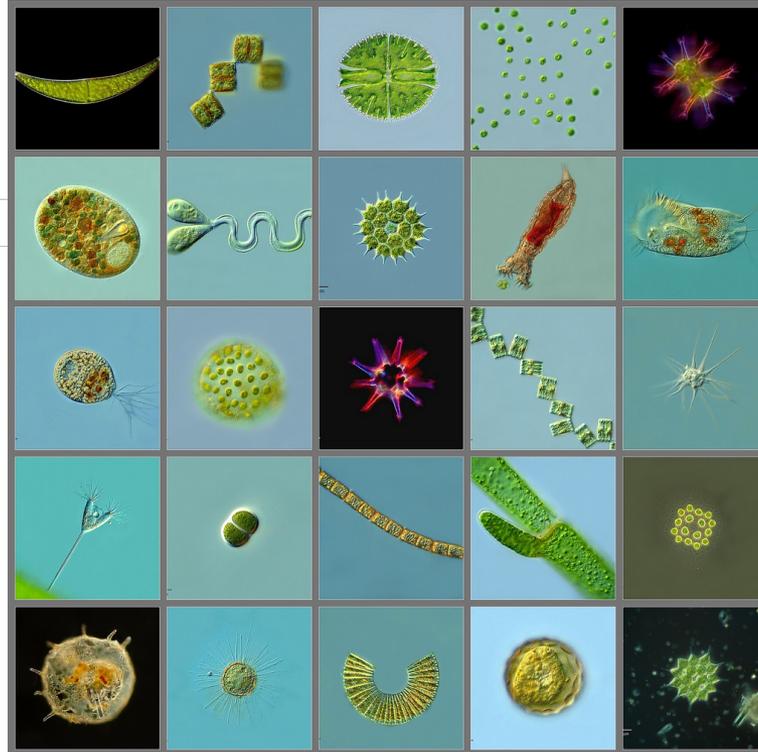
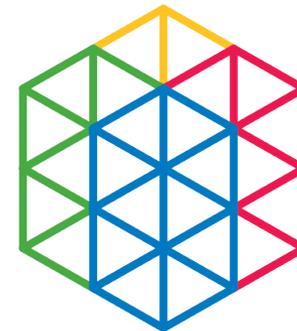


# LA VIDA OCULTA DEL AGUA

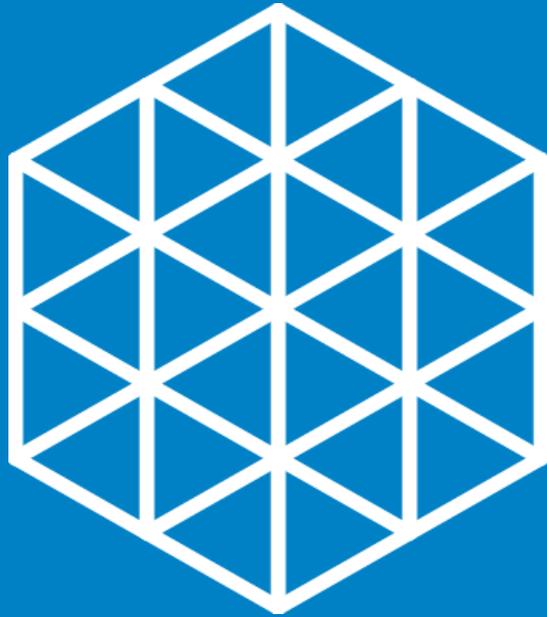
Iván Hervías  
Sergio Pascual  
Marcos Ochoa



La Rioja  
(Spain)



Google  
Science  
Fair 2012

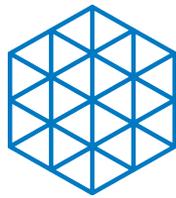


# Introducción



Google  
Science  
Fair 2012

# La vida oculta del agua: Introducción

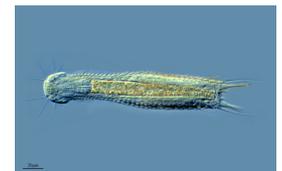
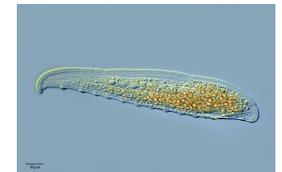
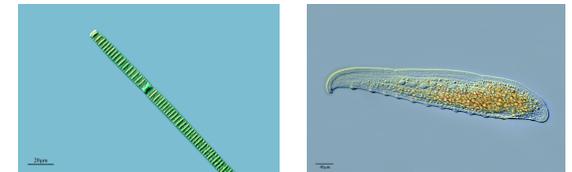


Hace unos años, durante la celebración de una semana de la ciencia en nuestro Instituto, situado en una pequeña región del norte de España, un grupo de amigos nos quedamos fascinados al observar bajo el microscopio, cómo en una gota de agua se desarrolla una incesante actividad de seres vivos de multitud de formas y colores....y todos ellos invisibles a simple vista.

