del sustrato, tipos de suelo y vegetación, clima, actividad humana, etc.). En el mar hay una mayor constancia de la composición y, aunque pueden producirse pequeñas diferencias en la concentración total de sales disueltas, las proporciones iónicas se mantienen.

Las diferencias biológicas entre ambos sistemas se deben menos a la concentración de sales que a la mayor o menor constancia en la composición química del agua. En las aguas continentales la regulación osmótica, la capacidad de formar estadíos resistentes a la desecación y la gran capacidad de dispersión son aspectos biológicos que representan un auténtico filtro selectivo para la colonización y persistencia de muchos organismos.

I.2 LIMNOLOGIA DE HUMEDALES

El interés científico que tienen los humedales no se corresponde, en general, con los esfuerzos dedicados a su estudio. Estas pequeñas masas de agua, al estar afectadas por una marcada variabilidad anual, contienen organismos de interés extraordinario, ya que las biocenosis que se establecen son muy especializadas y, prácticamente, exclusivas de estos sistemas, de forma que tienen un gran interés ecológico y biogeográfico. Desde el punto de vista histórico se comportan como refugio de fauna relictiva de organismos muy antiguos, formas que han tenido mucha importancia en la evolución de otros muchos organismos. Tienen, además, otros valores igualmente destacables como pueden ser los paisajísticos ya que son una nota de color en los paisajes monocromos propios de zonas áridas y semiáridas y, además, constituyen lugares de reposo, alimentación y nidificación de numerosas aves.

I.2.1 Estructura, dinámica y funcionalidad

El humedal, aunque sea de pequeñas dimensiones, tiene unas características propias y un funcionamiento bien determinado; configura un ecosistema. En términos generales, la organización de un humedal es similar a la de un lago, pero en pequeño y con algunas particularidades derivadas de su gran superficie con respecto a la profundidad.



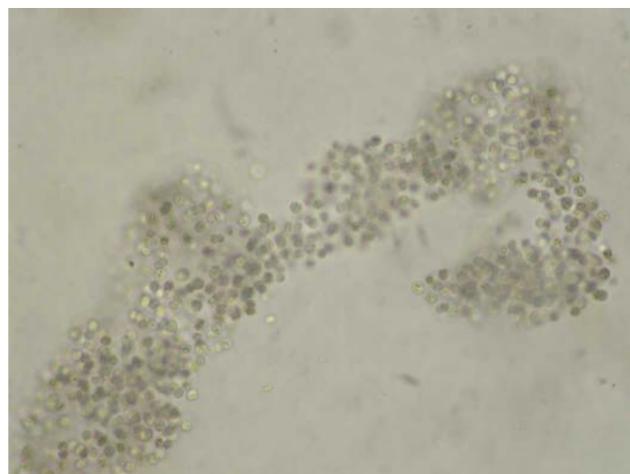
Fotografía 1: Laguna de Fuente de Piedra en Málaga.

La colonización vegetal de un humedal se suele organizar en círculos según la diferente profundidad y, también, de acuerdo con tres estrategias que definen los tres tipos biológicos principales: los helófitos, los anfífitos y los limnófitos. Además hay otras estrategias biológicas que son de gran importancia en las redes tróficas de estos sistemas: el perifiton y el fitoplancton. Aunque, por las especiales características de estos sistemas (escasa profundidad), muchas de las algas que se encuentran viviendo en el plancton proceden de resuspensiones de algas bentónicas (ticoplancton).

En lo que respecta a la colonización animal, los grupos más representados son los invertebrados, principalmente larvas de insectos, crustáceos, rotíferos, ácaros, nematodos, turbelarios, moluscos, oligoquetos e hirudíneos. Entre éstos, los hay que realizan todo su ciclo vital en el agua o los que sólo lo utilizan en una parte de su vida, generalmente la larvaria. Unos tienen hábitos planctónicos y otros bentónicos, aunque en estos sistemas no se puede hablar de verdadero zooplancton ya que la escasa profundidad pone a estos organismos en íntimo contacto con el sustrato (se debe hablar mejor de heleoplancton).

Entre los vertebrados tienen también importancia los anfibios y los reptiles, que pueden vivir en estos ecosistemas una etapa más o menos larga de su desarrollo y las aves, que si bien pueden estar sólo de paso, tienen un enorme papel como transportadoras de propágulos de uno a otro humedal. Los peces, en general, sólo se pueden desarrollar en los humedales permanentes.

Capítulo aparte merecen los tapices microbianos de bacterias quimiosintéticas y fotosintéticas y de cianofíceas que son muy típicos, sobre todo, en lagunas saladas y que pueden considerarse un recuerdo de la vida en la Tierra en las fases primitivas de paso de la fotosíntesis anoxigénica (bacterias fotosintéticas del azufre) a la oxigénica (cianofíceas).



Fotografía 2: Cianofíceas, pueden cubrir gran parte de la superficie del humedal.

El ciclo de materia y energía, a grandes rasgos, es igual que el de los lagos, pero es mucho más abierto. Hay una entrada importante de materiales orgánicos e inorgánicos alóctonos y de luz, y una salida en forma de explotación por parte de diversos depredadores y por emergencia de los insectos adultos. Por lo tanto, para la comprensión del funcionamiento de estos sistemas, no se puede tener sólo en cuenta el vaso inundable, sino que hay que estudiar toda la cuenca de influencia.

El metabolismo de estos sistemas es muy elevado, debido al grado de iluminación que reciben todas las partes de la cubeta, lo que permite una actividad fotosintética intensa. El retorno de los nutrientes desde el sedimento a la columna de agua es continuo debido a la pequeña profundidad, por lo que son sistemas que se realimentan constantemente. En estos sistemas los productores bentónicos suelen tener, normalmente, ventajas sobre el plancton en la competencia por los nutrientes por lo que, aunque son sistemas naturalmente eutróficos, las aguas pueden estar relativamente claras la mayor parte del año.

En estos sistemas, las características fisicoquímicas del agua y, como consecuencia, la sustitución de unas especies por otras a lo largo del tiempo es muy patente y se puede diferenciar claramente entre la sucesión anual, la interanual entre años consecutivos de

diferente pluviometría y la que se produce a más largo plazo en relación con la maduración creciente del sistema.

I.2.2 Criterios para una tipificación

La existencia de una gran variabilidad entre los humedales es debida, a la diversidad de factores climáticos, físico-químicos y geomorfológicos que actúan sobre ellos, dotándolos de unas características concretas. Tradicionalmente se han hecho clasificaciones considerando separadamente el medio físico del biológico. Pero, actualmente, se tiende a pensar que una clasificación físico-ambiental y una biológica hechas por separado coinciden en gran parte de sus resultados.

En la figura 1, se muestra la clasificación realizada por Alonso y Comelles, basada en características ambientales.

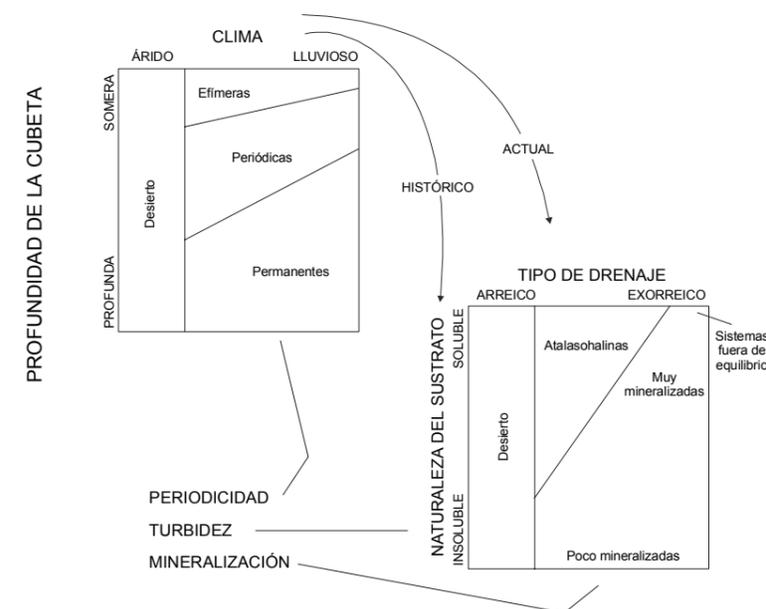


Figura 1. Síntesis de los factores que determinan la periodicidad, la salinidad y la turbidez de las aguas continentales de pequeño volumen en España (Alonso y Comelles, 1983).

Desde el punto de vista ambiental, los parámetros más importantes son el régimen de inundación de la cubeta, las características del agua y las interacciones con los sistemas terrestres adyacentes.

A. EL RÉGIMEN DE INUNDACIÓN DE LA CUBETA

La existencia de un humedal comporta la presencia de un sustrato relativamente impermeable. Desde el punto de vista hidrológico los humedales pueden ser lugares de descarga de acuíferos importantes, estar asociados a acuíferos de ríos y a acuíferos

superficiales de poca potencia que dependen, exclusivamente, de la pluviosidad local; o estar asociados a las llanuras de inundación de los ríos o a marismas, en cuyo caso están afectados por la actividad mareal; o, también, pueden originarse por la acumulación de aguas superficiales en cubetas impermeables (zonas endorreicas).

Las fluctuaciones de nivel características de estos sistemas pueden asociarse a la dinámica de acuíferos y, también, a la incidencia de las lluvias más o menos locales. La persistencia del agua en algunos humedales puede deberse únicamente a la pluviometría local y a la profundidad de la cubeta.

Entre las distintas posibilidades se pueden distinguir las *estrictamente permanentes* que nunca (o casi nunca) se secan (por ejemplo la laguna de Zoñar en Córdoba), las *temporales periódicas* que se llenan todos los años pero tienen un periodo seco regular que, generalmente, coincide con el verano (por ejemplo la laguna de Fuente de Piedra, etc.) y las *efímeras*, que tienen un periodo de inundación corto e imprevisible y pueden permanecer secas más de un año.

B. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Entre éstas las más importantes son la salinidad total del agua, la concentración de nutrientes y la turbidez. La variabilidad de estos factores entre humedales, y en cada humedal a lo largo del tiempo, es muy amplia. Tanto la salinidad total, como la proporción de los distintos iones está en función del sustrato de la cuenca y del régimen hídrico.



Fotografía 3: Laguna Honda, Jaén. Laguna de elevada salinidad.

En lugares áridos resulta favorecido el endorreísmo, proceso por el que las aguas que dan lugar a lagunas no tienen drenaje horizontal y su salida del sistema se debe sólo a evaporación. En estos casos, las aguas someras tienden a concentrar sales y pueden llegar a tener salinidades muy superiores a las de agua de mar. Este mecanismo se complica más en sistemas lacustres ligados a descargas de acuíferos ya que, en este caso, la naturaleza química de las aguas se encuentra muy alterada por procesos de envejecimiento y, además, integra las características de todos los sustratos por donde han pasado las aguas subterráneas que, en el caso de paquetes sedimentarios terciarios, pueden ser complejos ya que, a veces, incluyen también niveles salinos.

Las relaciones de proporcionalidad entre los distintos iones también pueden ser muy variables porque, en general, las aguas de los humedales se alejan de los equilibrios habituales tanto de aguas continentales de gran volumen (ríos y lagos dulces) como de las aguas marinas. Los iones mayoritarios pueden ser el bicarbonato y el calcio (en zonas calcáreas), el cloruro y el sodio (en sistemas esteparios endorreicos o ligados a descarga de acuíferos locales) y el sulfato (en regiones yesíferas). También dentro de cada ecosistema esta proporcionalidad puede variar de acuerdo con la pluviometría de cada año.

La salinidad, prácticamente, no está influida por la actividad de los organismos, pero condiciona el tipo de comunidad que puede establecerse en un humedal. Los organismos se ven obligados a desarrollar mecanismos fisiológicos variados, destinados a regular las relaciones osmóticas entre el medio interno y el externo. Sin embargo, la proporción entre los distintos iones no parece tener tanta importancia, sobre todo cuando la salinidad no es muy elevada. Pero, en sistemas muy mineralizados, a medida que aumenta la relación cloruro/sulfato, puede llegar a tener cierta importancia.

Los nutrientes proceden de las lluvias, de lo que aporte el acuífero por disolución de los sustratos atravesados, del lavado de los suelos y vegetación de la cuenca de influencia (principalmente N y P, sobre todo cuando hay campos de cultivo tratados con abonos químicos) y de la contaminación. En los humedales que se encuentran en fases maduras de colonización, no suelen detectarse concentraciones de nutrientes muy altas en el agua, ya que se encuentran atrapados en la biomasa bentónica o en el sedimento. Un aumento en la concentración de nutrientes disueltos puede ser un índice de contaminación.

La turbidez depende de la cantidad de fitoplancton que se desarrolla y de la materia inorgánica en suspensión. Su intensidad tiene una repercusión importante en el tipo de comunidad que se desarrolle, ya que incide directamente en la disponibilidad de luz en el

fondo y, por lo tanto, en la mayor o menor posibilidad de implantación de vegetación sumergida.

Las aguas con turbidez permanente debida a fitoplancton son sistemas sometidos a tensión que detectan una situación anómala (generalmente se trata de humedales contaminados). No obstante, todas las lagunas temporales tienen una fase de crecimiento del fitoplancton durante el verano, cuando los macrófitos llegan al final de su periodo vegetativo y ceden sus nutrientes al agua.

Cuando la turbidez se debe a materia inorgánica, esta puede ser temporal (en las primeras fases de la inundación anual) o permanente (normal en algunas lagunas arcillosas). En este caso las lagunas mantienen una situación heterotrófica permanente, ya que el bentos no es colonizado por plantas y predominan los animales detritívoros y carnívoros.

C. INTERACCIONES CON LOS SISTEMAS TERRESTRES ADYACENTES

Los humedales se pueden considerar, en realidad como ecotonos (zonas de transición entre dos comunidades diversas), en los que - bien en toda la superficie, bien en una amplia extensión - se alternan épocas de inundación (aprovechadas para la colonización por organismos acuáticos) con épocas secas en las que la vegetación terrestre (herbáceas, sobre todo) avanza hacia el centro de la cubeta. Por lo tanto sus límites y su metabolismo dependerán de la pluviometría de cada ciclo hidrológico.

Los ecosistemas acuáticos de lagunas y bajos o encharcadizos, dependen de la descarga del acuífero que las alimenta en sus puntos surgentes. La red de drenaje superficial normalmente sólo es funcional en contadas ocasiones (bajo intensas precipitaciones), la hipótesis más tradicional es que lagunas y encharcadizos funcionan como subsistemas locales, relativamente aislados en cuanto al flujo de nutrientes. Su alimentación por agua surgente y la ausencia de red de drenaje aferente, parecían confirmar este modelo conceptual.

Las investigaciones del grupo de investigación del Departamento de Ecología y Fisiología Vegetal de la Universidad de Sevilla, han puesto de manifiesto que, por el contrario, existe un intenso transporte hacia la cubeta lagunar desde la vegetación terrestre circundante. Explica esta movilización la presencia de compuestos polifenólicos en el agua y su ciclo anual de abundancia, que no es debido a movilización de materiales sedimentados en el fondo. Otra materia orgánica edáfica y parte de los nutrientes, siguen un ciclo de abundancia en la columna de agua que guarda relación con aportes laterales desde el suelo circundante al vaso, pero no se explican por resuspensión o redisolución desde el fondo lagunar, que actúa más bien como sumidero de nutrientes y materia orgánica.

Se han propuesto varios mecanismos para explicar este aporte: actividad de los vertebrados, movilización por la vegetación y transporte en aguas de arroyada.

La actividad de peces, resuspendiendo el fondo puede ser determinante. Las carpas, las tencas y, en menor medida los barbos y las bogas, podrían ser agentes causales. Sin embargo, el transporte lateral tiene lugar en masas de agua sin peces. Los galápagos e icoteas, los anfibios o sus larvas pueden igualmente estar ausentes en las masas donde se evidencia transporte lateral de fenoles hacia la masa de agua.

El papel de la vegetación parece determinante, acoplado a mecanismos de transporte relacionado con el régimen de descargas del acuífero y la fluctuación de profundidad y extensión de las lagunas.



Fotografía 4: Laguna de Agia (Granada) rodeada de vegetación.

En primer lugar, las orlas de macrófitos helófitos (*Schoenoplectus*, *Scirpus*, *Sparganium*, *Typha*, *Allisma*) que bombean nutrientes desde el sedimento y los aportan al agua. En segundo lugar, la vegetación terrestre que sufre inundación. No se trata de helófitos, sino de especies palustres que resisten el encharcamiento temporal (*Luzula*, *Carex*, *Hydrocotyle*, *Cerastium*, *Cotula*, *Agrostis*, *Juncus*). En tercer lugar, la vegetación de sitios no encharcados que sufren breves periodos de inundación o que, al estar situados cerca del agua, sufren encharcamiento en años extremadamente lluviosos. Por último la vegetación

terrestre situada en zonas que nunca sufren encharcamiento, pero que al, ser lavados por las lluvias, aportan a las lagunas nutrientes y materia orgánica a través del agua de escorrentía.

Esta materia orgánica disuelta está formada, en gran parte, por compuestos orgánicos de naturaleza polifenólica derivados del lavado de la vegetación adyacente (Serrano, 1992). Dichos compuestos afectan de forma muy diversa el funcionamiento de estos ecosistemas. En ocasiones pueden ser responsables de la limitación de la producción fitoplanctónica, bien por secuestro de oligoelementos (Serrano y Guisande, 1990; Serrano, 1994), bien por inhibición de fosfatasa alcalina disuelta en el agua (Serrano y Boon, 1991), mientras que, otras veces, promueven el desarrollo de ciertas poblaciones de algas típicamente mixotrofas que podrían aprovechar estos compuestos como fuente de carbono (Serrano et al., 1993).

