

Análisis físico-químico del agua de la Dársena del río Guadalquivir

Adrián Rivero Martínez

Resumen—Se ha llevado a cabo el análisis físico-químico de las aguas de la Dársena del Guadalquivir para determinar la calidad de la misma así como el conocimiento de resultados que puedan indicarnos posibles afecciones a estas aguas y determinar aquellas actividades que la perjudican, poniendo de manifiesto la mejora y control de la Dársena para solucionar los problemas derivados.

Palabras Claves—Análisis físico-químico, Dársena, fitoplancton, zooplancton, composición iónica, nutrientes, grado trófico

1. INTRODUCCIÓN

El Río Guadalquivir, con una longitud de unos 657 km, se encuentra principalmente distribuido por el territorio andaluz, nace en Cañada de las Fuentes (Jaén) y desemboca en Sanlúcar de Barrameda (Cádiz), transcurriendo por las provincias de Córdoba, Almería, Granada, Málaga, Sevilla y Huelva. La zona objeto de estudio se encuentra en Sevilla, la llamada Dársena del Guadalquivir, mostrada en la figura 1, correspondiendo al antiguo cauce del río Guadalquivir, que fue cegado en el norte de Sevilla, quedando en sus márgenes el puerto de Sevilla y el tapón de San Jerónimo, evitando así el riesgo de avenidas del río que ocasionarían inundaciones en la población cercana al mismo. La Dársena es, por tanto, un brazo ciego del río, con una longitud de 13.5 km y que conecta con el puerto de Sevilla mediante una esclusa que permite la entrada y salida de barcos turísticos y mercantiles así como el uso de diferentes actividades deportivas. El comportamiento de esta masa de agua se asemeja más a la de un lago que a la de un río.

En 1973, se comenzó a estudiar el riesgo de contaminación en la Dársena, principalmente, cuando se abrió la esclusa, debido a que muy cerca desembocaba el río Guadaíra. Se estudió la posibilidad de desviar el río Guadaíra (1980) para así reducir la contaminación recibida evitando el exceso de nutrientes y provocando un aumento del oxígeno. Además, la desviación del Guadaíra permitió conocer otras perturbaciones que quedaban enmascaradas por el río, como son los efectos del dragado, la presencia de barcos que generan pequeños vertidos y los residuos periódicos (molienda del aceite y azúcares [1]). También han surgido problemas en cuanto a la disminución general de la diversidad de peces a lo largo del río Guadalquivir como muestra el estudio [2]. También debemos tener en cuenta otros efectos sobre la Dársena como la influencia del proyecto de ampliación del dragado, y efectos sobre la flora y fauna.

El muestreo en la Dársena del Guadalquivir así como la identificación, de problemas se ha detallado en diferentes estudios como [1] y [2], así como el propio muestreo rea-

lizado en la pasarela que muestra la figura 2 y su posterior estudio realizado.

Este artículo muestra la calidad en la que se encuentran las aguas de la Dársena del río Guadalquivir, que podría verse afectada por la población. Por ello, se ha realizado un análisis de las aguas para conocer el comportamiento de la Dársena, las características físico-químicas que presenta, para conocer si hay o no contaminación, y ver como afectarían, en cuanto a eutrofia, posibles vertidos, como la contaminación difusa por el uso de fertilizantes en la cuenca del Guadalquivir.



Fig. 1. Dársena del Guadalquivir.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Muestreo *In situ*

Se ha llevado a cabo un muestreo en una de las pasarelas situadas junto al Club Náutico de Sevilla, el día 16 de Noviembre (Otoño), comenzando a las 09:30 y finalizado a las 11:30 horas solares, con unas condiciones meteorológicas estables, viento poco considerable y con actividad solar poco intensa.



Fig. 2. Lugar de muestreo

Los parámetros tomados *in situ* son los siguientes:

1. Parámetros Abióticos.

- **Temperatura:** Mediante el uso de una sonda multiparamétrica portátil (Hatch, modelo 5424).

- **pH:** Mediante la sonda multiparamétrica portátil (Hatch, modelo 5424).

- **Transparencia:** Para medir la profundidad a la que penetra la luz en el agua se utiliza el disco de Secchi blanco/negro de 20 cm.