Decidimos entonces, intentar conocer mejor este Universo de seres microscópicos que viven en el agua y así, poco a poco, ayudados por nuestro profesor y desde hace más de tres años, acudimos durante los recreos al laboratorio del Instituto, para descubrir, investigar y aprender.

Hemos aprendido a identificar y reconocer a muchos de estos seres, también estudiando qué factores influyen en su desarrollo, cómo viven, se alimentan defienden y reproducen y qué relación existe entre la presencia de algunos de estos organismos y la calidad del agua.

Las investigaciones se han realizado a partir del estudio del agua dulce en más de cuarenta localidades del norte de España y otras tantas repartidas por el resto de nuestro país. Ha sido un trabajo fascinante, del que contamos aquí algunas cosas.



# La vida oculta del agua: nuestra pregunta



Desde que éramos pequeños se nos ha explicado que la vida en la Tierra surgió en el agua. Hoy, a simple vista, y tres mil millones de años después, podemos observar seres vivos evolucionados: peces, anfibios, mamíferos acuáticos, moluscos, algas, crustáceos y otros invertebrados, pero seguramente la vida evolucionó a partir de otros organismos más sencillos y microscópicos, parecidos a los que también existen ahora y que no podemos ver más que utilizando el microscopio.

Desde que comenzamos a realizar este trabajo nos hemos venido preguntando **¿qué vida hay en el agua?** En realidad, esta pregunta contiene otras muchas: ¿hay muchos seres vivos que no podemos ver? ¿son muy distintos entre sí? ¿cómo se alimentan? ¿de qué manera se reproducen? ¿se mueven? ¿cómo lo hacen? ¿cómo se defienden de sus depredadores? ¿cómo han evolucionado desde que aparecieron? ¿pueden vivir durante mucho tiempo? ¿son diferentes en diferentes tipos de hábitat? ¿el agua limpia y la contaminada tienen los mismos organismos? ¿realizan algún papel importante en la Naturaleza?

A todas estas preguntas resumidas en la principal **¿qué vida hay en el agua?** hemos ido encontrando pequeñas respuestas que nos han permitido abrir la puerta del descubrimiento de este extraordinario mundo de los seres microscópicos.

Source: Google internal data

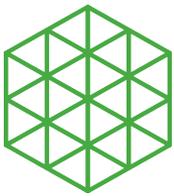


# Metodología



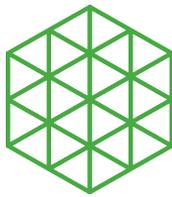
Google  
Science  
Fair 2012

# Metodología: toma de muestras



La toma de muestras la hemos realizado en distintos tipos de hábitats acuáticos y en diferentes ocasiones en cada localidad, con objeto de conseguir la más amplia representación posible de organismos microscópicos. Buscamos una zona próxima a la orilla y recogemos el agua en un tarro de cristal junto con una pequeña porción de sedimento orgánico, en otras ocasiones, utilizando un cepillo dental, tomamos material de la superficie de las rocas húmedas o sumergidas para incorporarlo a la muestra de agua.

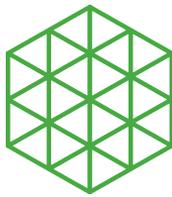
# Metodología: mantenimiento de los organismos



Los organismos microscópicos pueden permanecer vivos durante varias semanas o incluso meses en el laboratorio. Con frecuencia dejamos las muestras sin manipular en sus recipientes, de este modo podemos observar, cómo evolucionan los ecosistemas acuáticos y cómo unos organismos son reemplazados por otros.

Si pretendemos que los organismos se conserven durante más tiempo, guardamos las muestras en el frigorífico a 10°C o las sometemos a un proceso de aireación, regulando la cantidad de aire en función del tipo de muestra y su procedencia

# Metodología: montaje y observación

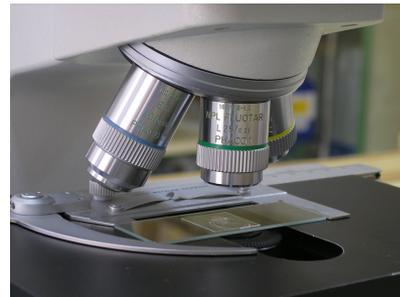


El montaje y la observación se han realizado siempre en vivo.

Sobre un portaobjetos bien limpio depositamos una gota de agua con algo de sedimento y cubrimos con un cubreobjetos.

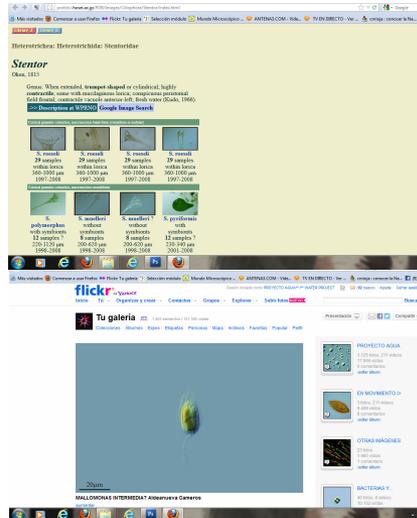
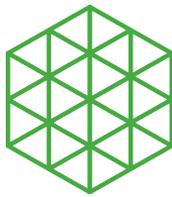


Hemos utilizado microscopios trinoculares con cámaras fotográficas adaptadas.