Recientemente se ha encontrado que la alta reactividad de estos compuestos podría atrapar parte del fósforo, elemento limitante por excelencia de la producción primaria de los ecosistemas acuáticos, en forma de complejos húmicos (Díaz-Espejo et al., 1999). Tales complejos húmicos asociados a hierro y fósforo son muy frecuentes tanto en el agua como en los sedimentos de estas lagunas. La alta proporción de fosfato soluble no reactivo (PSNR) en muchas lagunas sugiere la presencia de dichos complejos (Jaúregui y Toja, 1993). La formación de complejos de ácidos húmicos-hierro-fósforo limitaría la disponibilidad instantánea de fósforo para los organismos, pero al mismo tiempo permitiría disponer de reservorios potenciales de fósforo a más largo plazo (Francko y Heath, 1982; Jones et al., 1988, 1993; Shaw y Jones, 1996).

Existen varios mecanismos capaces de degradar estos compuestos (luz ultravioleta, actividad microbiana, fitoplancton mixotrofo, filtradores detritívoros, etc). Sin embargo, los estudios sobre la mineralización de estos compuestos son relativamente escasos especialmente en sistemas naturales de nuestras latitudes (Geller, 1986.; Díaz-Espejo et al., 2000).

Por otro lado, la cuestión sobre si los humedales son una fuente o un sumidero de nutrientes respecto a los ecosistemas terrestres que los rodean lleva siendo investigada desde hace mucho tiempo (Odum et al., 1977; Mitsch et al., 1979; Ewel y Odum, 1984; Dierberg y Brezonik, 1985; Howard-Williams, 1985; Mitsch y Reeder, 1992, entre otros). Actualmente comienza a considerarse que los sistemas acuáticos someros pueden comportarse de una forma u otra según sea su hidrología y su funcionamiento. Para otros, la cuestión de fondo no está bien planteada, ya que los sedimentos no deben considerarse

como meros almacenes de nutrientes, especialmente en sistemas someros, donde la mezcla es intensa y donde llegan a desarrollarse macrófitos enraizados; más bien existe un equilibrio permanente entre los nutrientes del sedimento y los de la columna de agua. Este equilibrio es dinámico, de forma que la posición del equilibrio determina si en ese momento domina la entrada o la salida de nutrientes del sistema y, además, puede variar en el tiempo, estacional o interanualmente, así como debido a cambios en el manejo de los ecosistemas (Golterman, 1995).

A lo largo del tiempo, el mismo cuerpo de agua puede funcionar como sumidero y fuente de fósforo. Además, esta variabilidad temporal conlleva una alta heterogeneidad espacial en torno a las lagunas (zona de litoral, llanuras de inundación y encharcamiento) de modo que la complejidad de la interacción sistema terrestre-acuático aumenta al no existir un ecotono definido entre ambos.



Fotografía 5: Balsa del Sabinar (Almería) durante la época seca.

Diversas fuentes alóctonas pueden contribuir al enriquecimiento de materia orgánica en los humedales. El suelo y los sedimentos son fuente de productos polifenólicos y, en general, de materia húmica que puede alcanzar los ecosistemas acuáticos a través de la erosión y la filtración de agua subterránea (Fustec et al., 1988). La mineralización en el suelo de restos

vegetales o de hojarasca (litter) puede liberar polifenoles, ya que estos compuestos son productos finales comunes en la degradación de las ligninas (Kirk, 1984) y aparecen también en otras sustancias vegetales ampliamente distribuidas, como los taninos. Es bien conocido que las plantas leñosas constituyen una enorme fuente de materia orgánica autóctona en los ecosistemas acuáticos (Henrichs y Doyle, 1986; Fustec et al., 1988). También, las vegetaciones palustre y litoral juegan un papel importante (Wetzel, 1981; Boon et al., 1982), así como los restos vegetales en descomposición (Day, 1982; Bunn, 1988).

Según numerosos autores, estos procesos de descomposición incluyen varios mecanismos: el lavado, la fragmentación mecánica y la actividad microbiana (Gopal, 1984). Es conocido que la lluvia y las inundaciones ocasionales producen el lavado de las sustancias solubles contenidas en la materia vegetal en descomposición del suelo, como azúcares solubles, aminoácidos, lípidos, polifenoles solubles, etc. (Moran y Hodson, 1990). Sin embargo, el efecto de la lluvia sobre la vegetación viva es menos conocido (Davis y van der Valk, 1978), a pesar de que Schindler (1992) propone que la lluvia llega a significar un 10-25 % del aporte anual total de DOC en el Área de Lagos Experimentales de Canadá.

1.2.3 Somera clasificación de los humedales españoles

Alonso y Comelles (1983) clasificaron a los humedales españoles en varios grupos, (figura 2), caracterizados no sólo por los parámetros fisicoquímicos, sino por las comunidades de algas, macrófitos y crustáceos específicas de cada uno de ellos.

Estos grupos de clasificación se comentarán con detalle a lo largo del presente informe para cada una de las comunidades estudiadas (fitoplancton, zooplancton, macrófitos).

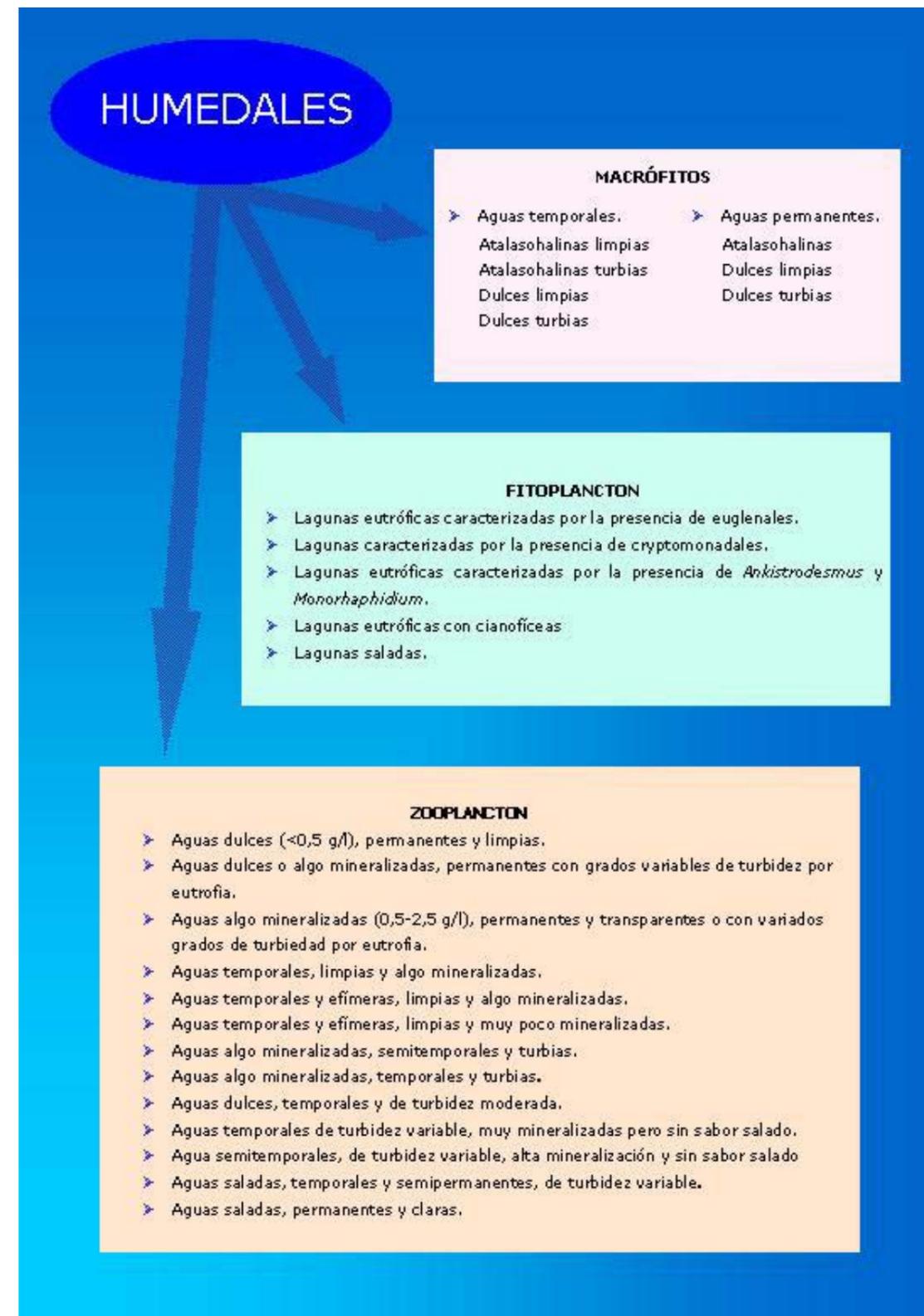


Figura 2. Clasificación de los humedales españoles según Alonso y Comelles (1983)

II FITOPLANCTON

II.1 INTRODUCCIÓN

Mucho tiempo se siguió, y se usa todavía, la clasificación de Eichler de 1993, basada, casi sin cambios, en la de Linné de 1754. En ellas se separan las Criptógamas (plantas productoras de esporas) de las Fanerógamas (plantas con semillas). Dentro de las Criptógamas se incluían 3 Divisiones: Talófitas (plantas con talo, Clase Algae y Clase Fungi), Briófitas y Pteridófitas (Criptógamas vasculares).

Otra clasificación toma en consideración fundamentalmente la diferencia entre Talófitas (donde el cuerpo está, a lo sumo, ligeramente diferenciado) y las Cormófitas (diferenciadas en raíz, tallo y hojas). Ésta se considera que es más “natural” porque no separa a los helechos de las plantas vasculares. Pero tampoco se ven “naturales” las diferencias dentro de las Talófitas.

Si la clasificación se basa en la idea de que todos los principales grupos de eucariotas se han desarrollado independientemente unos de otros por un largo tiempo (van den Hoek, 1995), pueden establecerse las siguientes Divisiones de algas: Cyanophyta (= Cyanobacterias), Prochlorophyta (=Chloroxybacterias), Glaucophyta, Rhodophyta, Heterokontophyta, Haptophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Chlorarachniophyta, y Chlorophyta.

Consideremos la definición de alga:

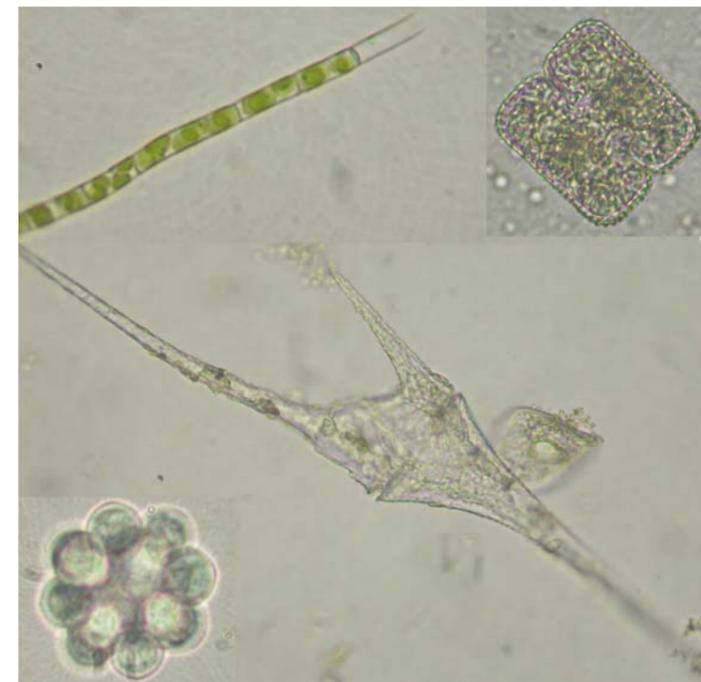
Van den Hoek, 1995: “Grupo diverso de plantas fotosintéticas que no tienen raíz, tallos, ni hojas y que han perdido sus tejidos de conducción. Algunas algas no son capaces de fotosintetizar pero se incluyen aquí debido a su aproximación con formas cloróticas”. Habrá que aclarar qué es una planta, o mejor dicho, qué organismos pertenecen al reino Plantarum o Animalium. En virtud de que es difícil separar organismos microscópicos (ej. Chrysophyceae y Euglenophyceae, o Myxomycetes en hongos) entre estos dos reinos, se propuso dividir a los organismos en 5 reinos. Pero estos reinos tampoco son filogenéticamente coherentes, sino que son artificiales.

Lee, 1999: “Talófitas (plantas que han perdido raíces, tallos y hojas) que poseen clorofila a, como pigmento fotosintético primario, y que no poseen cobertura de células estériles alrededor de las células reproductivas”. Esta definición incluye un número de formas que no están necesariamente muy relacionadas, por ejemplo las cianobacterias están más cercanas a otras bacterias que al resto de las algas.

Bold, 1985: “El carácter distintivo de las algas respecto a otras plantas clorofilosas reside en la reproducción sexual, que se produce; a) en algas unicelulares, los mismos organismos funcionan como gametos, b) en algunas algas multicelulares, los gametos pueden ser producidos en

gametangios unicelulares, c) en otras los gametangios son multicelulares, definiendo fértil cada célula gametangial, es decir que cada una produce gameta”. Ninguna de estas características ocurren en musgos, helechos o plantas vasculares. En su reproducción asexual, muchas algas producen esporas flageladas y/o esporas inmóviles en esporangios unicelulares, o si son multicelulares, cada célula es fértil.

Bourrelly, 1966: “Las algas son los organismos vivos que poseen normalmente clorofila en todas sus células y crecen en medio acuático o en un medio muy húmedo. Además de formas unicelulares, solitarias o coloniales, se encuentran algas pluricelulares que se distinguen de otros vegetales criptógamos por su organización relativamente simple (talo sin raíces, tallos ni hojas). Los caracteres fundamentales de las algas son la presencia de clorofila, la vida acuática, la ausencia de vasos de conducción y el tipo de diferenciación celular”. Este autor utiliza la coloración y la reserva celular como principales criterios para diferenciar las Divisiones de algas.



Fotografía 6: Diversas especies pertenecientes al fitoplancton.

Tras esta pequeña introducción en la definición de alga, hay que tener en cuenta que los organismos acuáticos pueden ocupar hábitats distintos dentro del ecosistema, adquiriendo una serie de características que les permiten adaptarse a distintos tipos de vida. En términos generales, las algas se diferencian en dos grandes subgrupos:

- El fitoplancton, conjunto de algas que viven suspendidas o moviéndose en la columna de agua. Dominan las especies unicelulares o formadoras de pequeñas colonias, sin estructuras complejas.
- El fitobentos o perifiton que es el conjunto de algas que viven asociadas a un sustrato. Este puede ser diferente (rocas, arena, limos, macrófitos, etc). Hay una gran variabilidad de morfologías y tamaños, desde unicelulares microscópicas hasta multicelulares macroscópicas.

Pero, la diferenciación entre los dos subsistemas es difícil de hacer. Aunque algunas especies son predominantemente planctónicas y otras predominantemente bentónicas, la mayoría de las especies pueden vivir perfectamente en ambos hábitats siempre que tengan cubiertos sus requerimientos de luz y nutrientes.

Esto es todavía más frecuente en los humedales, dado que la pequeña profundidad determina que la turbulencia del viento tenga permanentemente mezclada la capa de agua, por lo que muchas algas bentónicas se mantienen suspendidas en la columna de agua, desarrollándose sin ningún problema. En este caso, más que de fitoplancton se habla de ticoplancton.

Por otra parte, la composición de fitoplancton que nos encontramos en un humedal depende de las características físico-químicas del medio y de los factores bióticos.

II.1.1 Factores físicos

En este grupo están la temperatura, la iluminación, la turbulencia, la viscosidad del agua y la tasa de renovación del agua.

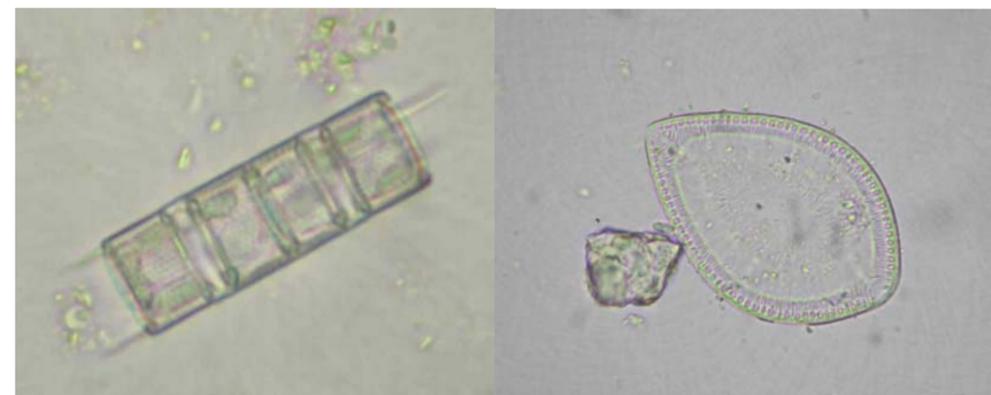
Todas las especies tienen unos rangos óptimos de desarrollo según las características de luz y temperatura; cuando estos factores cambian, las poblaciones existentes adaptadas a estas condiciones se destruyen y son sustituidas por otras especies adaptadas a las nuevas características.