- **Oxígeno disuelto:** Se utilizó una sonda multiparamétrica portátil (Hatch, modelo 5424).

- **Conductividad:** Se toma por medio de una sonda multiparamétrica portátil (Hatch, modelo 5424).

2. Parámetros Bióticos.

- **Microorganismos:** se recogieron mediante una red de nylon de 50 μ y unas botellas de polipropileno con capacidad para 1 l. Se llevaron a cabo dos tipos de muestreo de los microorganismos:

* **Cualitativo:** Se utilizó una red de nylon de 50 μ y se introdujo en el agua a la profundidad que permitió la cuerda a la que estaba unida, con esta luz de malla los microorganismos más pequeños podrían escapar. Posteriormente se cogió una pequeña muestra y se fijó con un poco de formol al 4% para matar a los microorganismos y se agita para comprobar que todos sedimentan al fondo.

* **Cuantitativo:** Parte de la muestra anterior, se separó en un frasco de color para evitar la degradación de las muestras y se añadió lugol para preservar los microorganismos.

2.2. Medidas Ex situ

Las siguientes medidas se realizaron en los laboratorios de la Universidad Pablo de Olavide minutos después del muestreo en la Dársena, extendiéndose a lo largo de una semana debido al requerimiento temporal de algunas medidas.

1. Parámetros Abióticos.

Se realizó el siguiente análisis químico:

- **Reserva alcalina:** Mediante titulación con ácido sulfúrico (APHA, 1985).

- **Cloruros:** Método argentométrico (APHA, 1985).

- **Sulfatos:** Los iones sulfato reaccionan con cloruro de bario en soluciones acuosas y forman sulfato de bario, que es difícilmente soluble. La turbidez resultante se mide mediante fotometría (Merck 14564).

- **Dureza total (calcio y magnesio):** Método titulométrico de EDTA, APHA, 1985). Usó de EDTA 0.01M para conocer el contenido en calcio.

- **Sodio y potasio:** Por medio de cromatografía iónica (APHA, 1992). Si no se dispone de la técnica, podría utilizarse la siguiente fórmula:

$Na^+ + K^+ = (Reserva\ alcalina + SO_4 + Cl) - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$

- **Fósforo:** Los iones fosfatos reaccionan en solución ácida con iones molibdato antimonio formando un complejo antimonilfosfomolibdato que, mediante ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno. Adaptación del método del fosfomolibdato (Murphy & Riley) para medida colorimétrica (Merck 14842).

- **Nitratos:** En soluciones que contienen ácidos sulfúrico y fosfórico los iones nitrato reaccionan con 2.6-dimetilfenol formando 4-nitro-2.6-dimetilfenol. (Merck 14773).

- **Nitritos:** En solución ácida los nitritos reaccionan con aminas aromáticas primarias formando sales de diazonio. Éstas forman junto con compuestos aromáticos que contienen un grupo amino o un grupo hidroxilo, colorantes azoicos intensamente coloreados. (Merck 14776).

- **Amonio:** Los iones amonio reaccionan, a un pH de 12.6 con iones hipoclorito e iones salicilato, en presencia de nitroprusiato como catalizador, formando azul de indofenol. (Merck 14752)

- **Silicato reactivo:** En una solución ácida, el ácido silícico reacciona con el molibdato amónico formando ácido silico-molibdico de color amarillo. La adición de un agente reductor provoca coloración azul. (Merck 14794)

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Oxidabilidad al permanganato (APHA, 1985).

- **Sólidos:** Sólidos por diferencia de pesada (APHA, 1992).