Las preparaciones, generalmente se observan con 100, 200 y 400 aumentos

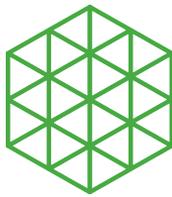
# Metodología: determinación de los organismos



Para determinar los organismos microscópicos realizamos observaciones a diferentes aumentos, en ocasiones los dibujamos y si podemos los fotografiamos. Seguidamente tratamos de reconocerlos comparando su aspecto con el de los dibujos y láminas que contienen algunos de los libros y guías que utilizamos.

También utilizamos recursos de la web para realizar este trabajo, así como la base de datos de ["Protist information server"](#) y la página de ["Proyecto agua"](#) creada por nuestro profesor que siempre nos ayuda en este difícil trabajo.

# Metodología: tratamiento de las imágenes



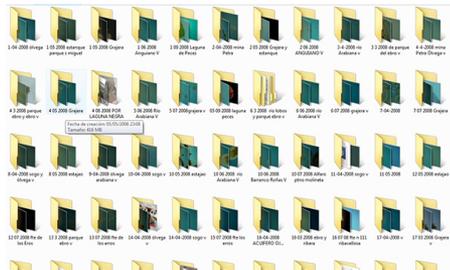
La mayoría de los microscopios que utilizamos tienen un cabezal trinocular y llevan adaptado en el tubo fotográfico una cámara para digitalizar imágenes fijas o en movimiento.

Tenemos adaptadas varias cámaras réflex digitales a los diferentes microscopios. Cuando observamos algún organismo que nos interesa fotografiar, si no se mueve, no hay problema: abrimos el diafragma del condensador para conseguir más intensidad luminosa y realizamos la fotografía utilizando un mando inalámbrico.



Generalmente hay que reajustar el enfoque del microscopio cuando observamos desde el visor de la cámara para obtener una imagen nítida.

Cuando los microorganismos se mueven utilizamos una herramienta especial: la paciencia. Esperamos a que el microorganismo se detenga y fotografiamos.



Las imágenes digitalizadas se guardan en un disco duro en carpetas ordenadas por fecha. Se han almacenado más de 30000 imágenes, aunque no todas son buenas.

# Metodología: estudio de algunos factores físicos y químicos condicionantes

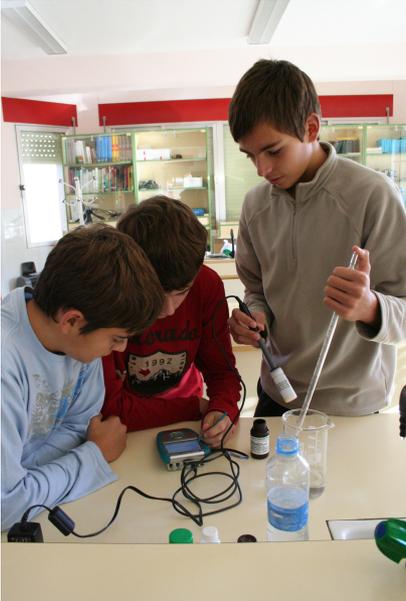
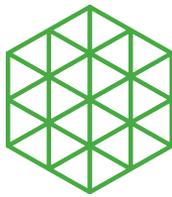


Hemos tratado de conocer de qué manera afectan a la vida de los organismos microscópicos del agua diferentes factores ambientales, tanto físicos como químicos. Para saberlo hemos utilizado una muestra de agua del río Ebro que hemos repartido en volúmenes iguales,  $100\text{cm}^3$  en matraces y vasos de precipitados:

- Una muestra la hemos dejado como muestra de control a temperatura y luz ambiente.
- Una muestra la hemos dejado en el frigorífico a  $5^{\circ}\text{C}$
- Una muestra la hemos colocado en una estufa de cultivo a  $35^{\circ}\text{C}$
- Una muestra la hemos colocado en total oscuridad
- A una muestra le hemos añadido  $10\text{cm}^3$  de agua con glucosa al 10%
- A una muestra le hemos añadido  $10\text{cm}^3$  de agua con  $\text{ClNa}$  al 10%

Se realizaron controles cada 24h, durante 10 días observando las muestras al microscopio y anotando los resultados

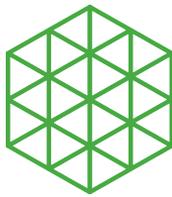
# Metodología: cuantificación de factores físicos y químicos en el agua



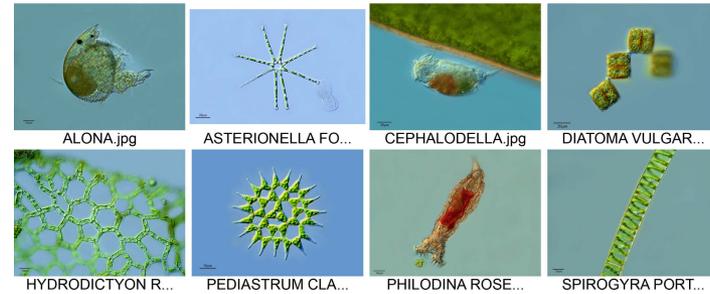
Mediante una estación de análisis portátil hemos podido tomar datos de algunos parámetros físicos y químicos del agua ( pH, conductividad,  $T^a$ , presencia de nitratos y de iones de Calcio y Demanda Biológica de Oxígeno) en más de 40 localidades del norte de España.