La iluminación en la columna de agua puede tener su interés en el caso de la eutrofización, ya que la proliferación del fitoplancton, reflejo de un aumento de nutrientes, limita la zona eufótica al hacerse sombras unas especies a otras, por lo que algunas pueden resultar favorecidas como ciertas Cianofíceas que son capaces de modificar su flotabilidad y ascender o descender a niveles de iluminación óptima.

La absorción de la luz en una columna de agua ocurre de manera exponencial. El coeficiente de extinción de la luz depende de las sustancias disueltas y de las partículas en suspensión presentes, y es el parámetro que determina el límite de la zona fótica (nivel donde la luz que entra en superficie se ha reducido al 1%). Los distintos grupos de algas están adaptados a diferentes intensidades de luz, por ejemplo, los Dinoflagelados tienen

fototactismo positivo, ascienden a la superficie durante el periodo de luz y descenden por la noche (Pollinger, 1988); en cambio las Criptofíceas tienen capacidad para vivir en condiciones de baja intensidad luminosa (Klaveness, 1988) y los movimientos a través de la columna de agua de algunas especies de este grupo se han explicado como una forma de evitar las altas intensidades luminosas de ciertos momentos del día.

La turbulencia del agua influye en las poblaciones que no tienen sistemas propios de flotabilidad, por lo que sólo pueden desarrollarse en aguas turbulentas (período de mezcla), por ejemplo las Diatomeas. Por el contrario, especies que tienen sistemas propios de motilidad o flotabilidad se ven favorecidas en las épocas de estabilidad, por ejemplo Cianofíceas o Dinoflagelados.



Fotografía 7: Diatomeas, poseen un caparazón de sílice que favorece su hundimiento en la columna de agua.

La tasa de renovación del agua es un factor poco importante en los humedales, salvo aquellos conectados a un sistema de alimentación y drenaje (un caso puede ser el de la Laguna Grande de Archidona). En estos casos, en el plancton se desarrollan aquellas especies cuya tasa de multiplicación supera a la tasa de renovación del agua. La tasa de renovación afecta tanto a la densidad total de las algas planctónicas, como a la composición de la población.

II.1.2 Factores químicos

En este grupo están la salinidad y la concentración de nutrientes.

La salinidad total es uno de los principales factores determinantes del desarrollo de algunas especies. Las hay de aguas muy saladas y de aguas diluidas. Hay un gran número

de especies restringidas a aguas dulces, mucho menor es el de aquellas restringidas a aguas polihalinas e hiperhalinas. Y hay bastantes especies que pueden adaptarse a salinidades variables dentro de ciertos rangos, pero también son escasas las que se pueden encontrar en cualquier salinidad.

La composición iónica mayoritaria influye, tanto en la densidad total de algas, como en la composición de la comunidad. En el primer caso, el efecto es indirecto: las aguas fuertemente sulfatadas, si tienen una concentración elevada de materia orgánica, pueden tener una actividad importante de bacterias reductoras de sulfato, que al producir importantes cantidades de sulfuro, pueden interferir en el metabolismo del fósforo ligado al hierro, liberando aquel nutriente al medio y poniéndolo a disposición de las algas. Por otro lado, si los iones que predominan son el carbonato-bicarbonato y el calcio, se incrementa la precipitación de fosfato cálcico hacia el sedimento, reduciendo la disponibilidad de este nutriente con el consiguiente descenso en la densidad de algas.

Según la concentración de nutrientes que haya en el agua se establecen diversas asociaciones de algas, en las que las especies dominantes son distintas.

A pesar de que las algas del fitoplancton son básicamente fotosintéticas, muchas de ellas pueden emplear o bien necesitan compuestos orgánicos producidos por otras algas. Teniendo en cuenta estos requerimientos se pueden establecer distintos tipos fisiológicos (Hutchinson, 1967).

- **AUTOAUXOTROFOS FOTOTROFOS ESTRICOTOS.** Sintetizan toda su materia orgánica por fotosíntesis a partir de compuestos inorgánicos como fuente de materia. En algunos casos, de forma facultativa, pueden emplear alguna vitamina que se encuentre en el medio (sobre todo cobalamina en el caso de algunas cianofíceas), pero no es necesario.
- **AUTOAUXOTROFOS FOTOTROFOS PERO HETEROTROFOS FACULTATIVOS.** Aunque son básicamente fotosintéticos, pueden vivir indefinidamente en la oscuridad, si en el medio hay materia orgánica de bajo peso molecular, como glucosa y/o acetato. A este grupo pertenecen muchas volvocales (Fotografía 8) y clorococales. Normalmente este grupo tiene su máximo desarrollo en aguas eutróficas, en las que hay mucha materia orgánica disuelta en el medio, procedente de excreciones de los productores primarios o que han llegado a partir de los ecosistemas terrestres adyacentes. Esta situación es muy frecuente en los humedales y son muchas las especies típicas de ellos que tienen este metabolismo mixotrófico.



Fotografía 8: Chlorophyta colonial, *Volvox aureus*, Ehrenberg.

- **ALOAUXOTROFOS PERO OBLIGADOS FOTOTROFOS.** Son incapaces de utilizar compuestos orgánicos como fuente de materia, pero son dependientes de una fuente externa de algunas vitaminas. Las vitaminas más requeridas son, en primer lugar, la cobalamina y, después, la tiamina y la biotina.
- **ALOAUXOTROFOS Y, EN PARTE, OBLIGADOS HETEROTROFOS.** Son los que tienen mayores requerimientos para su desarrollo, ya que una parte del mismo depende de una fuente de carbono orgánico. Muchas de estas especies son fagotrofas.
- **ALOAUXOTROFOS Y FOTOTROFOS PERO HETEROTROFOS FACULTATIVOS.** Organismos que requieren una fuente externa de, por lo menos, una vitamina y que son capaces de subsistir en oscuridad con una fuente orgánica de carbono. Incluye unas pocas diatomeas y cianofíceas y casi todas las euglenales conocidas.

Tanto la densidad total de algas, como la dominancia de una u otra especie están en función de la concentración de todos y cada uno de los nutrientes y de la proporción entre estos.

Las algas tienen determinados requerimientos de nutrientes tanto inorgánicos como orgánicos. Los variados requerimientos que presentan las distintas especies van a ser, en gran medida los que determinen las diferencias existentes entre la composición específica de las comunidades que pueblan las aguas con distinto grado de eutrofia.

II.1.3 Factores bióticos

La predación por parte de otros organismos y la competencia interespecífica pueden modificar la composición de las poblaciones, pero, esta modificación puede ser, en algunos casos positiva, por ejemplo, en el caso de especies que precisan asimilar parte de sus

nutrientes en forma de compuestos orgánicos de bajo peso molecular, que en general son suministrados por las excreciones de otras especies en el fitoplancton.

Con relación a aspectos biogeográficos de las algas, en general, las algas no son un grupo apropiado para hacer estudios biogeográficos. El cosmopolitismo es bastante general. En todo caso, sólo algunas especies encontradas en las lagunas de alta montaña de Sierra Nevada son típicas de estos ambientes (Sánchez Castillo, 1986) y se han encontrado sólo en lagos de alta montaña de otras sierras o en lagos nórdicos.

II.2 GRUPOS DE ALGAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL FITOPLANCTON

Se incluye una breve descripción de los principales grupos aparecidos en el estudio.

II.2.1 Cyanophyta

También llamadas algas azules por la tonalidad azulverdoso que le confiere el pigmento característico de este grupo, la ficocianina. Al igual que las bacterias carecen de verdadero núcleo celular.

Son especies unicelulares o filamentosas, y pueden formar colonias. Son células de muy pequeño tamaño, carecen de cloroplastos, los pigmentos asimiladores se encuentran en unas estructuras parecidas a los tilacoides de las algas superiores. Poseen clorofila, carotenos y xantofilas.

Carecen de flagelos; las especies unicelulares y coloniales son inmóviles, aunque muchas formas filamentosas pueden realizar movimientos reptantes y oscilatorios. Se multiplican de forma asexual, por división celular.

Son probablemente las plantas autótrofas más antiguas aún existentes. Están muy difundidas y colonizan además hábitats que no ofrecen posibilidades de vida a otras plantas, como por ejemplo fuentes termales, glaciares y paredes rocosas.

II.2.2 Heterokontophyta

En esta división se agrupan algas cuyos cromatóforos, verdes, amarillos o pardos, contienen clorofila c en vez de b. En ella están representados todos los niveles morfológicos de organización, desde el monadal hasta el sifonal; en su máxima complejidad, los heterocontófitos forman talos parenquimáticos complicados y anatómicamente diferenciados.

Los estados móviles se caracterizan por sus flagelos heterocontos. Si hay manchas oculares, éstas se sitúan cerca de la base de los flagelos, aún dentro de los cloroplastos.

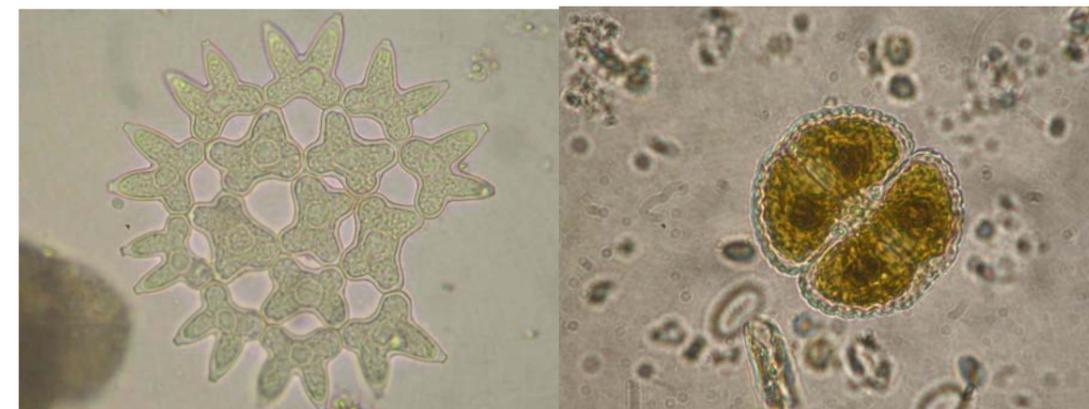
Como polisacárido de reserva se forma crisolaminarina. La división se compone de cinco clases, una de ellas correspondiente al conocido grupo de las diatomeas (Bacilliarophyceae).

II.2.3 Chlorophyta

Son las algas verdes. Unicelulares, coloniales o filamentosas. Acumulan almidón, como producto de reserva, en los cloroplastos. Éstos son de un verde puro. Carotina, luteína y otras xantofilas son características como pigmentos accesorios. Los pirenoides si existen, se sitúan en el interior de los cloroplastos.

Las células flageladas suelen ser piriformes, de simetría bilateral y con 2 ó 4 flagelos sin bárbulas, de la misma longitud.

Se conocen unas 8000 algas verdes, la mayoría de las cuales son cosmopolitas y viven en agua dulce; tan sólo un 10% viven en el mar. Prefieren aguas mesosaprobias. Son consideradas como la base de la línea evolutiva que conduce hasta las plantas superiores.



Fotografía 9: Chlorophytas, *Pediatrum duplex*, Meyen 1829 (izq.) y *Cosmarium*, Corda 1834 (dcha.).

II.2.4 Euglenophyta

Los euglenofitos son organismos unicelulares, que nadan mediante flagelos y que suelen tener una forma alargada, más o menos espiralada. No poseen una verdadera pared celular sino una película denominada periplasto. Los perfiles de la película, que convergen hacia los polos, aparecen como una serie de bandas. Esta estructura de la película permite unas alteraciones a menudo muy intensas de la forma de las células.

Los cloroplastos contienen clorofila a y b, caroteno y xantofilas. El color de los euglenofitos suele ser verde puro. En el polo celular, desemboca el sáculo de los flagelos, en el que

vierten su contenido las vacuolas pulsátiles. De su base salen dos flagelos: uno largo y otro tan corto que no llega a sobresalir. En su proximidad hay una mancha ocular teñida de color rojo por la carotina.

Los euglenofitos comprenden más de 800 especies, las cuales en su mayoría viven en agua dulce.

II.2.5 Dinophyta

Más conocidos por su nombre común: dinoflagelados. El rasgo característico estriba en la presencia de un surco transversal y un surco longitudinal, en cada uno de los cuales se halla un flagelo. Suelen ser unicelulares, con dos largos flagelos barbulados, sólo se conocen unas pocas formas cocales y tricales. La pared celular posee muchas veces finos poros en los que desembocan tricocistos en forma de saco. Está formada por placas poligonales de celulosa, que constituyen una coraza.

Reproducción vegetativa por división longitudinal (reproducción sexual sólo en algunos casos). En condiciones desfavorables se originan cistes perdurantes de pared gruesa dentro de la coraza y, en muchos casos, liberan toxinas al medio.

La mayoría de las 1000 especies viven en el mar, donde, después de las diatomeas, son los productores primarios más importantes. El desarrollo masivo de dinofitos origina mareas rojas, con efectos nocivos para otros organismos marinos.



Fotografía 10: *Peridinium* sp. Ehrenberg, 1832.

II.2.6 Cryptophyta

Compuesto por formas flageladas, exclusivamente; las células son típicamente asimétricas, aplanadas, desnudas. Una película biestratificada, delgada y resistente forma la capa

exterior y es la causa de la constancia de la forma del organismo. Dos flagelos de longitud algo distinta, con tipos de movimientos diferentes, ocasionan los desplazamientos de la célula. En la cara ventral del cuerpo se observa un surco longitudinal oblicuo, poco profundo, en el que desemboca la citofaringe, que penetra profundamente en el interior celular. El contorno de la citofaringe se halla marcado por unos gránulos muy refringentes los tricocistos.

Poseen clorofilas, carotenoides y xantofilas, lo que los dota de colores diversos. Algunas especies son incoloras. Las sustancias de reserva es el almidón. Multiplicación por división longitudinal de las células móviles.

II.3 CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ANDALUCES SEGÚN EL FITOPLANCTON

Alonso (1998), con los pocos datos sobre algas de que dispone, trata de hacer algunas agrupaciones de lagunas, separándolas por la salinidad (dulces o algo mineralizadas, muy mineralizadas pero no saladas, saladas), la temporalidad (temporales, permanentes) y la turbidez (limpias, turbias). A partir de esta clasificación busca los grupos más afines diferenciando:

- *LAGUNAS EUTRÓFICAS CARACTERIZADAS POR LA PRESENCIA DE EUGLENALES.* La mayoría corresponden a aguas temporales, dulces y limpias.
- *LAGUNAS CARACTERIZADAS POR LA PRESENCIA DE CRYPTOMONADALES.* La mayoría son esteparias, correspondiendo la mitad de ellas a aguas temporales, fangosas y poco o medianamente mineralizadas.
- *LAGUNAS EUTRÓFICAS CARACTERIZADAS POR LA PRESENCIA DE ANKISTRODESMUS Y MONORHAPHIDIUM.* Se trata de lagunas temporales, medianamente mineralizadas y con poca arcilla en suspensión.
- *LAGUNAS EUTRÓFICAS CON CIANOFÍCEAS.* Parte de estas lagunas estudiadas por Alonso no entran en este estudio. Pero es posible que algunas lagunas de las que el autor no tiene datos pertenezcan a este grupo.
- *LAGUNAS SALADAS.* Tienen un fitoplancton bastante característico, ya que el grupo formado tiene bastante homogeneidad, casi todas pertenecen al tipo de lagunas esteparias hiperhalinas, con desarrollo del grupo zooplanctónico caracterizado por la presencia de *Arctodiaptomus salinus*.

Posiblemente un grupo lo formen lagunas ultraoligotróficas y oligotróficas de alta montaña, con especies exclusivas de estos ambientes.

III ZOOPLANCTON

III.1 INTRODUCCIÓN.

Se considera al zooplancton como un grupo de organismos de pequeño tamaño (0.2 mm y 2 cm) que viven suspendidos o nadando en la columna de agua. En él se incluyen organismos planctónicos *sensu stricto* y o también a otros que pueden tener hábitos bentónicos, pero que pertenecen a alguno de los principales grupos del zooplancton y que, además, en el caso de los humedales, debido a su escasa profundidad pueden encontrarse viviendo en las aguas libres (especies heleoplanctónicas). Son en su inmensa mayoría microinvertebrados, aunque en este grupo también se suelen incluir a todos los Branquiópodos, algunos de notable tamaño.

El zooplancton de las aguas continentales es relativamente poco diverso, debido a que no todos los organismos pueden regular su presión osmótica, factor limitante en el medio acuático. Los grupos más importantes representados son: algunos protistas de vida libre, los rotíferos y algunos crustáceos (cladóceros y copépodos). Además hay unos pocos representantes de celentéreos y turbelarios, y unas pocas larvas de insectos. Al contrario que en el mar, es muy reducido el número de larvas planctónicas de organismos bentónicos.

El presente informe se centra especialmente en los grupos de rotíferos y crustáceos, por ser los más abundantes en los humedales peninsulares y en los andaluces en particular.



Fotografía 11: Copépodos, concretamente *Tropocyclops prasinus*, Fischer, 1860.

III.2 GRUPOS DE ANIMALES QUE SE ENCUENTRAN EN EL ZOOPLANCTON

Se incluye una breve descripción de cada grupo representante en el estudio, con características biológicas y ecológicas, así como las densidades relativas y aparición en los humedales andaluces.

III.2.1 Protistas

A pesar de la importancia que tienen en la transferencia de materia y energía de la vía detrítica a otros niveles tróficos, la dificultad de su estudio, hace que sea un grupo poco conocido. Debido a su tamaño, pasan desapercibidos para la mayoría de los zooplanctólogos (los métodos de muestreo generalmente no son adecuados). Se encuentran más frecuentemente en las muestras de fitoplancton, pero los algólogos los ignoran. Hay varios grupos.