2. Parámetros Bióticos.

- **Fitoplancton:** Mediante este análisis obtuvimos la concentración de pigmentos fotosintéticos. Se tomó una muestra de un litro de agua de la Dársena (el volumen a filtrar puede variar según la cantidad de fitoplancton presente en el agua) y filtramos mediante un filtro WHATMAN GF/C que colocamos en la bomba de vacío. Una vez filtrado, quitamos el filtro de la bomba de vacío y lo introducimos en un tubo de ensayo y añadimos metanol (o acetona 90%) hasta cubrir el filtro para matar microorganismos y romper las estructuras fotosintéticas para obtener la clorofila. Seguidamente cubrimos el tubo de ensayo con papel de plata para evitar la degradación de la clorofila y se introdujo en una nevera durante 24 horas. Tras pasar el tiempo necesario se colocó un tubo milimetrado en la bomba de vacío para controlar el volumen extractante y se volvió a filtrar con otro filtro para eliminar los restos de las estructuras fotosintéticas, así como todo el disolvente utilizado, usando una jeringuilla para exprimir el filtro y hacemos con todo el disolvente (anotamos el volumen extraído). Posteriormente, utilizamos el espectrofotómetro, donde con la ayuda de una cubeta realizamos un blanco, es decir, metimos agua destilada en la cubeta y lo introducimos en el espectrofotómetro para calibrarlo y luego se hizo un barrido a 430 nm, 665 nm y 750 nm, para determinar el máximo de absorción de pigmentos amarillos, clorofila a y la turbidez de la muestra respectivamente. Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$mg\ Clorofila\ a/m^3 = 13.9 \times (DO_{665} - DO_{750}) \times V_{extractante}(ml) / V_{total\ de\ la\ muestra}(l)$

Calculamos el índice de Margalef que nos permite relacionar las clorofilas con pigmentos amarillos:

$Índice = DO_{430} - DO_{750} / DO_{665} - DO_{750}$

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1. In situ

Mediante los datos representados en la tabla 1.a, se identificó una temperatura homogénea en relación con la profundidad, puesto que el muestreo se llevó a cabo en Otoño, por lo que generalmente, el viento actúa sobre la masa de agua provocando una mezcla entre el epilimnion e

hipolimnion, evitando así la formación de una termoclina. Esta determinación se vió reforzada por la concentración homogénea de oxígeno a lo largo de la columna de agua, ya que al ser homogénea nos informa que no existe termoclina y el oxígeno se difunde por toda la masa de agua, llegando a zonas más profundas. Además, en la mezcla de la columna de agua, influye la navegación por la Dársena.

TABLA 1.a

Valores *in situ* tomados con la sonda multiparamétrica en una de las pasarelas de la Dársena hasta 2'5 metros de profundidad.

	0m	0.5m	1m	1.5m	2m	2.5m
T° (°C)	18.8	19.3	19.3	19.3	19.3	19.2
O2 (mg/l)	5.82	5.80	5.79	5.81	5.81	5.81
O2 (%)	66.5	66.1	65.9	66.1	66.1	66.1

En cuanto al pH del agua de la Dársena recogido en la tabla 1.b, nos indica que es propio de aguas básicas, es decir, un pH propio de aguas con muchas sales y, en principio con una mayor proporción en bicarbonatos que en carbonatos, puesto que presenta un pH superior a 7 pero inferior a 8.3.

TABLA 1.b

Valores *in situ* tomados con la sonda multiparamétrica en una de las pasarelas de la Dársena hasta 2'5 metros de profundidad.

	0m	0.5m	1m	1.5m	2m	2.5m
pH	8.14	8.19	8.19	8.18	8.18	8.17

TABLA 2. Valores *in situ* (2).

Transparencia tomada mediante el disco de Secchi blanco/negro de 20 cm y medida de la conductividad con sonda multiparamétrica.

Transparencia	0.6m	
Conductividad (µS/cm)	2069	1300 mg/l Sales

La información relevante a la tabla 2 permite conocer la profundidad a la que es viable la fotosíntesis, considerando que la luz visible penetra en la columna de agua hasta una profundidad de 0.6 m tomada por el disco de Secchi, por lo que calculamos el límite de compensación de la luz (LCL) mediante la siguiente fórmula: $Z_{LCL} = (\ln 100 - \ln 1) / (1.7/Dm)$; donde Dm es la profundidad a la que deja de verse el disco. $Z_{LCL} = (\ln 100 - \ln 1) / (1.7/0.6) = 1.63$ metros, indicando la profundidad a la que la fotosíntesis en la masa de agua se iguala a la respiración. Por encima de dicha profundidad predomina la fotosíntesis y por debajo la respiración, delimitada por la penetración de la luz solar.

Sobre el valor obtenido para la conductividad, observamos que son aguas con una considerable carga iónica, por lo que nos lleva a pensar que Sevilla, al encontrarse a nivel del mar y que debido al los dragados que se llevan a cabo, es muy probable la intrusión del domo salino. Esto

provoca un aumento considerable de sales en las aguas de la Dársena. Para tener una idea aproximada, la concentración en sales de un agua dulce es muy heterogénea de 1-2 g/l y en agua de mar de unos 35 g/l aproximadamente, mientras que en la Dársena encontramos 1.3 g/l, cantidad que podría aumentar con el dragado.