En las mismas muestras en las que se han realizado las mediciones se han estudiado e inventariado los microorganismos presentes, estableciendo una relación entre los seres vivos presentes y los valores físico-químicos hallados

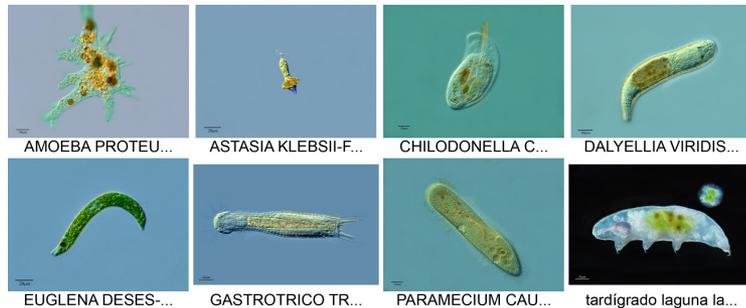
# Metodología: correlación de factores físico-químicos/organismos



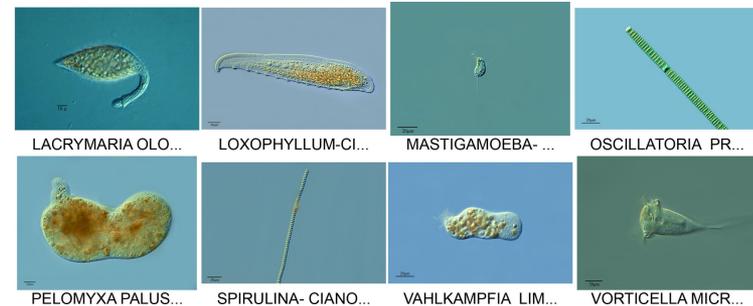
Bioindicadores de aguas de nivel I



Bioindicadores de aguas de nivel II

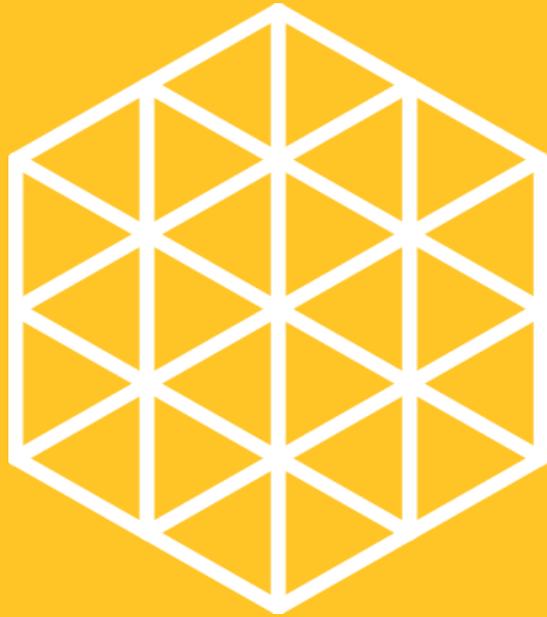


Bioindicadores de aguas de nivel III



Bioindicadores de aguas de nivel IV

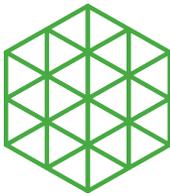
Finalmente hemos tratado de establecer una relación entre presencia de microorganismos y calidad del agua. Siguiendo los criterios de varios autores, hemos podido determinar qué microorganismos pueden tener valor como bioindicadores y así establecer cuatro niveles de calidad del agua en las zonas muestreadas, en función de los valores de los parámetros físico- químicos obtenidos



# Resultados



# Resultados: Organismos encontrados. Bacterias y cianobacterias



*Oscillatoria*



Bacterias



*Nostoc*



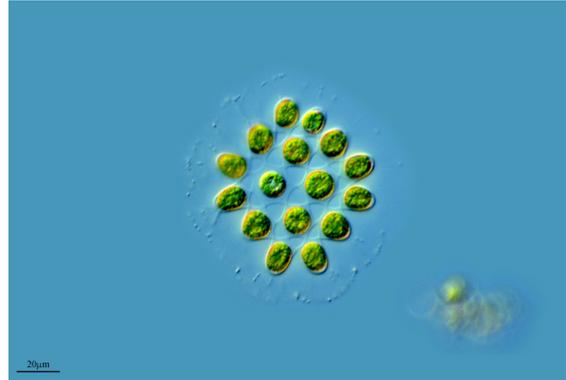
*Oscillatoria*

Las bacterias y cianobacterias son seres procariontas, de organización simple que generalmente viven en aguas eutróficas

## Resultados: Organismos encontrados. Flagelados



*Mallomonas*



*Gonium*



*Euglena*



*Anisonema*

Los flagelados se caracterizan por la presencia de uno o dos flagelos, generalmente desiguales, muchos flagelados son autótrofos y suelen poseer una mancha ocular y numerosos cloroplastos.