III.2.2 Flagelados

La mayoría son formas incoloras de distintos grupos de algas. Son particularmente importantes en agua con una alta concentración de materia orgánica, por lo que abundan en las aguas contaminadas.

III.2.3 Rizópodos

Es un grupo poco representado, aunque puede ser muy importante en el fitoplancton de lagunas pequeñas. Hay formas desnudas y otras con tecas impregnadas de diversos materiales detríticos. Normalmente, estas tecamebas tienen un ciclo anual en el que se alterna una fase planctónica con una bentónica.

III.2.4 Heliozoos

Grupo muy importante en el mar, pero poco significativo en las aguas continentales, aunque en algunos estanques pequeños puede ser relativamente abundante.

III.2.5 Ciliados

Este es el grupo de protistas más importante en las aguas continentales, tanto en el plancton como en el bentos. Sobre todo son abundantes en aguas con alto contenido en materia orgánica y baja tensión de oxígeno, pero hay excepciones (tintínidos). Hay formas típicamente planctónicas entre los peritricos, tintínidos y holotricos, que tienen una serie de características comunes.

Son, generalmente, especies evolucionadas, por lo que parece que el paso a la vida planctónica es secundario y, además, hay relativamente pocas especies.

Representantes de algunos géneros (*Vorticella*, *Zoothamnium*), a pesar de ser fijos, tienen vida planctónica al asentarse sobre partículas en suspensión o sobre algas y animales. Muchos de ellos tienen algas simbiotas, por lo que llevan una vida prácticamente autotrofa. Otros establecen simbiosis con bacterias metanógenas (*Metopus contortus*), resistiendo ambientes anóxicos, por lo que pueden ser abundantes en el hipolimnion. Los ciliados planctónicos son, generalmente, bacterívoros.

Los bentónicos son abundantísimos. Pueden presentar variadas morfologías según su forma de vida (Pérez-Cabrera y Toja, 1989). Por ejemplo, los que se arrastran por el sustrato han adoptado una forma peculiar: en la zona dorsal son calvos y en la ventral tienen los cilios agrupados en cirros. Tienen también una marcada relación con el tipo de alimentación y la forma de la boca. Sus recursos tróficos son muy variados. Hay filtradores bacterívoros, vegetarianos engullidores, zoófagos, que se alimentan de otros ciliados, etc. Juegan un importante papel en la cadena trófica detrítica, ya que ponen a disposición de niveles tróficos superiores una gran cantidad de carbono orgánico.

III.2.6 Rotíferos

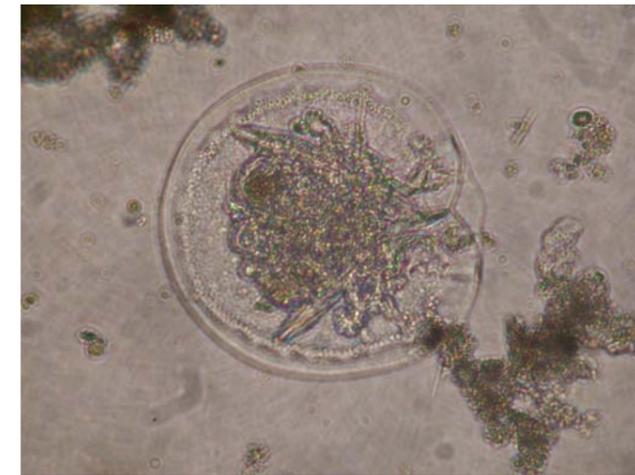
La mayor proporción de las especies de este "Phylum", que ascienden a cerca de 2.000, es exclusiva de las aguas dulces, donde han alcanzado su máxima diversificación. Su característica más notable es la banda de cilios o corona que presentan en la parte anterior del cuerpo. El movimiento metacrónico de estos cilios produce la impresión de una rueda en movimiento, de aquí el nombre de rotíferos que quiere decir "portadores de rueda".

Los rotíferos han estado considerados sucesivamente como ciliados, anélidos e, incluso, moluscos (por su semejanza con algunas larvas de este grupo). Igualmente, la teoría según la cual son formas derivadas de la larva trocófora también parece actualmente descartada. Se trata, pues, de un grupo con las características propias de los pseudocelomados y es más afín a los gastrotricos que a ningún otro grupo, hasta el punto que se piensa que pueden tener un origen común.

Se considera al grupo de los rotíferos (Rotifera), subdividido en 3 clases: Seisonoidea, Bdelloidea y Monogononta, que se separan según la estructura de la corona, la morfología general del cuerpo y, especialmente, el número de gónadas; sólo las dos últimas tienen representantes en los humedales.

La vida media de los rotíferos es muy corta: unos pocos días. La reproducción es básicamente partenogenética. Las hembras producen huevos de tamaños enormes (casi tan grandes como su cuerpo) que, una vez eclosionados, producen un organismo

completamente desarrollado una vez se distiende. Estos individuos son hembras partenogenéticas que, a las pocas horas, pueden empezar a poner huevos. Sólo cuando las condiciones del medio son desfavorables, algunas hembras producen huevos haploides. Si estos huevos no son fecundados, darán origen a machos que tienen una morfología sumamente simplificada. Los huevos fecundados son perdurables, pudiendo resistir la desecación. Cuando eclosionan dan lugar a hembras partenogenéticas.



Fotografía 12: Rotífero: *Testudinella patina* Hermann, 1783.

La mayoría de las especies planctónicas son potencialmente cosmopolitas. Entre los rotíferos de una comunidad no es raro encontrar especies simpátricas que pueden coexistir por segregación en el tamaño de la partícula de alimento.

En cuanto a su incidencia en el ciclo anual, hay especies que se presentan durante todo el año (*Polyarthra* spp, *Keratella cochlearis*), aunque tengan su máximo desarrollo en verano. Otras son exclusivamente de aguas frías (*Filinia terminalis*) y otras de aguas cálidas (*Trichocerca* spp). Algunas presentan sus máximos en primavera y otoño (*Pompholix sulcata*) probablemente en función de sus requerimientos nutritivos. Los carnívoros, como *Asplanchna brightwelli*, tienen un desarrollo sincrónico con sus potenciales presas.

III.2.7 Crustáceos

Es el grupo más importante en el plancton de lagos y lagunas y, también, es significativamente importante en el bentos aunque, en este caso, comparte la dominancia con los insectos. Algunos grupos son exclusivamente dulceacuícolas y otros tienen representantes en las aguas marinas. Los principales grupos con presencia en el heleoplancton son:

A. BRANQUIOPODOS (O FILÓPODOS)

Se caracterizan por tener las patas muy desarrolladas en forma de láminas con sedas, cuya misión puede ser triple: respiratoria, locomotriz y filtradora del alimento. Comprende varios grupos:

- **ANOSTRÁCEOS:** Formas sin caparazón, con ojos pedunculados. Presentan un marcado dimorfismo sexual. Son grandes (más de 1 cm) y de movimientos lentos y pesados, por lo que son presa fácil de depredadores. Es un grupo muy antiguo y sólo sobreviven aquellas especies que se han adaptado a vivir en medios extremos que no favorecen el desarrollo de potenciales depredadores (anfibios y, sobre todo, peces). Por ello sólo se encuentran en ecosistemas acuáticos muy efímeros (con una duración de la inundación de pocos meses). Sin embargo, el representante más conocido de este grupo: artemia salina, ha seguido otra estrategia, adaptándose a vivir en aguas permanentes, pero con altas concentraciones salinas. Sus hábitos, por lo tanto, son más bien heleoplanctónicos.



Fotografía 13: Artemias, habitan aguas salinas.

Para resistir la estación seca, producen una gran cantidad de quistes que consisten en embriones que detienen su desarrollo en la fase de mórula y se envuelven en una cubierta extraordinariamente resistente a la desecación. Parece demostrado que, en la mayor parte de las especies, los quistes no eclosionan si no han sufrido previamente un periodo de desecación e, incluso, si no hay una cierta temperatura. Parece que cada forma representa una adaptación al ciclo climático de la zona en la que se desarrollan, por lo que hay pocas especies cosmopolitas. Son filtradores pasivos. Están bien adaptadas a alimentarse con materia orgánica adsorbida sobre partículas de arcilla.

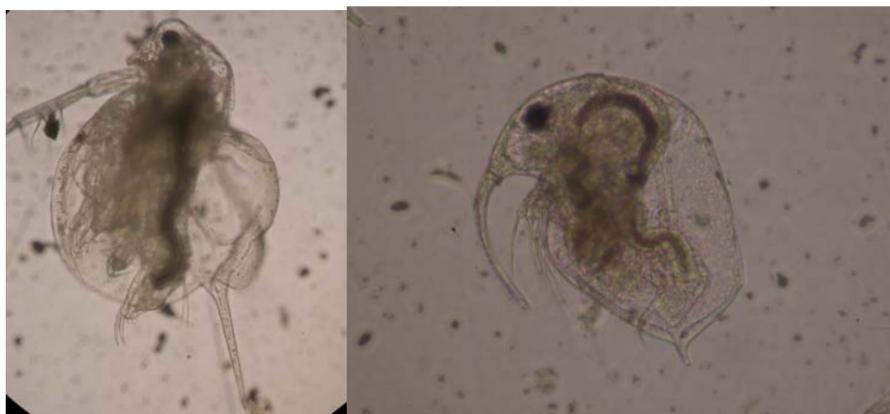
- **NOTOSTRÁCEOS:** Se puede considerar que es un grupo fósil viviente, del que sólo subsisten dos géneros: *Triops* (= *Apus*) y *Lepidurus* que se distinguen porque este último tiene una expansión laminar entre los cercos del abdomen. Son animales relativamente grandes (varios cm), depredadores, con el cefalotorax protegido por un escudo. Son también propios de aguas efímeras, con un desarrollo rapidísimo para su tamaño, ya que realizan todo su ciclo vital en menos de 2 meses. Producen huevos desecables, habiendo controversias sobre si necesitan o no un periodo de desecación antes de eclosionar. A veces se ha registrado partenogénesis. Son muy sensibles a la salinidad. De hecho, un pequeño aumento de ésta actúa sobre su organismo como si se tratara de una desecación del ecosistema. En el centro de la marisma de Doñana aparece *Triops cancriformis* inmediatamente después del primer llenado con agua de lluvia, cuando la salinidad es muy baja y, cuando ésta empieza a aumentar por la evaporación, desaparecen aunque aún quede mucha agua. Los huevos resisten la desecación durante varios años seguidos.
- **CONCOSTRÁCEOS:** Tienen el cuerpo rodeado por dos valvas que, muchas veces, presentan estrías de crecimiento. Al igual que los grupos anteriores, son muy antiguos, quedando pocas especies restringidas a pocos ambientes efímeros. Son poco abundantes. Tienen una vida relativamente larga y reproducción preferentemente sexual. Su mayor importancia reside en que parece que es el grupo que ha originado por neotenia a los cladóceros.
- **CLADÓCEROS:** Son de pequeña talla (generalmente entre 0,2 y 4 mm). Constituyen uno de los elementos fundamentales del zooplancton de las aguas continentales, aunque hay algunas especies marinas. Los cladóceros (comúnmente conocidos con el nombre de "pulgas de agua") constituyen el alimento de muchos animales acuáticos y que se ven frecuentemente en las observaciones microscópicas de muestras de agua estancada.

Actualmente se conocen unas 500 especies de Cladóceros, agrupadas en 11 familias pertenecientes a 2 órdenes. En España sólo se han encontrado 8, todas ellas con representantes en los humedales de Andalucía.

Las especies del Orden Ctenopoda son, predominantemente, de agua dulce aunque hay algún representante marino. La mayor parte son planctónicos en el seno de grandes volúmenes de agua. Todos se alimentan de partículas finas por filtración. La reproducción se realiza principalmente por partenogénesis. El desarrollo es directo. Carecen de efiopios (formas de resistencia). Comprende 3 familias con 4 géneros.

El Orden Anomopoda, comprende al resto de los cladóceros. A falta de estudios detallados es difícil conocer el número de especies a escala mundial. Es posible que lleguen al medio millar. El número de géneros es aproximadamente de 70 reunidos en 5 familias. En la Península Ibérica y Baleares se conocen 83 especies agrupadas en 28 géneros y cinco familias (59 de ellas se han encontrado en Andalucía).

Los cladóceros son básicamente partenogenéticos. Las hembras guardan sus huevos en una especie son de cámara incubadora que queda entre las dos valvas y en la que se desarrollan los embriones que, cuando el adulto muda el caparazón, quedan libres y pueden hacer vida independiente ya que están casi completamente desarrollados. A partir de la 3ª o 4ª muda, según las especies, pueden empezar a reproducirse. El periodo entre mudas dura de uno a pocos días por lo que, en poco tiempo, pueden desarrollar poblaciones extraordinariamente grandes. El número de huevos por puesta es variable, en *Daphnia magna* puede llegar a varias decenas.



Fotografía 14: *Daphnia magna*, Straus 1820, izqda. y *Bosmina longirostris*, Müller 1776, dcha.

Cuando las condiciones del medio se hacen desfavorables (por escasez de alimento, cambios en la temperatura, aparición de especies competidoras, modificaciones en la salinidad, desecación, etc.), producen generaciones sexuales, con machos y hembras que se cruzan y producen huevos durables. Estos huevos (en número de 1 ó 2) quedan en la cámara incubadora de la hembra, que va engrosando sus paredes, formando alrededor de los huevos una capa protectora (efipio) que resiste la desecación y que es fácilmente transportable por el viento o por aves e insectos.

Los cladóceros son los crustáceos acuáticos con vida más corta y con mayor capacidad de reproducción. Como se ha dicho, los nuevos individuos son capaces de reproducirse al cabo de pocas mudas, que oscilan entre 2 en *Bosmina longirostris* y 8 en *Daphnia*

magna pero que, normalmente, son alrededor de 4. Estas mudas se producen cada 2 a 5 días y las mudas de los adultos son casi tan rápidas. Por esta razón, en cuanto una zona se encharca, se puede producir un gran número de individuos, incluso antes de que se desarrolle una población algal importante. Los individuos subsisten filtrando materia orgánica adsorbida sobre arcilla. La longitud de la vida y el tiempo entre mudas están bastante correlacionados con la temperatura. A veces también influye la disponibilidad de alimento (aunque en este caso parece que afecta más a la fertilidad que a la longevidad). La regulación de la fertilidad al disminuir la cantidad de alimento, no es instantánea. La producción de efipios no está relacionada con la producción de machos, sino con los niveles de alimentación de las hembras. Hay datos que parecen indicar que la biomasa total de la población es un factor determinante en la mayor o menor producción de descendientes (Guisande, 1989).

Nadan mediante los movimientos del 2º par de antenas, muy desarrollado. Las patas, de 4 a 6 pares, están modificadas como aparato filtrador, filtrando de forma pasiva toda partícula (tanto algas como acumulaciones de bacterias, detritos orgánicos y partículas de arcilla con materia orgánica adsorbida) de tamaño adecuado, generalmente entre 10 y 35 µm. No es raro que en un ecosistema se presenten a la vez varias especies de cladóceros. La competencia se elimina por la especialización en un tamaño de partícula filtrada, por lo que al ocupar nichos alimenticios diferentes pueden coexistir. Además, algunas especies aunque de hábitos planctónicos, también adoptan la estrategia alimenticia del "cepillado", rascando con sus antenas algas del perifiton que, posteriormente, filtran (p.e. *D. magna*)

B. COPÉPODOS

Los copépodos constituyen uno de los grupos de animales que ha tenido mayor éxito evolutivo. No sólo es un grupo muy bien diversificado (se conocen cerca de 8.500 especies), sino que se ha adaptado a prácticamente todos los ambientes acuáticos. Entre las especies de vida libre, las de vida planctónica constituyen uno de los grupos de organismos más abundantes en la naturaleza y tienen una gran importancia en las cadenas tróficas de todos los ecosistemas acuáticos, marinos y continentales. Generalmente son pequeños (0,5-2 mm de largo) pero hay algunos más grandes (hasta 17 mm).

Los copépodos constituyen una subclase de la clase de los crustáceos. Actualmente se acepta que está integrada por 8 órdenes, 7 de los cuales tienen representantes en nuestro país. Tres de ellos son de vida libre y son los que tienen importancia en las aguas continentales (aunque también tienen muchos representantes marinos).

El Orden Calanoida se considera el grupo más primitivo de todos los copépodos actuales. Sus representantes son planctónicos, marinos y de aguas continentales. Se caracterizan por tener las antenas (principales elementos impulsores) muy largas (20-25 artejos). Según Dussart (1969) comprende 3 familias de aguas continentales, siendo la más importante la de los diaptómidos son típicamente pelágicos o euplanctónicos. Los espermatóforos son muy grandes. La hembra lleva los huevos en un solo saco ventral. Su vida es relativamente larga y, en muchas especies, dura casi un año. Algunas especies presentan huevos que resisten la desecación. Las especies de nuestras latitudes son, normalmente, filtradoras aunque parece que tienen capacidad para seleccionar el alimento.

El periodo reproductivo es corto (1 a 2 semanas en verano). Pueden producir dos clases de huevos: a) de desarrollo inmediato y b) resistentes a la desecación. Es posible que haya una relación entre este hecho y la disponibilidad de alimento. En las especies más frecuentes en los humedales, el ciclo vital puede variar, adaptándose al hidropериodo de cada laguna.



Fotografía 15: Organismos pertenecientes al orden Calanoida.