3.2. Ex situ

Si comparamos los valores obtenidos en la tabla 3, se observa una alcalinidad baja, lo que se traduce en aguas sensibles frente a cambios en el pH de la misma, puesto que actúa como amortiguador del pH, es decir, permite al agua responder de manera reguladora frente a casuales vertidos que modifiquen el pH del agua.

TABLA 3.

Análisis Físico-químico en el laboratorio

Análisis de Laboratorio	Medias	Unidad
Reserva alcalina	3.11	meq/l
Dureza Total	479.5	mg/l
Oxidabilidad	8.24	mg/l
Sólidos Totales	1631	mg/l
Sólidos Totales Minerales	1304	mg/l
Sólidos Totales Volátiles	327	mg/l
Sólidos Totales en Suspensión	16.01	mg/l
Sólidos en Suspensión Minerales	12.04	mg/l
Sólidos en Suspensión Volátiles	6.23	mg/l
Clorofila a	6.36	mg/m ³
Índice de Margalef	2.70	

En cuanto a la oxidabilidad, presenta valores aptos para la vida piscícola (>4 mg/l), que además está relacionada con la clorofila, ya que los valores de oxígeno disuelto en agua obtenidos nos indican que existe actividad fotosintética por el fitoplancton, liberando oxígeno al medio, siendo vital para establecer las comunidades de la masa de agua. Además el oxígeno disuelto ha ido aumentando en la Dársena desde aquellos problemas en 1980, alcanzando los valores establecidos por el Reglamento de la Calidad de Aguas para el río Guadalquivir. Cuestionando los sólidos analizados, la mayoría corresponden a la fracción mineral, lo que nos indica que no existe un gran aporte de materia orgánica.

TABLA 4.

Tabla de la composición salina de la masa de agua en función de sus iones representados en porcentajes.

Cationes	meq/l	%	Aniones	meq/l	%
Ca ⁺²	4.81	23.54	Cl ⁻	9.98	58.16
Mg ⁺²	4.77	23.35	SO ₄ ⁻²	4.07	23.72
Na ⁺	10.24	50.12	HCO ₃ ⁻	3.11	18.12
K ⁺	0.61	2.99			
Total	20.43	100	Total	17.16	100

En cuanto a la tabla 4, es importante observar el alto porcentaje de Na⁺ y de Cl⁻.

A continuación se representa la tabla 4 mediante el gráfico circular (figura 3) para una mejor interpretación de los resultados obtenidos:

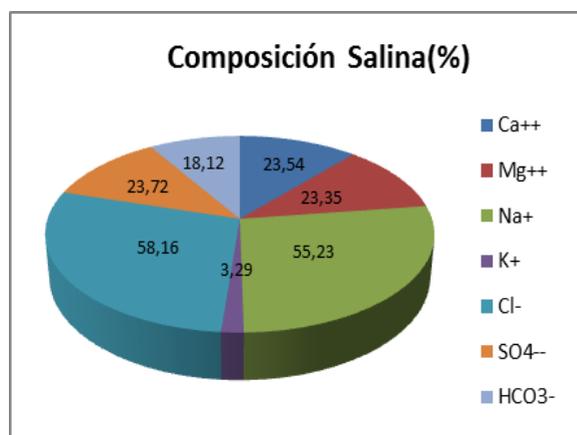


Fig. 3. Composición salina por gráfico circular

En vista de los resultados obtenidos, se determinó que las aguas de la Dársena del Guadalquivir se componen principalmente de cloruro sódico, propio de aguas salinas, determinando que se trata de aguas muy duras, con valor de 479.5 mg/l CaCO₃ (>300 mg/L CaCO₃, según OECD, 1982).

Identificando los nutrientes en el agua de la Dársena, mediante la tabla 5.a, percibimos un aporte de nitratos que superan los parámetros establecidos por el Reglamento de Calidad de Aguas para el Río Guadalquivir (14 mg/L), lo que repercute en el desarrollo de productores primarios principalmente, haciendo que aumenten en densidad, siendo estos parámetros vitales para el desarrollo de la vida en estas aguas.