## Resultados: Organismos encontrados. Ciliados



*Vorticella*



*Paramecium*



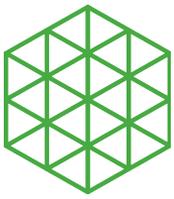
*Stylonychia*



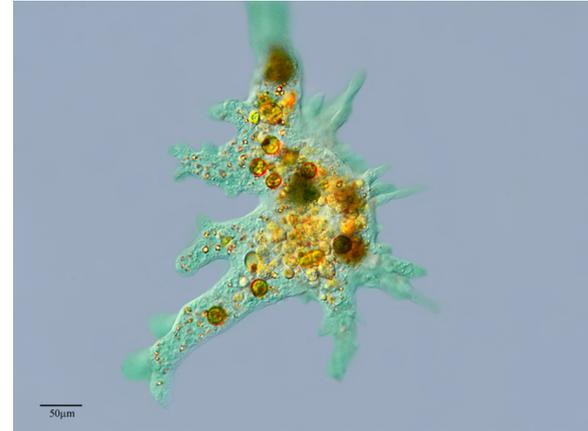
*Spirostomum*

Los ciliados presentan una gran variedad de formas y modos de vida, algunos viven fijos y generan corrientes que atraen a las partículas y organismos de los que se alimentan. Los de vida libre se desplazan con rapidez y suelen ser muy voraces

## Resultados: Organismos encontrados. Rizópodos



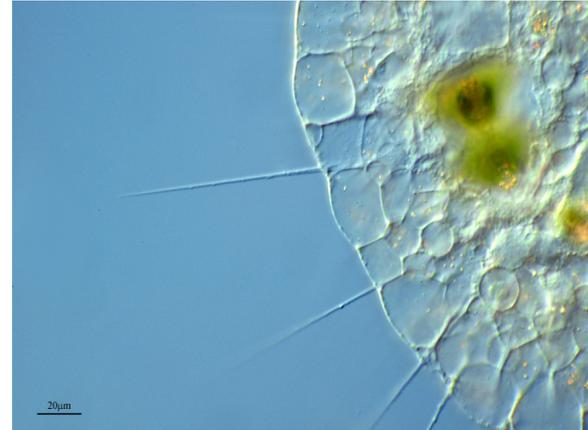
*Valkampfia*



*Amoeba*



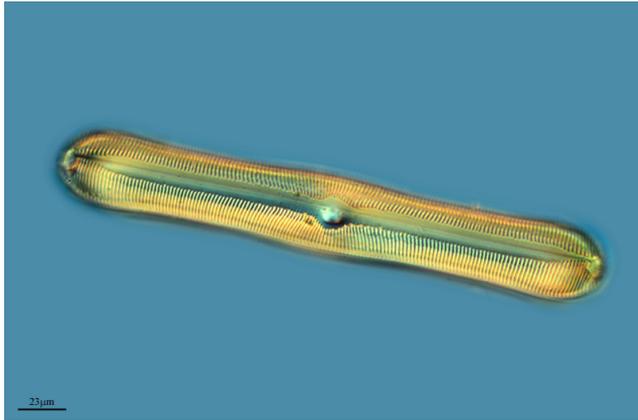
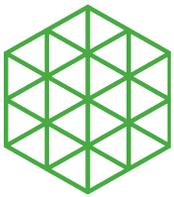
*Nebella*



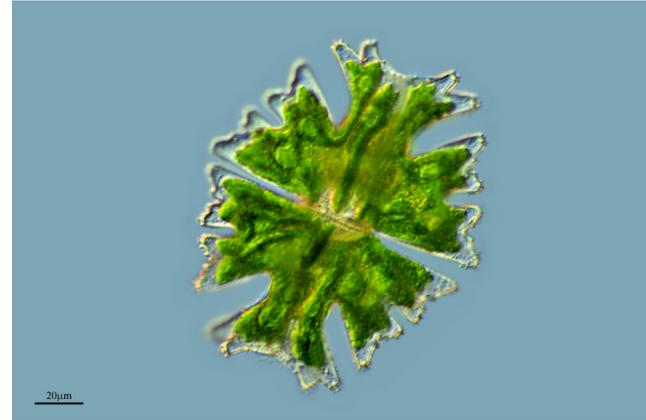
*Actinosphaerium*

Los rizópodos constituyen un grupo muy extenso y variado de protozoos. Su desplazamiento es lento y depende de las prolongaciones que emite su citoplasma -pseudópodos- que son características en cada género. Muchos rizópodos protegen su cuerpo fabricando un caparazón -teca- de composición, estructura y apariencia muy variada.