El Orden Harpacticoida incluye a la mayoría de los copépodos bentónicos y de aguas intersticiales. En el plancton es muy difícil verlos, salvo que se trate de heleoplancton de lagunas muy someras. Es el orden de copépodos más diversificado, reuniendo cerca de 2.800 especies, de las que aproximadamente el 90% son marinas. Más de la mitad de los harpacticoides continentales pertenecen a la familia de los *Camphocamptidae* dentro de la que destacan por su frecuencia los géneros *Canthocamptus* y *Bryocamptus*.

Las especies del Orden Cyclopoida son, principalmente, de vida libre en aguas dulces o marinas. Es un grupo muy diversificado en aguas continentales. Las especies de aguas

continentales pertenecen principalmente a la familia de los *Cyclopidae*. También hay representantes de las familias *Oithonidae* y *Cyclopinidae*, pero casi todas son marinas o de aguas litorales, aunque pueden encontrarse en los estuarios.

Los ciclópodos son preferentemente heleoplanctónicos, aunque pueden invadir el plancton de grandes masas de agua en ausencia de los euplanctónicos. Esto es muy frecuente en embalses de nueva formación (Armengol, 1980). La duración total de la vida está comprendida entre 2 y 9 meses. Su tipo de alimentación es variable. Son macrófagos que capturan las presas por aprehensión de las mismas. Algunos son omnívoros, pero hay una alta proporción de especies carnívoras.

Muchos ciclópodos (y también algunos diaptómidos) pueden presentar diapausa en el estado de copepodito. De esta forma, aunque la vida individual es generalmente limitada, pueden sobrevivir hasta dos años con diapausa intermedia.

C. OSTRÁCODOS

Hay muy pocas especies de ostrácodos planctónicos, es un grupo básicamente bentónico, aunque a veces se puede presentar en el plancton como consecuencia de arrastres desde el litoral. Viven moviéndose entre la vegetación. Es un grupo muy variado. Sus hábitos alimenticios son generalmente ramoneadores sobre los vegetales sobre los que se asientan, aunque hay algunos filtradores. Normalmente son bisexuales, aunque hay especies que, permanente o esporádicamente, son partenogenéticas. Los huevos son normalmente resistentes a la desecación e, incluso, pueden serlo los adultos, que se entierran en el fango cuando se secan las lagunas. Aunque son muy abundantes y con numerosas especies es un grupo muy poco conocido.



Fotografía 16: Ostrácodos.

III.3 CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ANDALUCES SEGÚN EL ZOOPLANCTON

Salvo pocas excepciones, los datos que se poseen de las lagunas andaluzas son esporádicos y antiguos. Alonso, entre 1977 y 1980, muestrea una serie de lagunas andaluzas dentro de su estudio general de lagunas de la Península (Alonso 1985; 1998); en cada una de ellas realiza un máximo de 2 visitas, salvo en el caso de la laguna de Tollos, que es visitada con más frecuencia debido al interés de obtener ejemplares de una especie de anostráceo del género *Linderiella*, que según Alonso (1996) es una especie nueva para la ciencia, pero que aún no ha podido ser descrita al perderse los ejemplares capturados. Furest y Toja realizaron muestreos de 60 lagunas en la primavera de 1982 y Toja en 21 de ellas en la primavera de 1985 (Furest y Toja, 1984, 1987). En estos trabajos sólo se estudian los crustáceos. Las lagunas de las que se poseen estos datos esporádicos son:

- Provincia de Cádiz: **Medina, Juncosa, Las Pajas, Comisario, Jeli, La Salada, Hondilla, Taraje, Dulce de Zorrilla, Salada de Zorrilla, La Chica, Montellano y Tollos.**
- Provincia de Córdoba: **Zóñar, Amarga, Rincón, Tiscar, Donadio, Conde, Taraje.**
- Provincia de Huelva: **Las Madres, Primera de Palos, Portil, La Mujer, La Jara.**
- Provincia de Málaga: **Lóbón, Redonda, Salada de Campillos, Dulce de Campillos, Cerero, Camuñas, Capacete, Ratosa.**
- Provincia de Sevilla: De la **Peña, Cigarrera, Taraje, Charroao, Galiana, Vocesa, Del Pilón, Alcaparrosa, Arjona, Calderón Chica, Zarracatín, Hoya de Ballestera, Gosque, Bujadillo, San Lázaro.**

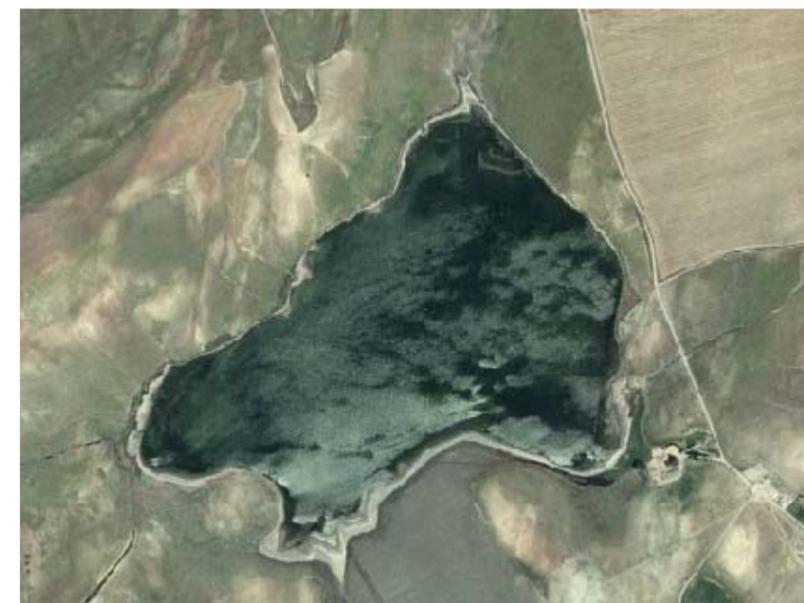
En **negrita** se señalan las lagunas que han sido muestreadas para el presente informe.

Las lagunas de Sierra Nevada sí que han recibido más atención con muestreos extendidos por lo menos durante 1 año y, en ocasiones con referencias de varios años. Estos estudios los han realizado miembros de I Departamento de Ecología de la Universidad de Granada (Morales Baquero, 1985; Cruz-Pizarro, 1981; Hernández Márquez, 1986; entre otras). Finalmente y por personas del mismo equipo se están estudiando las lagunas de la **Albufera de Adra** así como de las **Turberas de Padul**. En estos trabajos se presta atención tanto a rotíferos como a crustáceos Carrillo et al., 1986; 1987; 1996).

Los Protozoos prácticamente no han sido estudiados. Sólo hay algunas referencias en las muestras de fitoplancton que tomo Alonso y estudió Margalef (Alonso 1998). El único estudio completo sobre este grupo se realizó también en la laguna de Santa Olalla en Doñana (Pérez Cabrera y Toja, 1987).

De los resultados de estos estudios si que se pueden sacar conclusiones sobre la diversidad de cada laguna, pero de todas las demás es muy aventurado. Debe tenerse en cuenta la estacionalidad de estos sistemas, lo que requiere estudios a más largo plazo y en diversas etapas de este ciclo; la variabilidad en los factores del medio de los humedales, hace que no sólo vayan cambiando las comunidades a lo largo del año, sino que pueden ser distintos en las mismas épocas de años consecutivos.

Alonso (1998), atendiendo a los distintos factores del medio y a la afinidad entre las distintas comunidades de crustáceos propone una tipificación de lagunas españolas que, lógicamente, es aplicable a las lagunas andaluzas; compara grupos numerosos de lagunas, separados por la salinidad, la temporalidad y la turbidez en sentido amplio (6 grupos) para buscar fácilmente los grupos más afines. Se relacionan a continuación los principales tipos de lagunas que, según dicha tipificación, pueden encontrarse en Andalucía. En ellas se indican las comunidades típicas de zooplancton que las caracterizan, así como las lagunas que se encuadran en cada grupo. En **negrita** se ha señalado igualmente las especies o las lagunas que se han encontrado o muestreado para el presente informe.

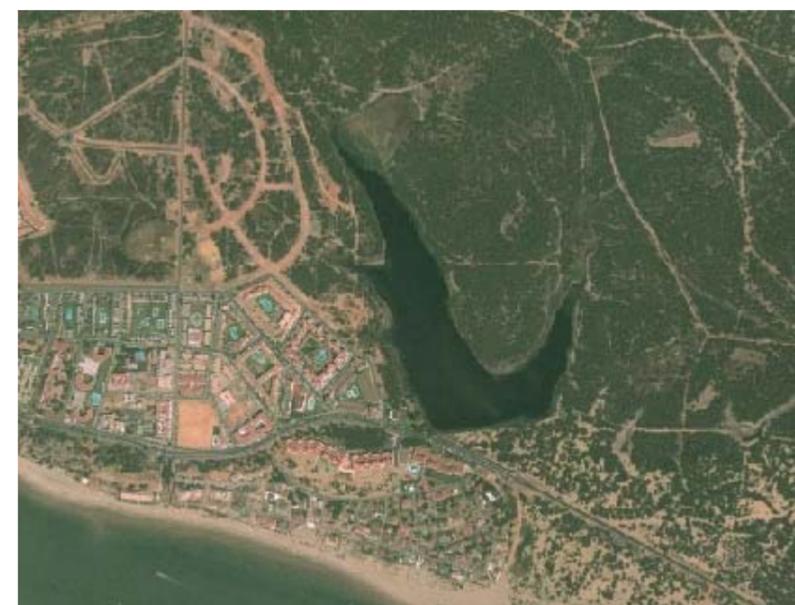


Fotografía 17: Laguna de Zarracatín, es un ejemplo de lagunas de aguas permanentes y saladas (Sevilla).

- **AGUAS DULCES (<0,5 G/L), PERMANENTES Y LIMPIAS.** Son las que alcanzan mayor volumen y, en general, superan los 2 m de profundidad. es un grupo más bien escaso en nuestro país. Habría dos subgrupos. Uno de lagunas situadas a baja altitud que correspondería con lagos y lagunas de origen freático (ojos o lagunas sobre arenas y

gravas) o bien fluviales sobre sustrato silíceo. Otro de lagunas de alta montaña. Algunas poseen turba. Al no tener limitaciones de luz, el componente algal más importante es bentónico. En cuanto a los animales, en el litoral de ambos tipos de lagunas se encuentra densamente poblado por rotíferos como *Plathyas quadricornis*, *Trichotria pocillum* y *Euchlanis dilatata*, y los crustáceos *Chydorus sphaericus* y *Eucyclops serrulatus*. En el plancton de las de llanura son características *Daphnia longispina*, *Tropocyclops prasinus*, *Megacyclops viridis*, *Simocephalus vetulus*, *Alona rectangular* y *Canthocamptus staphylinus* y en las de montaña *Mixodiaptomus laciniatus*, *Cyclops abyssorum* y *Euryercus lamellatus*.

- **AGUAS DULCES O ALGO MINERALIZADAS, PERMANENTES CON GRADOS VARIABLES DE TURBIDEZ POR EUTROFIA.** Son un grupo muy heterogéneo, generalmente son ecosistemas poco maduros sometidos a tensión. La comunidad de algas puede ser muy variada dependiendo del nivel de eutrofia, En el zooplancton se encuentran poblaciones numerosas de rotíferos de los géneros *Keratella*, *Brachionus* y *Synchaeta*. Especies indicadoras del zooplancton son *Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*, *Moina micrura* y *Ceriodaphnia quadrangula* y en el litoral *Chydorus sphaericus*.
- **AGUAS ALGO MINERALIZADAS (0,5-2,5 G/L), PERMANENTES Y TRANSPARENTES O CON VARIADOS GRADOS DE TURBIDEZ POR EUTROFIA.** Los sistemas de origen natural generalmente están asociados a procesos cársticos (y tienen una proporción bastante elevada de sulfatos) o están asociadas a sistemas fluviales. Un cierto número es de origen artificial. En el plancton se encuentran rotíferos de los géneros *Filinia* y *Polyarthra*. En Andalucía sólo hay dos lagunas cársticas (las de **Archidona**). Las comunidades de zooplancton indicadoras de las lagunas no cársticas son muy parecidas a las de las lagunas dulces.
- **AGUAS SEMITEMPORALES, LIMPIAS Y MUY POCO MINERALIZADAS (<0,5 G/L).** Son charcas y lagunas de menos de 2 m de profundidad, situadas sobre materiales poco solubles (granitos, pizarras, cuarcitas, arenas o gravas). *Tropocyclops prasinus*, *Chydorus sphaericus*, *Megacyclops viridis*, *Ceriodaphnia reticulata* y *Simocephalus vetulus* son las especies más frecuentes. Pero tienen comunidades muy ricas en quidridos: *Alona rectangular*, *Euryercus lamellatus*, (entre las citadas en la tabla 2). Si hay diaptómidos, los más característicos con *Copidodiaptomus numidicus*, *Diaptomus kenitraensis* y *Dussartius baeticus* (que es un endemismo de Andalucía que se ha encontrado en Doñana, pero no en otras de las lagunas objeto de este estudio). A este grupo podrían pertenecer las lagunas de **La Mujer y El Portil**.



Fotografía 18: Laguna de **El Portil**, (Huelva).

- **AGUAS TEMPORALES, LIMPIAS Y ALGO MINERALIZADAS.** Las que tienen menos de 1 g/l, tienen comunidades iguales a las del grupo anterior. Las más mineralizadas corresponden a las fases más diluidas de lagunas esteparias que pueden llegar a tener salinidades relativamente grandes. Tiene comunidades poco definidas. En general son frecuentes *Daphnia magna* y *Megacyclops viridis*. Si hay Diaptómidos pueden estar *Mixodiaptomus incrassatus*, *Copidodiaptomus numidicus* o *Neolovenula alluaudi*. En la vegetación vive *Alona rectangular*. A este grupo puede pertenecer la laguna de la Cigarrera.
- **AGUAS TEMPORALES Y EFÍMERAS, LIMPIAS Y ALGO MINERALIZADAS.** Son pequeñas lagunas y charcas de menos de 60 cm de profundidad. La comunidad más típica de las menos mineralizadas (<1,5 g/l) está constituida por *Simocephalus vetulus*, *Canthocamptus staphylinus*, *Chydorus sphaericus* y *Diacyclops bicuspidatus*. Las más mineralizadas están dentro del ambiente típico del Arctodiaptomion con *Arctodiaptomus wierzejski* como especie más característica. En las más contaminadas aparece *Daphnia magna*. Pueden tener una comunidad de macroinvertebrados bastante rica, pero de especies de amplia distribución. A este grupo pueden pertenecer **Zorrilla Dulce, Grande de Jaén, Primera de Palos, Hondilla, Taraje de Cádiz, Galiana, Comisario, Arjona y Alcaparrosa.**

- **AGUAS TEMPORALES, EFÍMERAS, LIMPIAS Y MUY POCO MINERALIZADAS.** Generalmente se trata de sistemas pequeños, que sólo se llenan en años muy lluviosos, generalmente se encuentran en sustratos poco solubles. En este grupo se pueden incluir los charcos de lluvia que se forman entre la vegetación. Muchas de las especies características parecen poseer mecanismos de dispersión limitados, por lo que suelen manifestarse procesos de regionalización de las comunidades. En zonas de llanura, la comunidad más características en los sistemas situados en el sur de la Península (por lo tanto en Andalucía) está formada por *Hemidiaptomus roubau*, *Diaptomus kenitraensis*, *Chirocephalus diaphanus* (y, a veces, *Streptocephalus torvicornis*) y *Triops cancriformis mauritanicus*. Un ejemplo es la laguna de San Lázaro y, posiblemente también lo sean muchas de las lagunas de las Dunas y Playas del Abalarío de Doñana. También pertenecen a este grupo las lagunas Juncosa, y Charroao, Las Pajas, Lobón y Vocesa.
- **AGUAS ALGO MINERALIZADAS, SEMITEMPORALES Y TURBIAS.** Son lagunas sobre sustrato arcilloso y margoso. Las asociaciones más características de zooplancton son el *Neolovenulo-Diaphtenietum obtusae*, con *Neonovelula alluadi*, *Daphnia obtusa*, *Tropocyclops prasinus* y *Cyclops* y el *Mixodiaptometum incrassati*, que incluye a *Mixodiaptomus incrassatus*, *Ceriodaphnia quadrangula* y *Daphnia similis*. A veces se encuentra también *Streptocephalus torvicornis*.



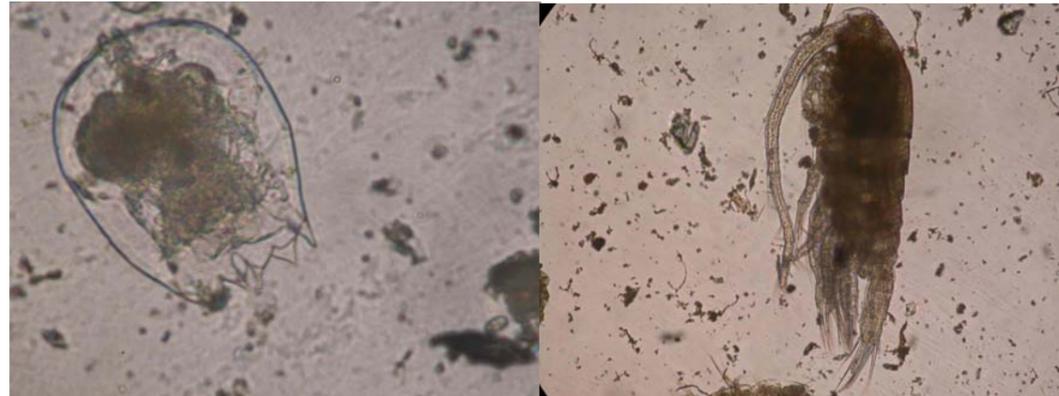
Fotografía 19: *Ceriodaphnia quadrangula*, Müller, 1785.