TABLA 5.a
Análisis de nutrientes de la masa de agua

Nutrientes	Medidas	Unidad
NO ₃	13.28	mg/l

TABLA 5.b
Análisis de nutrientes de la masa de agua

Nutrientes	Medidas	Unidad
NO ₂	0.51	mg/l
NH ₄	0.37	mg/l
PO ₄ -3	0.17	mg/l
Si	2.24	mg/l

El contenido de nitritos, amonio, fosfatos y sílice de la tabla 5.b, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el Reglamento de la Calidad de Aguas para el Río Guadalquivir.

- Fitoplancton:

En cuanto a los organismos fitoplanctónicos identificados por medio de [3-18] y la distribución de estos en la tabla 6,

se observa una predominancia de diatomeas y algas verdes que se ve correspondida con el valor obtenido en el índice de Margalef. Entre 2-3 se observarían un predominio de algas verdes, clorofitas principalmente, y entre 3-3.5 un predominio de Diatomeas, pero al encontrarse el valor cercano a 3 es probable encontrar predominancia de clorofitas en estado maduro o Diatomeas en expansión logarítmica.

Algunas de las especies fitoplanctónicas de la tabla son bioindicadoras del estado de eutrofia de los ecosistemas acuáticos de agua dulce. Además, definen algunas características que presenta la masa de agua en cuestión, como por ejemplo: *Pediastrum boryanum*, *Coelastrum microporum*, *Euglena spirogyra* y *Phacus triquetter*, se encuentran en aguas estancadas o de poca corriente, e incluso en embalses, lagos y ríos en su curso bajo, bien de agua dulce, agua subsalina o incluso algunas de ellas en aguas hipersalinas, soportan niveles medios y altos de contaminación y algunas se desarrollan mejor en sistemas con aportes considerables de materia orgánica. En definitiva, todas aparecen en sistemas acuáticos meso o eutróficos.

TABLA 6.

Inventario del fitoplancton obtenido en la Dársena, identificado por grupos

Algas Azules	<i>Lyngby alimnética</i> , <i>Oscillatoria rubescens</i> , <i>Oscillatoria agardhii</i>
Algas Verdes	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Coelastrum microporum</i> , <i>Oedogonium capillare</i> , <i>Pediastrum boryanum</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i>
Euglenofitos	<i>Euglena sanguínea</i> , <i>Euglena spirogyra</i> , <i>Phacus triquetter</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>
Diatomeas	<i>Bacillaria paxillifer</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Fragilaria construens</i> , <i>Gyrosigma</i> , <i>Gomphonema sp</i> , <i>Navicula sp</i> , <i>Nitzschia sp</i> , <i>Stephanodiscus astraes</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i>

TABLA 7.

Inventario del zooplancton obtenido en la Dársena, identificado por grupos

Ciliados	<i>Codonella cratera</i> , <i>Tintinopsis lacustris</i>
Rotíferos	<i>Hexarthra fennica</i> , <i>Lecane sp</i> , <i>Polyarthra remata</i> , <i>Testudinella</i>
Cladóceros	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> , <i>Ceriodaphnia reticulata</i> , <i>Diaphanosoma mongolianum</i>
Copépodos	<i>Acanthocyclops robustus</i> , <i>Cletocamptus retrogressus</i> (además sus fases nauplios y copepoditos)

- Zooplancton:

Algunas de las especies zooplanctónicas de la tabla 7 son bioindicadoras del estado de eutrofia de los ecosistemas acuáticos de agua dulce, y definen algunas características que presenta la masa de agua, como *Hexarthra fennica*, *Testudinella*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Diaphanosoma mongolianum*, *Acanthocyclops robustus* o *Cletocamptus retrogressus*, se encuentran preferentemente en aguas permanentes claras o turbias, cálidas y con grado considerable de salinidad aunque también se pueden

encontrar en aguas meso o eutróficas. Es importante considerar la especie *Acanthocyclops robustus*, puesto que ataca a larvas de peces y podría considerarse un factor de riesgo para las piscifactorías.