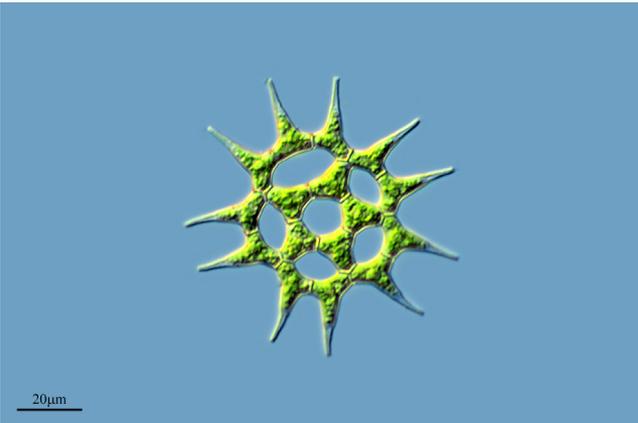
## Resultados: Organismos encontrados. Algas



Diatomea: *Pinnularia*



Désmido: *Micrasterias*



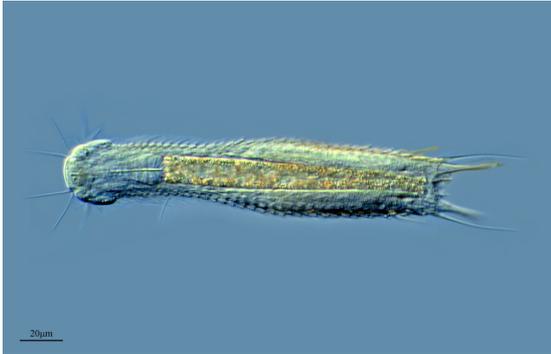
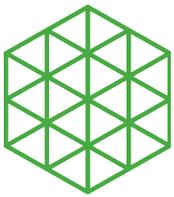
Clorofícea: *Pediastrum*



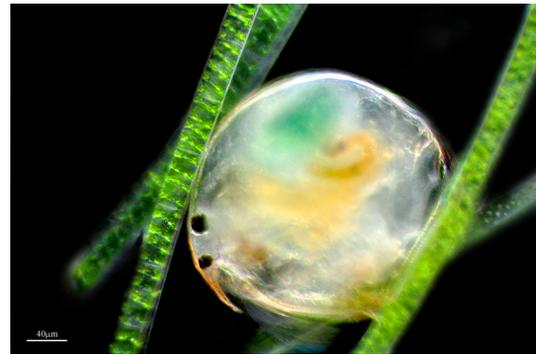
Clorofícea: *Spirogyra*

Son casi innumerables las especies de algas microscópicas presentes en las aguas dulces. Pertenecen a diferentes clases taxonómicas y pueden ser de vida libre o fijas, individuales, coloniales o pluricelulares y muchas de ellas presentan una hermosa simetría.

# Resultados: Organismos encontrados. Metazoos



Gastrotrico: *Chaetonotus*



Branchiopodo: *Pseudochydorus*



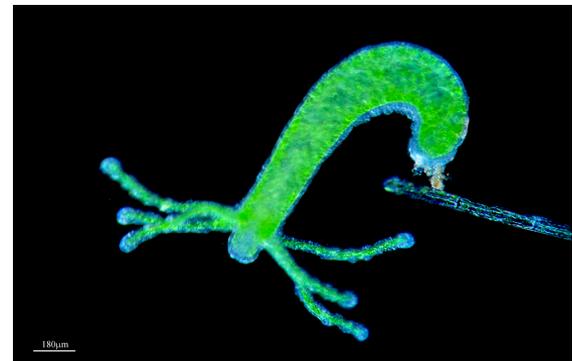
Rotífero: *Limnias*



Nematodo



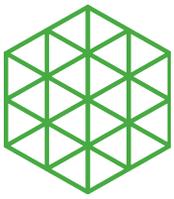
Tardígrado: *Macrobiotus*



Cnidario: *Hydra*

Los animales pluricelulares microscópicos que viven en el agua pertenecen a diferentes Phylum, presentan una gran variedad de formas y realizan muy diferentes funciones en los ecosistemas acuáticos

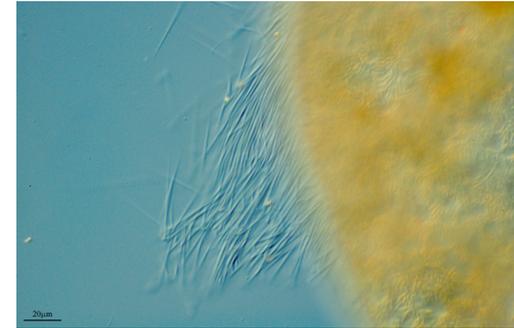
# Resultados: Procesos vitales



Alimentación en el rotífero *Philodina*



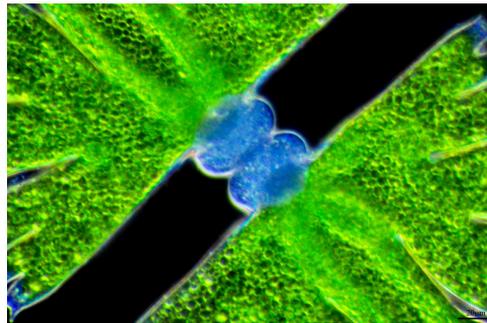
Digestión de algas en el tardígrado *Macrobiotus*