- **AGUAS ALGO MINERALIZADAS, TEMPORALES Y TURBIAS.** Son lagunas esteparias de desarrollo invernal y primaveral, con sustratos de arcillas y margas. Dependen de las lluvias, la mineralización es muy variable y depende del año. La comunidad característica de crustáceos está compuesta por *Metacyclops minutus*, *Mixodiaptomus incrassatus*,

Branchipus schaefferi, *Daphnia atkinsoni* y ***Moina brachiata***, que es la asociación básica de las aguas turbias en España. A este grupo podrían pertenecer Pilón y Los Tollos.

- **AGUAS DULCES, TEMPORALES Y DE TURBIDEZ MODERADA.** Aunque se encuentran en zonas con arcilla o margas, cantidad de materia en suspensión permite la llegada de luz al fondo. Las especies más frecuentes son *Ceriodaphnia quadrangula*, *Moina brachiata*, *Mixodiaptomus incrassatus*, *Metacyclops minutus*, *Triops cancriformis mauritanicus*, *Streptocephalus torvicornis* y *Dunhevedis crassa*. A veces también aparece el conostráceo *Cyzicus grubei*. A este grupo podrían pertenecer las lagunas de Redonda, Jeli, La Salada y la Jara.
- **AGUAS TEMPORALES DE TURBIDEZ VARIABLE, MUY MINERALIZADAS PERO SIN SABOR SALADO.** Son lagunas estepáricas con escasa profundidad (50 cm), medios típicamente poiquilihalinos en los que la salinidad puede presentar fuertes fluctuaciones en espacios de tiempo relativamente cortos, aunque la salinidad está por debajo de 10 g/la. Especies características son *Daphnia atkinsoni*, *Macrothrix hirsuticornis*, *Mixodiaptomus incrassatus* y *Chirocephalus diaphanus*. Como especies acompañantes, pero de gran valor indicador están *Pleuroxus letourneuxi*, *Branchinecta ferox* y *Metacyclops minutus*. En las aguas más saladas y estables dominan *Daphnia magna*, *Pleuroxus letourneuxi* y *Arctodiaptomus wierzejski*. Si los medios están dominados por el sodio, las especies dominantes son *Mixodiaptomus incrassatus*, *Moina brachiata* y *Daphnia atkinsoni*. A este grupo podrían pertenecer Zorrilla salada, Donadio, Hondilla y La Chica.
- **AGUA SEMITEMPORALES, DE TURBIDEZ VARIABLE, ALTA MINERALIZACIÓN Y SIN SABOR SALADO.** Son sistemas similares a los anteriores, pero no se secan todos los años. Tienen mineralización más estable. Las especies más frecuentes son *Daphnia magna*, *Arctodiaptomus wierzejski* y *Cyclops sp.* Si son turbias aparece *Moina brachiata*, si son relativamente poco salinas puede haber *Acanthocyclops* y en invierno se encuentra *Diacyclops bicuspidatus*. A este grupo podrían pertenecer la laguna de Medina y la de Rincón. También podría pertenecer a este grupo la laguna artificial de Tarelo, aunque es permanente y está muy eutrofizada.
- **AGUAS SALADAS, TEMPORALES Y SEMIPERMANENTES, DE TURBIDEZ VARIABLE.** Forman lagunas de extensión variable, con salinidades también variables según la época del año, pero siempre alta con sabor salado. En épocas secas se forman salmueras y se forman costras de sales. Debido a la rigurosidad del ambiente, la diversidad suele ser baja. Especies características suelen ser los rotíferos *Brachionus plicatilis* y *Hexarthra fennica*, los anostráceos *Branchinella spinosa* o *Branchinecta media*, los cladóceros

Daphnia mediterranea y *Moina salina*, los copépodos *Arctodiaptomus salinus* y *Cletocamptus retrogressus* y el ostrácodo *Heterocypris salina*. *Daphnia magna* y *Alona salina* suelen estar en los periodos más diluidos. En este grupo podrían estar **Conde, Calderón Chica, Salada de Campillos, Fuente de Piedra, Tiscar, Zarracatín, Ratosa, Hoya de Ballestera, Gosque, Cerero, Taraje** de Córdoba, **Camuñas** y **Dulce de Campillos**.



Fotografía 20: *Brachionus plicatilis*, Müller 1786 (izqda.) y *Arctodiaptomus salinus*, Daday 1885 (dcha.).

- **AGUAS SALADAS, PERMANENTES Y CLARAS.** En Andalucía sólo están las salinas. La única especie de zooplancton característica es *Artemia salina*.

Habría que formar algunos grupos más con los ecosistemas costeros (los estuarios y marismas contemplados en el inventario de humedales andaluces). No hay mucha información al respecto, pero las comunidades que en ellos se desarrollan son distintas a las que se han mencionado anteriormente. Incluso dentro de este grupo de humedades, la mayor o menor incidencia mareal determinará que se formen grupos diferentes de sistemas.

IV MACRÓFITOS

IV.1 INTRODUCCIÓN.

Los humedales tienen unas características propias como consecuencia de la gran superficie que ocupan respecto a su profundidad y a la variación estacional de la cantidad de agua que presentan.

La vegetación macroscópica puede desarrollarse de dos formas claramente diferenciadas. Bien como organismos flotantes (como *Lemna* o *Azolla*) o bien como organismos enraizados, siendo este segundo caso más frecuente. Es a estos últimos a los que se denomina macrófitos. En este grupo se incluyen organismos que pueden estar botánicamente muy alejados, ya que pueden pertenecer a Divisiones tan distintas como las *Clorophyta* (ej: *Chara*), *Bryophyta* (ej: *Pohlia*, *Fontinalis*) o *Magnoliophyta* (fanerógamas, que son el grupo más amplio y mejor representado entre los macrófitos). Sin embargo, ecológicamente tienen un papel similar en la estructuración, funcionamiento y dinámica del humedal.



Fotografía 21: *Ceratophyllum demersum*, L.

En sistemas con poca profundidad del agua no existe frontera definida entre la vegetación litoral y la bentónica (creciendo sobre el sustrato pero sumergida), de forma que habría una continuidad en la estructura de la comunidad vegetal. Pero a medida que la profundidad aumenta se llegan a dar condiciones de limitación de luz y otros factores que conducen a una clara diferenciación entre el litoral propiamente dicho y el bentos profundo. En este caso la vegetación bentónica estaría especialmente poco desarrollada y principalmente compuesta por algas capaces de sobrevivir en este subsistema. Las fanerógamas son las dominantes en las zonas mejor iluminadas.

Por otra parte, la vegetación litoral macroscópica se desarrolla con dificultad en sistemas con elevada pendiente, sobre todo si esto va acompañado de fluctuaciones de nivel muy importantes. Un caso patente de este hecho es el poco desarrollo de macrófitos que se da en embalses, en los que suelen converger ambas condiciones.

Cuando es posible el desarrollo de los macrófitos, que suele ser lo más frecuente en humedales, éstos tienden a disponerse en círculos concéntricos según la profundidad del agua, de forma que se pueden distinguir distintas estrategias de los macrófitos según el lugar que ocupen. Desde el exterior hacia el centro se encuentran:

1) Helófitos: constituyen el eslabón entre el ecosistema acuático y el terrestre adyacente, al ser plantas enraizadas en el sedimento inundado pero que tienen la mayor parte de las hojas y tallo y la totalidad de las inflorescencias fuera del agua. No tienen un papel importante en los gases disueltos en el agua, ya que el intercambio gaseoso lo hacen con la atmósfera, pero sí en el reciclado de los materiales que se encuentran en los sedimentos anaerobios, de los que toman los nutrientes. Por tanto se pueden considerar una bomba de nutrientes para su reincorporación a la biomasa del ecosistema. Por otra parte constituyen un refugio y asentamiento de gran parte de la fauna asociada a los humedales. Por todo ello es de gran importancia para el correcto funcionamiento del humedal la conservación de estas comunidades vegetales.

Especies típicas de este grupo son *Phragmites australis* (carrizo), *Juncus spp*, *Scirpus spp* (juncos) y *Typha spp* (anea).

2) Anfífitos: son semiemergentes. Están casi en su totalidad sumergidos, pero una parte más o menos importante de las hojas es flotante. Es el caso de *Nuphar* o *Nymphaea* (nenúfares). A menudo existe dimorfismo foliar: las hojas flotantes son las de mayor superficie y las sumergidas, si existen, son laciniadas y filiformes (ej: *Ranunculus*). Su papel en el ecosistema es similar al de los helófitos, porque toman nutrientes del sedimento y el intercambio gaseoso se realiza principalmente con la atmósfera, pero tienen un efecto adicional de sombreado más marcado sobre las algas del fitoplancton y perifiton.

3) Limnófitos: son plantas enraizadas con toda la parte vegetativa sumergida, quedando sólo las flores fuera del agua. El intercambio gaseoso lo hacen con el agua, por lo que las hojas tienden a ser laciniadas, filiformes, lo que aumenta la superficie relativa expuesta, y con finas cutículas que favorezcan el paso de los gases. Los nutrientes los toman del sustrato, cuando las aguas son pobres en ellos (sistemas oligotróficos) o del agua cuando los hay en gran cantidad (sistemas eutróficos). En este último caso, las raíces estarán menos desarrolladas y su función principal será la de mero soporte.

A este grupo pertenecen *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Ruppia*, *Ceratophyllum*, *Najas*, etc.

IV.1.1 Interés del estudio de los macrófitos. Relación con otras comunidades del humedal.

La relación entre los macrófitos y las demás comunidades es compleja, pero importante en el funcionamiento de los humedales.

Como se dijo al hablar de la clasificación zonal de los macrófitos, éstos son un sistema de reincorporación de nutrientes desde el sedimento a la biomasa. Principalmente porque su propia biomasa, fabricada gracias a elementos tomados del sedimento, queda disponible para los herbívoros, o para el fitoplancton una vez que muere y se descompone. Además, porque en ocasiones excretan parte del material que producen directamente al agua, material que es aprovechado por el fitoplancton. Mientras que las partes muertas de los helófitos a menudo quedan secas fuera del agua, la necromasa de los anfífitos y sobre todo de los limnófitos deja nutrientes más directamente a disposición de las algas. Por esto, el fitoplancton mantiene una relación mucho más estrecha con los limnófitos que con los helófitos. Los anfífitos están en una posición intermedia, y tienen un efecto adicional de sombreado más intenso que los demás macrófitos. Así, los macrófitos son una fuente de producción de biomasa y colaboran a cerrar el ciclo de los nutrientes entre la biomasa y la necromasa del sedimento.

Por otro lado, el perifiton se ve favorecido por la presencia de los macrófitos, ya que éstos proporcionan una mayor superficie de colonización para las algas. Además, hay bastantes indicios de que el perifiton aprovecha gran parte de ese material que excretan los macrófitos y del que se ha hablado anteriormente. El desarrollo del perifiton en principio se supone perjudicial para los macrófitos, porque la capa de algas limita la luz que llega a las hojas. De hecho, muchos macrófitos presentan cutículas poco favorables a la colonización por parte de las algas. Este desarrollo del perifiton sobre los macrófitos es diferente si se da sobre las partes basales de los helófitos o sobre los limnófitos, pues en estos últimos la superficie colonizable va cambiando más drásticamente a lo largo del ciclo de vida del macrófito.

A su vez, el perifiton es más eficiente que el fitoplancton en la captación de nutrientes, por lo que en medios relativamente pobres se vería favorecido el crecimiento del perifiton. En este sentido la presencia de macrófitos tendría una doble función sobre el fitoplancton: por un lado favorecería potencialmente su proliferación al actuar como bomba de nutrientes desde el sedimento. Pero por otro lado, favorecería el crecimiento del perifiton (al proporcionarle una mayor superficie de colonización), lo que llevaría a una disminución del

fitoplancton por competencia con el perifiton. Además, el perifiton también puede aprovecharse del papel de los macrófitos como bomba de nutrientes.

Para mayor complejidad, existe un efecto de sombreado, que limitaría el crecimiento de todas las algas, tanto del fitoplancton como del perifiton. Este efecto de sombreado puede en ciertos sistemas tener gran importancia.

El predominio de uno u otro efecto en este intrincado conjunto de relaciones, depende del nivel de eutrofia del agua, de las especies que aparezcan en cada comunidad, de la abundancia relativa de cada una y de las características morfológicas e hidrológicas de la laguna o humedal. Aunque cada humedal tiene sus peculiaridades, existe un patrón general de funcionamiento que puede dar una idea de qué macrófitos se ven más favorecidos según el nivel de eutrofia existente. Este patrón se muestra en la figura 3.

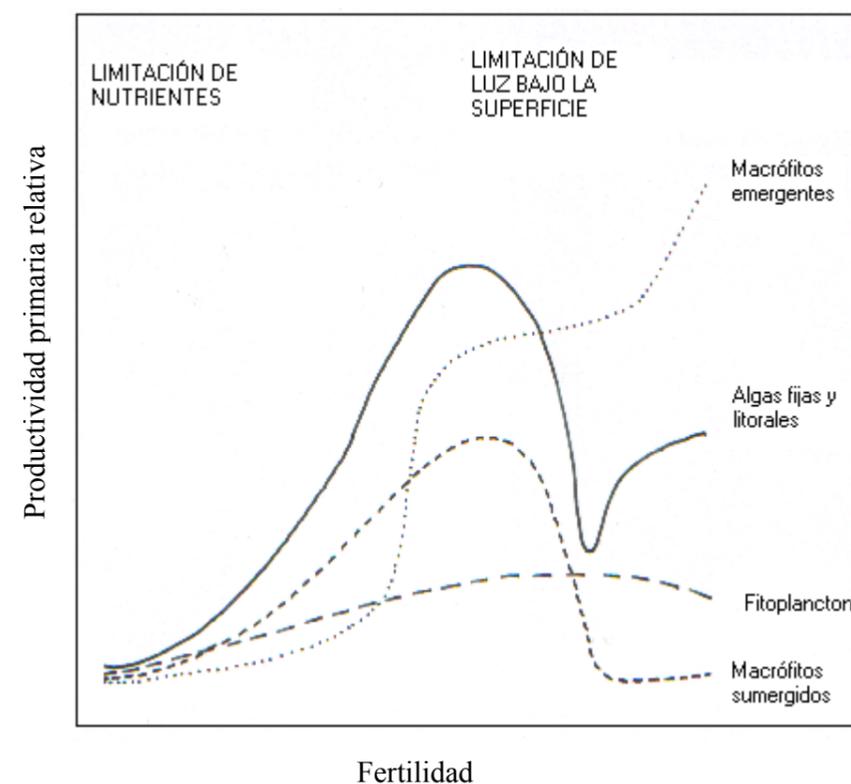


Figura 3. Relación generalizada entre la productividad primaria de los macrófitos sumergidos, los emergentes, el fitoplancton y el perifiton y el grado de eutrofia.

En ecosistemas oligotróficos las algas predominantes son las del perifiton y los macrófitos son mayoritariamente sumergidos. La productividad de todos ellos es baja. Ante un aporte de nutrientes aumenta la productividad de todos los grupos (Fig. 3) hasta el punto de que

empieza a haber un efecto de sombreado que limita el crecimiento de los macrófitos sumergidos respecto a los emergentes. El proceso representado en la figura 3 puede darse de forma natural, pero muy lentamente (del orden incluso de siglos) en función de la morfometría de la laguna. Si artificialmente, por las actividades humanas, se incrementa la tasa de entrada de nutrientes (eutrofización cultural) el proceso se acelera enormemente.

IV.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES.

A continuación se describen, las principales especies (en su caso, géneros) que se han identificado. Son todas plantas vasculares con flores (angiospermas) a excepción de *Chara* y *Enteromorpha*, que son algas verdes (División *Clorophyta*) macroscópicas; y *Pohlia aff. wahlenbergii* y *Philonotis aff. tomentella*, que son musgos (*Bryophyta*).

IV.2.1 *Callitriche aff. stagnalis* Scop.:

Existen tres formas de esta especie: una terrestre y fértil y otras dos acuáticas, una fértil y otra estéril. Todas tienen las hojas opuestas, las acuáticas de forma elíptica o suborbicular. Las flores, si se presentan, son unisexuales y axilares. El fruto es una tetranúcula. Para una identificación certera a nivel de especie es imprescindible la presencia de frutos maduros, ya que otros caracteres como el porte o la forma y tamaño de las hojas varían dentro de una misma especie según el hábitat en el que se desarrollen.



Fotografía 22: *Callitriche aff. stagnalis* Scop

IV.2.2 *Ceratophyllum demersum* L.:

Presenta hojas de 15 a 20 mm (en ocasiones hasta 30mm), verticiladas, dicotómicamente divididas 1 o 2 veces y con el margen espinuloso-dentado. Las flores son unisexuales, las masculinas dispuestas en nudos distintos que las femeninas. El fruto, tipo aquenio, tiene dos espinas basales. La reproducción sexual no es frecuente; lo normal es la multiplicación vegetativa mediante yemas axilares. Es una especie relativamente abundante en aguas someras, dulces o salobres.

IV.2.3 *Najas marina* L.:

El tallo es ramificado y espinuloso, al igual que las hojas. Éstas son opuestas, de 16-26 x 3-5 mm, sentadas. Las flores son unisexuales, axilares, con una estructura muy simple: un único estambre las masculinas y un único pistilo las femeninas. El fruto es tipo aquenio. *N. marina* se desarrolla en lagunas tanto dulces como algo salobres.