En cuanto a la información obtenida en [2, 19-20] y el estudio propio realizado en el laboratorio se pudo clasificar el agua de la Dársena como Zona β -mesosaprobia, por lo que se consideran aguas contaminadas moderadamente con predominio de algas dorofíceas según el dato obtenido por el índice de Margalef, al encontrarse proporción de pigmentos verdes y amarillos cerca del equilibrio.

Además, la presencia de rotíferos, cladóceros y ciliados nos indican que el agua podría presentar un estado de eutrofia generalmente.

4. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado sobre la Dársena, podemos deducir que presenta un comportamiento propio de un lago monomítico cálido u holomítico debido a que presenta un periodo de mezcla anual de sus aguas (otoño-invierno-primavera). En vista de los análisis realizados concluimos que con el paso de los años, la Dársena se ha ido recuperando, puesto que en nuestro análisis físico-químico se observa una reducción considerable de los nutrientes. Además, la oxidabilidad es alta, y por tanto propicia para el desarrollo de la vida en el agua, y ello proviene de una gran actividad del fitoplancton presente en sus aguas. El mayor problema detectado actualmente es la alta salinidad, que proviene de las aguas más salinas que entran a la Dársena cuando se abre la esclusa para el paso de los barcos. La alta concentración de cloruros que presenta la masa de agua, nos indica una menor tendencia a la eutrofización, puesto que además la dureza del agua, nos indica que se trata de aguas duras, corrigiéndose así el problema de eutrofización que arrastraba hace años. Su situación actual puede empeorar si se llevan a cabo actividades con un mal control que perjudiquen a la Dársena, como podría ser el dragado, que conlleva a una retirada del sedimento del fondo del río y por tanto a una posible intrusión de aguas salinas, aumentando aún más la salinidad y perjudicando el desarrollo de la vida en la Dársena.

Otro problema que aún persiste en la Dársena es la contaminación difusa propiciada por un aporte excesivo de nitratos que provienen de la intensa actividad agrícola y que podría aumentar el nivel trófico del sistema acuático si no se realiza un control de dichos aportes.

REFERENCIAS

- [1] González-Rull J. A., Toja J. & Ramos D. 1984. Recuperación de la dársena del Guadalquivir tras la eliminación de su mayor fuente de contaminación. *Limnética* 1: 256-262
- [2] Distribución del estado de conservación de los peces dulceacuícolas del río Guadalquivir (Fernández-Delgado et al., 2008)
- [3] <http://www.glerl.noaa.gov/seagrant/GLWL/Algae/Cyanophyta/Cyanophyta.html>
- [4] <http://www.plingfactory.de/Science/Atlas/Kennkarten%20Algen/Chlorophyta/source/Binuclearia%20sp.2.html>
- [5] http://www.oilgae.com/ref/glos/ankistrodesmus_falcatus.html
- [6] http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Cyanobacteria/cyano_filaments/cyano_unbranched_fil/untapered_filaments/no_heterocysts/no_vis_sheath/OSCILLATORIA/Oscillatoria_Image_page.html
- [7] <http://www.respyn.uanl.mx/xii/2/articulos/Actividadnuevaintiespasmodica.htm>
- [8] http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/mastigophora/euglena/sanguinea/sanguinea_4.html
- [9] http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/chlorophyta/pediastrum/boryanum/sp_04.html
- [10] http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/mastigophora/euglena/spirogyra/var_02/spirogyra3d.html
- [11] http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/chlorophyta/pediastrum/boryanum/sp_04.html
- [12] http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Euglenophyceae/PHACUS/Phacus_Image_page.html
- [13] <http://www.diatomloir.eu/Site%20Diatom/Saumatre.html>
- [14] http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Euglenophyceae/TRACHELOMONAS/Trachelomonas_Image_page.html
- [15] <http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Heterokontophyta/Centrales/Cyclotella/index.html>
- [16] <http://www.geppe.net/microscopia/album/Diatomee/Gomphonema%20sp/slides/gomphonema%20sp.%207.html>
- [17] http://ucjeps.berkeley.edu/constancea/83/morales_et_al/all_figures.htm
- [18] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyrosigma_sp.jpeg
- [19] Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía.
- [20] Strebler H. & Krauter D. 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua, 1: 28-41



Adrián Rivero Martínez es actualmente estudiante del 4º Curso del Grado en Ciencias Ambientales en la Universidad Pablo de Olavide.