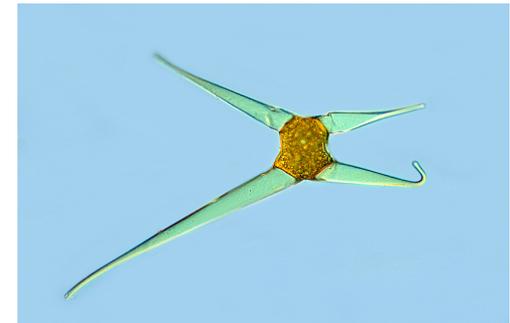
Defensa del ciliado *Frontonia*: tricocistos



Proceso de reproducción (conjugación) en *Paramecium*



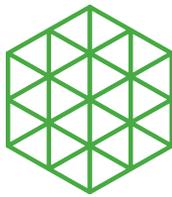
Reproducción asexual, bipartición, en *Micrasterias*



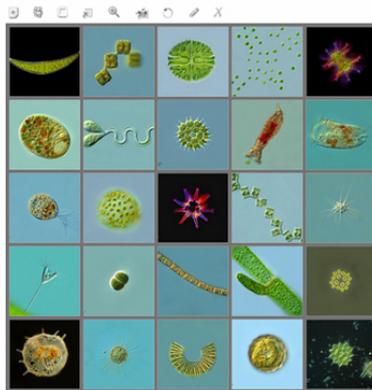
Reproducción sexual, conjugación, en *Closterium*

La observación de todos estos seres nos ha permitido conocer cómo y de qué se alimentan, de qué manera se defienden o interaccionan con su medio y también cómo se reproducen

# Resultados: Difusión del trabajo



## HOY CUMPLE UN AÑO. ¡GRACIAS A TODOS!



Mañana hará un año. Poblada de seres minúsculos y extraordinarios, hemos procurado a través de todo este tiempo ir mostrando en esta galería la fascinante vida que se puede encontrar en tan sólo una gota de agua. Un año lleno de sorpresas, de satisfacciones y de encuentros y no sólo con los seres del agua, sino con todas aquellas personas que en un momento u otro, han compartido con nosotros estos pequeños descubrimientos. Por ello queremos dedicar a quienes nos han elegido como contacto, a nuestros amigos y a todos aquellos que pasan o han pasado por aquí, nuestra galería, para todos ellos nuestras gracias y nuestro homenaje en el día que celebramos nuestro primer año de vida. ¡GRACIAS!

Comparte esto

Cargado el 21 de abril, 2009 por PROYECTO AGUA™ /™ WATER PROJECT

### Galería de PROYECTO AGUA™ /™ WATER PROJECT



Esta foto también pertenece a:

#### OTRAS IMÁGENES (Álbum)

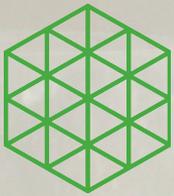


- Microscopy (Mural) x
- Microcosmos (Mural) x
- Cell Biology (Mural) x
- Field Guide : Microbes (Mural) x
- Algae (Mural) x
- A microscopic view of Pond life (Mural) x
- It's Not About You (Solo invitaciones) (Mural) x
- Flora Ibérica (Mural) x
- Microscopy of the Bioworld (Mural) x



A lo largo de varios años los trabajos que hemos venido realizando se han difundido de varias maneras. La página de "[Proyecto agua](#)", creada por nuestro profesor, recoge las imágenes de los microorganismos que hemos encontrado, junto con mucha información de interés. La participación en diferentes certámenes regionales para estudiantes, como "[Divulgaciencia](#)" o "[Jóvenes investigadores](#)" ha permitido mostrar a la sociedad parte de nuestro trabajo. La exposición fotográfica "La vida oculta del agua" también ha surgido en torno a este proyecto de trabajo.

## Resultados: Factores que pueden influir en el desarrollo



Hemos podido comprobar cómo en las muestras de agua sometidas a una temperatura de 35°C, la mayor parte de los microorganismos desaparecen exceptuando las bacterias.