Fotografía 23: *Najas marina*.L.

IV.2.4 *Chara*:

Pertenece a la Clase Charophyceae, dentro de la División Clorophyta, aunque ciertos autores consideran la División Charophyta. Se trata de las algas que más compleja estructura del talo presentan. Éste se organiza en nudos y entrenudos. De los nudos se originan varias ramas formando verticilos.

Todas las Charophyceae se multiplican sexualmente, no apareciendo esporas en ninguna especie. La estructura y disposición de los órganos reproductores (oogonios o núculas, los femeninos; glomérulos, los masculinos) son carácter taxonómico. Además, otros caracteres

tales como la ausencia o presencia y tipo de crecimiento de la corteza (capa celular que da a los entrenudos un aspecto rayado), o número y posición de los estipulodes (estructuras semejantes a hojuelas que crecen en los nudos), son usados para la clasificación, que a menudo resulta bastante compleja.

Son macrófitas típicas de aguas dulces y, en general, de pH alcalino. Suelen presentar importantes incrustaciones de CaCO₃, lo que les da un aspecto blanquecino.

IV.2.5 *Potamogeton pectinatus* L.:

Las hojas son lineares, de menos de 1 mm de ancho, sentadas, enteras, con una típica estípula. La estípula está formando una vaina alrededor del tallo y soldada al limbo de la hoja, pero no completamente, ya que su extremo membranoso queda libre. Las flores son hermafroditas y se disponen en una espiga de verticilos muy laxos. El fruto es un aquenio oscuro, con una cara dorsal muy convexa y una ventral sólo algo convexa. Esta especie puede desarrollarse en aguas dulces o salobres.



Fotografía 24: *Potamogeton pectinatus*, L.

IV.2.6 *Myriophyllum spicatum* L.:

Las hojas, de 16 a 35 mm, son más largas que los entrenudos y se disponen en verticilos de 4, por lo general. Presentan de 18 a 33 segmentos. La inflorescencia crece por encima del agua y es en espiga, con todas las flores verticiladas. El fruto es esquizocarpo (se separa en varias partes o mericarpos), con 4 mericarpos, pues proviene de un ovario tetralocular (dividido en cuatro partes). Cada mericarpo porta una semilla. Esta especie aparece en aguas tranquilas, dulces o algo salobres.

IV.2.7 *Enteromorpha*:

Incluido en el gran grupo de las algas verdes (Div. Chlorophyta), pertenece al orden Ulvales, eminentemente marino y con sólo algunas especies de agua dulce. El ciclo de vida es diplohaplonte e isomórfico, esto es, se suceden dos generaciones, una haploide y otra diploide, pero de igual aspecto. La taxonomía de *Enteromorpha* es compleja pero la estructura en forma de tubo hueco del talo, típica del género, es muy característica.

IV.2.8 *Philonotis aff. tomentella* Molendo:

Se trata de un musgo acrocárpico (el gametofito es erguido), ramificado, más o menos rojizo. Los filidios (falsas hojas), muy densamente dispuestos y a menudo inclinados todos hacia un mismo lado, son lanceolados u ovado-acuminados, agudos, dentados, con algunos dientes dobles y el nervio central, muy marcado, alcanzando el ápice. Las células del filidio son mamilosas (con papilas muy redondeadas).

IV.2.9 *Pohlia aff. wahlenbergii* (F. Weber & D. Mohr.) A.L. Andrews:

Es un musgo acrocárpico ramificado. Los filidios, laxamente dispuestos, son más o menos oblongo-lanceolados, de ápice agudo y algo denticulado, presentando un nervio central. Las células del filidio no presentan papilas. *P. wahlenbergii* se encuentra desde las zonas próximas a las costas hasta la alta montaña.

IV.2.10 *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande:

Es una planta perenne, rizomatosa, con hojas lineares, de entre 0,5 y 1 mm, sentadas, con el ápice típicamente espinuloso-dentado y obtuso. Las estípulas son también características, formando una vaina alrededor del tallo y totalmente soldadas al limbo. Las flores son hermafroditas, en una espiga muy reducida, normalmente de sólo dos flores. Los frutos, tipo aquenio, son oscuros, piriformes y algo gibosos en la base. *R. cirrhosa* se desarrolla preferentemente en zonas costeras o próximas a la costa.

IV.2.11 *Ruppia maritima* L.:

Se trata de una planta rizomatosa, anual o perenne de vida corta, con hojas lineares de hasta 0,5 mm (muy raramente más), sentadas, con el ápice espinuloso-dentado pero, a diferencia de *R. cirrhosa*, agudo. Las estípulas son de similares características que *R. cirrhosa*, así como el aspecto del aquenio. *Ruppia maritima* se desarrolla muy frecuentemente en lagunas y arroyos salobres.

IV.3 CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ANDALUCES SEGÚN LOS MACRÓFITOS.

Alonso y Comelles (1983) establecieron la presente clasificación de los humedales según los macrófitos (Tabla 1). En negrita se presentan las especies que han aparecido en las muestras de macrófitos limnófitos de los humedales de Andalucía del presente proyecto.

Tabla 1. Macrófitos presentes en los humedales según la clasificación de Alonso y Comelles (1983).

Aguas temporales	Atalasoalinas limpias	<i>Juncus maritimus</i>
		<i>Phragmites communis</i>
		<i>Scirpus maritimus</i>
		Caráceas
		Ruppia
	Atalasoalinas turbias	<i>Athenia orientalis</i>
		<i>Phragmites communis</i>
	Dulces limpias	<i>Typha</i>
		Callitriche
		Chara
<i>Elatine</i>		
<i>Glyceris</i>		
<i>Ranunculus</i>		
Dulces turbias	Chara	
	Ranunculus	
Aguas permanentes	Atalasoalinas	<i>Athenia orientalis</i>
		Najas marina
		Ruppia
	Dulces limpias	Briofitas
		Caráceas
		Ceratophyllum
		Myriophyllum
		Potamogeton pectinatus
		<i>Potamogeton trichoides</i>
	Dulces turbias	<i>Ranunculus</i>
Chara		
		<i>Ranunculus</i>

Aún es pronto para tratar de establecer una relación lineal y directa entre los macrófitos encontrados y una categoría cerrada dentro de las propuestas por Alonso y Comelles. Sin embargo, el estudio de los macrófitos puede proporcionar una información valiosa para seguir la evolución de un humedal. Hay que tener presente que el funcionamiento de estos sistemas es complejo y es necesario un estudio mínimamente prolongado en el tiempo para entender sus peculiaridades.

V FITOPLANCTON

V.1 MUESTREO DE FITOPLANCTON

V.1.1 Muestreo cualitativo

MATERIAL

1 Bote tapón estrella

Red de nylal 10µm

Botella muestreadora

Fijador: Formaldehído 35-40% estabilizado con metanol al 40%.

METODOLOGÍA

Sujetar el filtro de nylal a la botella muestreadora procurando que quede plano y tenso al enroscar el tapón.

Mediante duquesa de 500 ml se hace una pesca vertical desde una determinada profundidad, a lo largo de la zona fótica, en el punto de muestreo seleccionado en el humedal para los parámetros físico-químicos.

Se filtra a través de la botella muestreadora hasta encontrar la red saturada de organismos (importante dar suaves golpecitos a la malla para facilitar la filtración).

En el bote tapón estrella se recoge un volumen de agua filtrada suficiente para cubrir la malla con el concentrado que se conserva en el frasco.

Retirar el filtro cuando ya no quede agua sobre él, desenroscar el tapón manteniendo siempre el bote en posición vertical.

Quitar el filtro sin tocar la cara donde están los organismos concentrados, teniendo cuidado que no escurra agua fuera del mismo

La muestra recogida se fija con formol puro hasta llegar a una concentración del 4% (el formol utilizado es formaldehído 35-40% estabilizado con metanol químicamente). Si hay materia orgánica debe agregarse un poco más, hasta el 5 o 6%.

Cuando la columna de agua es de centímetros y es necesario entrar con badeador en el humedal, la muestra se recoge alejados de la zona litoral y evitando la resuspensión del sedimento.

V.1.2 Muestreo cuantitativo

MATERIAL

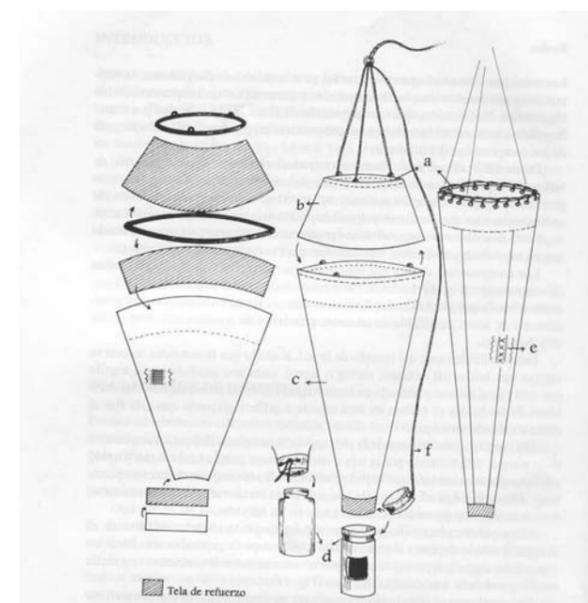
Botella topacio 1000 ml

Fijador: Lugol: Se pesan 30 gr de IK y se disuelven en un poco de agua destilada (unos 25ml). Se añaden 15 gr de yodo y se disuelve completamente con agua destilada hasta 1 litro. Se añaden 10ml de ácido acético glacial.

METODOLOGÍA

Se recoge directamente un litro de agua en la zona seleccionada en el humedal para el muestreo de físico-química.

La muestra se fija con lugol, se añaden aprox. 2 – 2.5 ml de lugol, procurando que el color final sea parecido al color ambar. Debe mantenerse en oscuridad en botes color “caramelo”, y debe revisarse cada mes con el objeto de agregar lugol si se ha decolorado. Es un fijador utilizado para realizar estudios cuantitativos por aumentar el peso específico de las células y ayudar a su decantación, pero enmascara caracteres diagnósticos. Además, muchas Crisocífeas y Xantofíceas se dañan en poco tiempo de exposición a este fijador.



Fotografía 25: Redes de plancton.

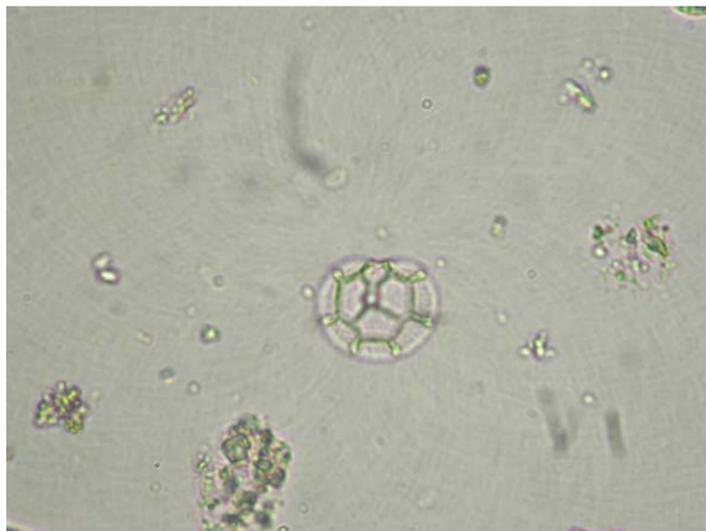
V.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ORGANISMOS

La identificación del fitoplancton se realiza a partir de las muestras concentradas en el campo con red de nyltal de 10µm (en lagunas de alta montaña, medios ultraoligotróficos, se usó una malla de 5 µm) y fijadas con formol.

Para la determinación taxonómica, se extrae muestra del fondo del bote sin remover gracias a una micropipeta automática y se observan al microscopio varias gotas a 400 y, si fuera necesario, a 1000 aumentos. Esta operación se repite tantas veces como sea necesario para alcanzar la zona de saturación en una curva de crecimiento, es decir, cuando el número de especies distintas en la muestra se mantenga estable.

V.2.1 Técnicas concretas para la determinación de especies

Los grupos de Diatomeas y Dinoflagelados se someten a una digestión previa a su identificación. De este modo, en el caso de Diatomeas es posible observar la ornamentación de la frústula y en el de Dinoflagelados contar las placas de sus valvas.



Fotografía 26: Placas que conforman la teca del dinoflagelado.

Además de este tipo de tratamiento, existen colorantes que facilitan la identificación de especies, estos se nombran a continuación:

Azul de Metileno y Rojo de Rutenio: Utilizados principalmente para visualizar vainas y flagelos. Se compra en polvo, se disuelven en muy poco agua y se agregan una gota a la muestra problema. Es conveniente prepararlo cada vez que se va a usar, porque se

degrada. Algunos taxa tienden a colapsarse, por lo que debe verse enseguida de agregarse el colorante.

Solución de Lugol: Usado como colorante, se agrega una gota a la muestra problema. Tiñe el almidón, tomando las células, principalmente los cloroplastos, un color ambar muy oscuro. Se utiliza para diferenciar Clorofitas de Crysofitas, ya que las primeras se tiñen y las segundas no. Tampoco se tiñe el paramylon de las Euglenofitas.

Azul de Algodón: Es un colorante que tiñe elementos fúngicos (hifas, gametangios, conidios, esporas, etc.) de color azul intenso, por lo que es útil cuando en la muestra hay hongos, principalmente Chytridiomycetes y Oomycetes, con estructuras difíciles de diferenciar de algunas algas.

Tinta china: Pone en evidencia las vainas porque tiñe el fondo pero las vainas constituyen una barrera, por lo que se ven refringentes y claras. Muy útil cuando la vaina es hialina y difluente, ya que sin colorante es muy difícil de ver.

A. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN

BOURRELY, P., 1972.- Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Vols. I, II y III. Ed. N. Boubée. Paris

GERMAIN, H., 1981.- Flore des diatomées. Eaux douces et saumâtres. Ed. Boubée. Paris: 441pp.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1932-1983.- Das phytoplankton der süßwassers. Die Binnengewasser. 7 tomos. Ed. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.

V.3 RECuento DE ESPECIES

V.3.1 Método de Utermöhl

Los recuentos se realizan sedimentando previamente en las cámaras adecuadas un volumen (V) determinado de la muestra, variable según la concentración de células. Si el volumen es mayor de 25 ml se utilizan cámaras combinadas. El tiempo de sedimentación se calcula según la altura de la columna, a razón de 2 horas por cm.

Tras la sedimentación se observa la muestra en el microscopio invertido, contando un número de campos estadísticamente significativo a 400 aumentos. Una vez realizado este recuento, se hace un recorrido de toda la superficie de sedimentación a 100 aumentos, para contar aquellas algas que aparezcan en pequeño número por ejemplo algún individuo aislado de filamentosa. Finalmente con 1000 aumentos seleccionamos algunos ejemplares para ajustar su identificación.

Cálculo:

$$\text{n}^\circ \text{ total de campos} = \frac{\text{superficie de sedimentación}}{\text{superficie del campo}}$$

$$\text{células /ml} = \frac{\text{células contadas} \times \text{n}^\circ \text{ total de campos}}{\text{n}^\circ \text{ de campos contados} \times V \text{ (en ml)}}$$

V.3.2 Método alternativo

Si no se dispone de microscopio invertido, se debe concentrar previamente la muestra (fijada con lugol) por sedimentación. Para ello la muestra debe permanecer en reposo tantas horas como el doble de los cm de altura que tenga la botella. Mediante bomba de agua o mediante dosificadores de pipeta, se extrae el sobrenadante, procurando no perturbar el sedimento. Se agita para homogeneizar y se mide el volumen obtenido. Si la concentración de células es baja se repite esta operación poniendo este volumen en un tubo de ensayo (mejor graduado) y dejando sedimentar otra vez la muestra el tiempo necesario. Posteriormente se extrae el sobrenadante, dejando la muestra concentrando en unos 2 ml de volumen (V).

De este concentrado se toman 0.05 ml y se ponen en un portaobjetos. Se cubre con un cubreobjetos y se observa al microscopio a 400 aumentos.

Se cuentan varios campos al azar, mirando los suficientes para que los resultados sean estadísticamente significativos.

Si es preciso se miran sucesivos volúmenes de 0.05 ml hasta conseguir un número suficiente de las especies mas representativas, anotándose el volumen total revisado (v).

Cálculo:

Se mide la superficie de los cubreobjetos (normalmente suele ser 400 mm²).

$$\text{n}^\circ \text{ total de campos del cubre} = \frac{\text{superficie del cubre (en mm}^2\text{)}}{\text{superficie del campo (en mm}^2\text{)}}$$

$$\text{n}^\circ \text{ de células presentes en v} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de células contadas} \times N}{\text{n}^\circ \text{ de campos contados}}$$

N= número total de campos del cubre

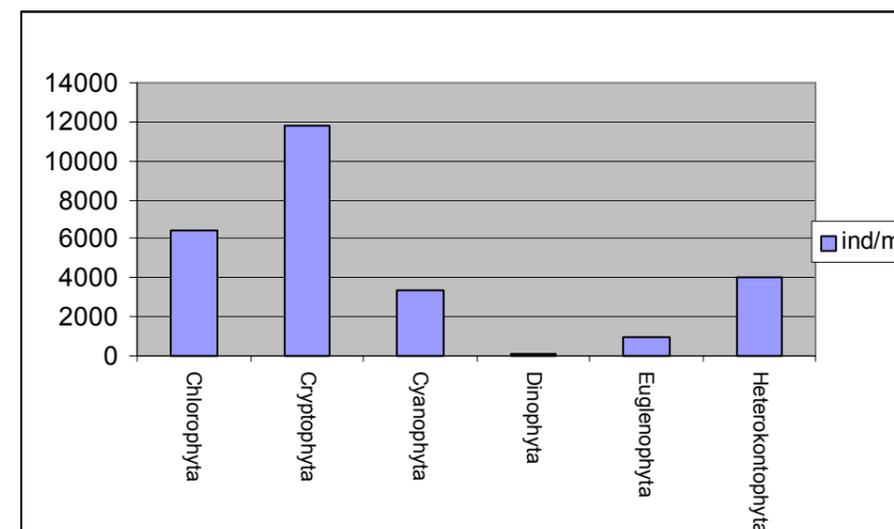
v= volumen del concentrado examinado

V= volumen total del concentrado

V contiene todas las células que se encontraban en la botella de muestra inicial

$$\text{n}^\circ \text{ de células en la botella} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de células en v} \times V}{v}$$

$$\text{n}^\circ \text{ de células/ml} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de células en la botella}}{\text{volumen de la botella (en ml)}}$$



Gráfica1: Abundancia del fitoplancton en la Laguna de la Jara (Huelva) durante la campaña de invierno 2002

V.4 COMENTARIO TABLAS ADJUNTAS

Para facilitar la comprensión de las tablas se comentan los siguientes puntos:

El muestreo no siempre fue posible debido a que en algunas ocasiones, las lagunas se encontraban secas (por ejemplo: Herriza de los ladrones y laguna de Lobón, Málaga), en estado de congelación (lagunas de alta montaña de Granada) o bien, el acceso a ellas se vio imposibilitado a causa de las lluvias (Laguna de San Antonio, Cádiz).

Los resultados del recuento de fitoplancton se indican en individuos por mililitro. A excepción de las lagunas de las Yeguas, Aguas Verdes, la Caldera, de Jeli y de Cerero; en las cuales, durante la primera campaña se cuantifican en porcentajes, por considerarse que la información aportada sobre la laguna era más correcta.

Los resultados cuantificados como ceros, en las tablas de abundancia, indican que dichas especies fueron localizadas en la identificación cualitativa de la muestra (concentrado con malla de 10 micras), sin embargo en el recuento a microscopio invertido no aparecieron al ser minoritarias.

La Laguna de Moguer II presentó dificultades en el recuento de especies al encontrarse masas de algas filamentosas en diferentes planos del campo.

La Laguna de la Jara mostraba numerosas células de Cianofitas, probablemente pertenecientes a la disgregación de colonias de *Microcystis*.

Las lagunas Dulce y Salada de Zorrilla se caracterizan por la presencia de Microflora bacteriana y nanoplancton.

Como comentario final en La Laguna de Aguas Verdes, se ha localizado una Cianofícea endosimbionte encontrada con cierta frecuencia en dicha laguna, concretamente aquella del rizópodo *Paulinella chromatophora*. Morfológicamente se podrían encuadrar sus células en el género *Synechococcus*. Siguiendo la opinión de Bourrelly, se necesitan nuevas investigaciones sobre el tema, ya que se ha encontrado que las cianelas presentan caracteres que las diferencian de las cianofitas de vida libre.

VI ZOOPLANCTON

VI.1 MUESTREO DE ZOOPLANCTON

MATERIAL

1 Bote tapón estrella

Red de nylon 40µm

Botella muestreadora

METODOLOGÍA

Con el zooplancton se presenta un problema adicional al del fitoplancton y es la capacidad de migración vertical que tienen las poblaciones, por lo que para garantizar que la muestra recogida es representativa de la comunidad de zooplancton que habita la laguna, se realiza una pesca vertical siguiendo los mismos pasos que con el fitoplancton. La densidad de organismos es menor que en el grupo anterior, luego es importante asegurar una concentración representativa de la comunidad.

Para optimizar el tiempo de recogida de agua se puede utilizar un cubo.

Tener en cuenta que cuando termine de pasar la muestra y antes de retirar el filtro, hay que asegurarse que las paredes interiores de la botella muestreadora están limpias ya que pueden haber quedado adheridos organismos grandes.

La muestra de aproximadamente 50ml se fija con formol puro hasta alcanzar el 4%, se procurará añadir primero unas pequeñas gotas y finalmente todo el contenido de la pipeta.

La técnica utilizada para mantener la estructura del organismo impidiendo que se contraiga para su correcta identificación, es recoger la muestra con agua carbonatada(en aquellos casos que sea posible).

A continuación se incluye a modo informativo los volúmenes concentrados en la campaña primera para zooplancton (concentrados cuantitativos) por ejemplo en Almería:

Desembocadura del Río Antas:	ZOOPLANCTON 46 LITROS
Desembocadura del Río Aguas	ZOOPLANCTON 45 LITROS
Balsa del Sabinar	ZOOPLANCTON 24 LITROS
Albufera Honda de Adra:	ZOOPLANCTON 53 LITROS
Albufera Nueva de Adra	ZOOPLANCTON 52 LITROS

Salinas de Cabo de Gata	ZOOPLANCTON 62 LITROS
Charcones de Punta Entinas:	ZOOPLANCTON 103 LITROS

VI.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ORGANISMOS

Los análisis de zooplancton en el laboratorio los podemos dividir en dos tipos: cualitativos y cuantitativos. En los primeros se procede a identificar cuáles son las especies que aparecen en cada muestra, separando los distintos grupos que pueden aparecer (rotíferos, cladóceros y copépodos) y, cuando se conoce esto, se contabiliza el número de ejemplares de cada especie en la muestra para obtener datos definitivos de densidad con los que poder trabajar posteriormente.

Los análisis cualitativos son los que requieren mayor tiempo, puesto que deben aislarse organismos para estudiarlos por separado. La identificación se obtiene a partir de claves y guías que se especifican posteriormente.

VI.2.1 Técnicas concretas para la determinación de especies.

Los rotíferos son quizás el grupo más diverso por la gran cantidad de subgrupos y subespecies que pueden aparecer. Nosotros intentamos alcanzar el nivel de especie, aunque en algunos géneros (por ejemplo *Polyarthra*) es difícil, debido a su complejidad. La morfología general es básica para la identificación de este primer grupo, excepto para el género *Asplanchna*, para el que se requiere digestión de su lóriga o capa exterior con el fin de obtener su mastax (aparato masticador), carácter básico de análisis para la especie. Este mastax se aísla añadiendo una gota de lejía sobre el organismo, que disuelve la materia orgánica de la lóriga, o simplemente por aplastamiento de su estructura a través de presión con un cubreobjetos con lo que, a veces, se obtiene igual resultado. Una vez aislado el mastax se identifica la especie con la guía correspondiente.



Fotografía 27: Género *Polyarthra*, Ehrb., 1834 .

Los cladóceros se aíslan en un portaobjetos con el fin de observar con detalle su morfología y estructura. La forma del cuerpo es suficiente, salvo en el caso de algunos quidóridos, para la identificación al nivel de género. Normalmente no es necesaria la disección para identificar la especie, puesto que la transparencia de sus valvas permite observar todas las estructuras, tanto externas como internas, con solo variar el campo de visión del microscopio. Si esto no ocurre se disecciona al individuo para separar el postabdomen y otras estructuras si fuera necesario. Posteriormente se procede a la identificación a través de la guía correspondiente.



Fotografía 28: Detalle de *Daphnia magna*, Straus., 1820 .

Los copépodos sí que requieren necesariamente disección para su identificación, puesto que uno de los caracteres básicos de análisis se encuentra en la forma de la 5ª pata del macho de la especie, y en la del receptáculo seminal de la hembra, que están tapados por el resto de los de apéndices, alguno de los cuales (4º par) también se requieren para la identificación al nivel de especie. Por tanto, tras su aislamiento en portaobjetos se dispone a su disección como se comenta a continuación. Una vez obtenida la estructura, y junto con el resto de caracteres útiles, se sigue la guía correspondiente hasta lograr la identificación.

Para proceder a las disecciones, el aislamiento de ejemplares se realiza bajo una lupa binocular, en la que se pone una fracción de la muestra enviada. Con ayuda de una aguja de entomología previamente enmangada, se “pesca” el individuo, y se traslada a un portaobjetos. El ejemplar debe mantenerse siempre en medio líquido, puesto que su deshidratación se acelera rápidamente bajo la luz de la lámpara.

En el caso de cladóceros, como se ha comentado, se separa siempre el postabdomen, aunque en el caso del grupo de los quidóridos a veces es preciso también separar el escudo cefálico. Para los copépodos, debe mantenerse fijo al ejemplar con los apéndices hacia arriba mientras se desprende el abdomen del resto del cuerpo con ayuda de sendas agujas enmangadas. En el caso de los ciclópodos, en la parte inicial de este abdomen se encuentra el quinto par de patas que se pretende aislar y el receptáculo seminal. En el caso de los Diaptomidos se puede separar fácilmente en 5º par de patas, que está hipertrofiado. Una vez visibles todas las estructuras necesarias, se protege la muestra con un cubreobjetos y se procede a su identificación bajo microscopio.

A. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN

LIMNOLOGIA

ALONSO, M. 1998. Las lagunas de la España peninsular. *Limnetica*, 15: 1-176

ARMENGOL, J. 1980. Los crustáceos del plancton de los embalses españoles. *Oecologia aquatica*, 3: 3-96.

ARMENGOL, J. 1978. Colonización de los embalses españoles por crustáceos planctónicos y evolución de la estructura de sus comunidades. *Oecologia aquatica*, 4: 45-70

MARGALEF, R., PLANAS, D., ARMENGOL, J., VIDAL, A., PRAT, N., GUISET, A., TOJA, J., ESTRADA, M., 1976.- *Limnología de los embalses españoles*. Publ. D.G. Obras Hidráulicas. M.O.P., Madrid: 451+85pp

MAZUELOS, N., GUISANDE, C., TOJA, J., 1993.- Rotifers in ephemeral ponds of Doñana National Park. En J.J. GILBERT, E. LUBZENS y M.R. MIRACLE (eds.) *Rotifer Symposium VI*, D.H. 83, *Hydrobiologia*, 255/256: 429-434. Kluwer Acad. Publ. Dordrecht.

Salt, G.W. 1977. An analysis of the diets of five sympatric species of *Asplanchna*. *Archiv. Hydrobiol.*, Beth. 8:123-125

Toja, 1983 TOJA, J., 1983.- Zooplankton de los embalses de Aracena y La Minilla durante 1977. *Actas del I Congreso Español de Limnología*: 105-114

ROTIFEROS

Walter Koste, 1978. *ROTATORIA Die Rädertiere Mitteleuropas*. Gebrüder Borntraeger. Berlin.

Jordi de Manuel Barrabín, 1997. The rotifers of the spanish reservoirs: Ecological, systematical and zoogeographical remarks. Tesis doctoral, Departamento de ecología, Universidad de Barcelona.

Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. ROTIFERA Vol.4, 1993. SPB Academic Publishing bv.

Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. ROTIFERA Vol 9, 1993. SPB Academic Publishing bv.

COPÉPODOS

Dussart,B., 1967. Les Copépodes des Eaux Continentales D'Europe Occidentale. Tomes I-II. Édition N. Boubée & Cie.

Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. COPEPODA:CALANOIDA Vol. 15, 1999. Backhuys Publishers, Leiden.

Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. COPEPODA: CYCLOPÔIDA Vol. 10, 1996. SPB Academic Publishing bv.

Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. COPEPODA:CALANOIDA Vol. 5, 1994. SPB SPB Academic Publishing bv.

Guide per il Riconoscimento delle specie animali delle acue interne italiane, 1983. Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Roma.

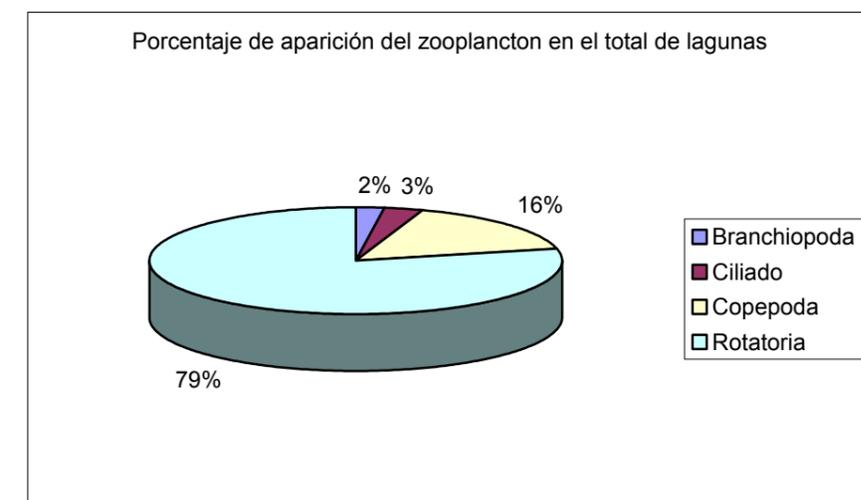
CLADÓCEROS

Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. CLADOCERA, Vol. 11, 1996. SPB Academic Publishing bv.

Crustacea: Branchiopoda, FAUNA IBÉRICA, Vol. 7, 1996, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

un volumen de muestra. Este volumen debe contener un número suficiente de individuos para que los resultados sean estadísticamente significativos, pero no tener una densidad de individuos excesiva, puesto que algunos podrían quedar ocultos bajo otros, subestimándose la abundancia de su especie. Por esta razón, el volumen observado en cada muestra ha sido diferente.

El recuento se realiza por barrido completo de toda la superficie de sedimentación, a 100 aumentos normalmente, que permite el reconocimiento incluso de las especies más pequeñas (Ciliados y Rotíferos), contando el número de individuos de cada especie en el volumen estudiado. Si la muestra presentase unas densidades aparentes elevadas, lo que obliga a usar poco volumen, se estudian varias alícuotas con el fin de obtener valores fiables, a través de una varianza sobre los datos obtenidos, intentando no perder información sobre las especies menos abundantes. Una vez esta es aceptable, o si la muestra no presenta grandes densidades de organismos, se realiza una inferencia entre la densidad del volumen estudiado y el total de la muestra enviada, con lo que se obtienen los datos definitivos.



Gráfica2: Abundancia del zooplancton en los muestreos realizados en al año 2002.

VI.3 RECUENTO DE ESPECIES.

VI.3.1 Método de Utermöhl

Para obtener los datos de densidad es imprescindible conocer cuáles son las especies que aparecen en la muestra. Una vez identificadas, se coloca una alícuota de la muestra previamente homogeneizada en una cubeta de sedimentación y se observa en un microscopio invertido para su cuantificación. Deben tenerse en cuenta dos factores previos: hay que mantener unos minutos la cubeta inmóvil para que todos los organismos decanten al fondo de ésta por gravedad y observar

VI.4 COMENTARIOS TABLAS ADJUNTAS

Para facilitar la comprensión de las tablas se comentan los siguientes puntos:

Los resultados del recuento de zooplancton se indican en individuos por litro.

Según las revisiones y guías, hemos acordado, no de manera oficial, sino para no crear confusines científicas que las especies: *Acanthocyclops reductus*, *A. Hispanicus* y *A. Kieferi*, se llamen *Acanthocyclops Kieferi* por falta de acuerdo entre autores.

En el muestreo de verano llevado a cabo en el 2002, se optó por cuantificar en tanto por ciento la laguna Hondilla (Cádiz), considerando que en este caso la información aportada sobre la laguna era más correcta.

Los resultados cuantificados como ceros, en las tablas de abundancia, indican que dichas especies fueron localizadas en la identificación cualitativa de la muestra (concentrado con malla de 40 micras), sin embargo en el recuento a microscopio invertido no aparecieron al ser minoritarias.

En los siguientes humedales: laguna del Gosque (Sevilla), laguna de Tíscar y laguna del Donadío (Córdoba), fue notable la presencia de ciliados en las muestras recogidas durante la campaña de verano de 2002. Los ciliados no se encuadran dentro del grupo del zooplancton sin embargo, se ha incluido su cuantificación por considerarse de interés en posteriores interpretaciones ecológicas.



Fotografía 29: Laguna del Gosque, Sevilla.

VII MACRÓFITOS

VII.1 MUESTREO DE MACRÓFITOS

MATERIAL

Duquesa 250 ml

Solución para macrófitos: Se constituye de 8 partes de alcohol, 1 parte de glicerina y 1 parte de agua destilada.

METODOLOGIA

Las fanerógamas pueden extenderse desde el litoral hasta unos 10 m de profundidad. A partir de estos, si hay luz suficiente, se pueden desarrollar Characeas y algas filamentosas.

Macrófitos emergentes o semiemergentes: Recogida directa

Macrófitos sumergidas: A veces, la mayor profundidad a que se encuentran obliga a extraerlos de la draga donde se recoge el sedimento.

VII.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ORGANISMOS

Los ejemplares fueron observados bajo lupa binocular para proceder a su identificación.

Las claves utilizadas fueron:

Casas, C.; Brugués, M.; Cros, R. M. (2001) Flora dels Briòfits dels Països Catalans. Institut D'Estudis Catalans. Barcelona.

Bourrelly, P. (1981) Les algues d'eau douce. Vol I: Les algues vertes. Ed. Boubée. París.

Valdés, B.; S. Talavera y E. Fernández-Galiano (1987). Flora vascular de Andalucía Occidental. Ketres Editora. Barcelona.

Viera, M. C.; J. A. Devesa. (1989) Guía de los Briofitos de la Serranía de Las Villuecas (Cáceres). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura. Badajoz.