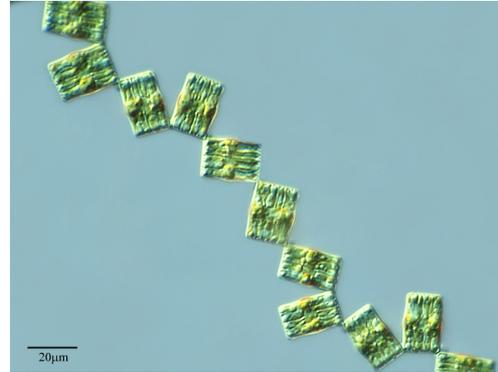
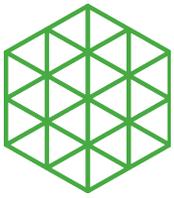
En las muestras mantenidas a 5°C, van desapareciendo progresivamente las bacterias, la mayor parte de las algas y muchos protozoos a excepción de algunos ciliados como *Spirostomum* o *Paramecium* que se reproducen activamente.

La oscuridad no parece afectar a corto plazo ni a los protozoos, ni a los organismos procariotas, incluso las algas verdes son capaces de sobrevivir durante varias semanas en ausencia de luz.

La presencia de glucosa en cantidades como las añadidas a las muestras parece inhibir el desarrollo de muchos microorganismos acuáticos que dejan de reproducirse o desaparecen.

La presencia en el agua de pequeñas concentraciones de sal no permite el desarrollo de la mayoría de los microorganismos, salvo el de algunas diatomeas y algunos ciliados de pequeño tamaño

# Resultados: Correlación factores/nivel de calidad. Aguas de nivel I



*Tabellaria*



*Actinosphaerium*



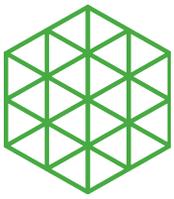
*Micrasterias*



*Phacus*

Las aguas de nivel I u oligosaprobias son aguas limpias, generalmente proceden de la fusión de los hielos de la montaña o de las cabeceras altas de los ríos. Son aguas pobres en nutrientes y por ello se desarrollan en ella organismos autótrofos fotosintetizadores, fundamentalmente algas de muy diferentes grupos y en especial, désmidos y algunas diatomeas

## Resultados: Correlación factores/nivel de calidad. Aguas de nivel II



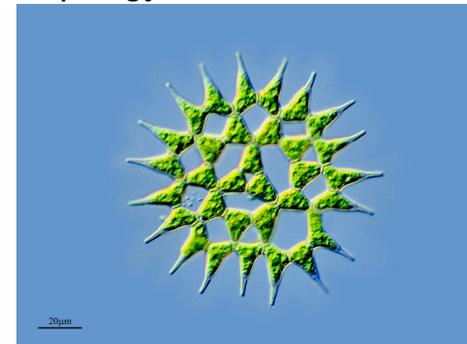
Las aguas de nivel II o mesosaprobias B son aguas limpias que generalmente se encuentran en el curso medio de los ríos, se trata de aguas oxigenadas con un pequeño aporte de materia orgánica, en este tipo de aguas se desarrollan tanto seres autótrofos como heterótrofos de una gran diversidad, entre los que se encuentran diferentes tipos de protozoos, algas verdes, rotíferos, tardígrados, cladóceros, ostrácodos, etc.



*Philodina*

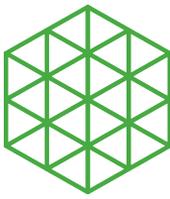


*Spirogyra*



*Pediastrum*

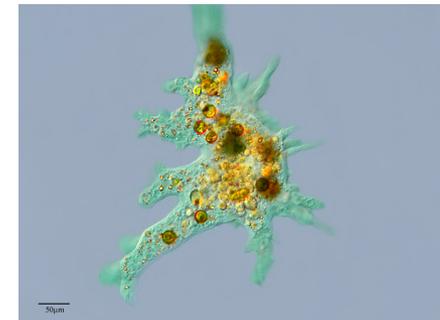
## Resultados: Correlación factores/nivel de calidad. Aguas de nivel III



Las aguas de nivel III o mesosaprobias A se caracterizan por presentar unos porcentajes medios de materia orgánica en disolución, esto hace que sean un idóneo caldo de cultivo para muchos microorganismos heterótrofos de vida saprófita, que conviven también con otros fotosintéticos. La proliferación de todos estos microorganismos hace que se consuma buena parte del oxígeno disuelto. Ciliados como *Paramecium* o *Spirostomum*, rizópodos como *Amoeba* o flagelados como *Euglena*, constituyen algunos de los bioindicadores característicos de las aguas de este nivel.



*Paramecium*

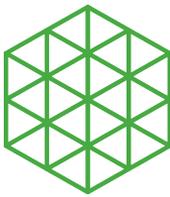


*Amoeba*



*Euglena*

## Resultados: Correlación factores/nivel de calidad. Aguas de nivel IV



Las aguas de nivel IV o polisaprobias contienen una gran cantidad de materia orgánica en disolución, consecuencia de este hecho es la considerable disminución del oxígeno disuelto en ellas. Generalmente se trata de aguas estancadas, no aptas para ningún tipo de uso humano y presentan gran cantidad de bacterias y cianobacterias y algunos protozoos, fundamentalmente ciliados que pueden vivir en condiciones prácticamente anóxicas.



*Lacrymaria*

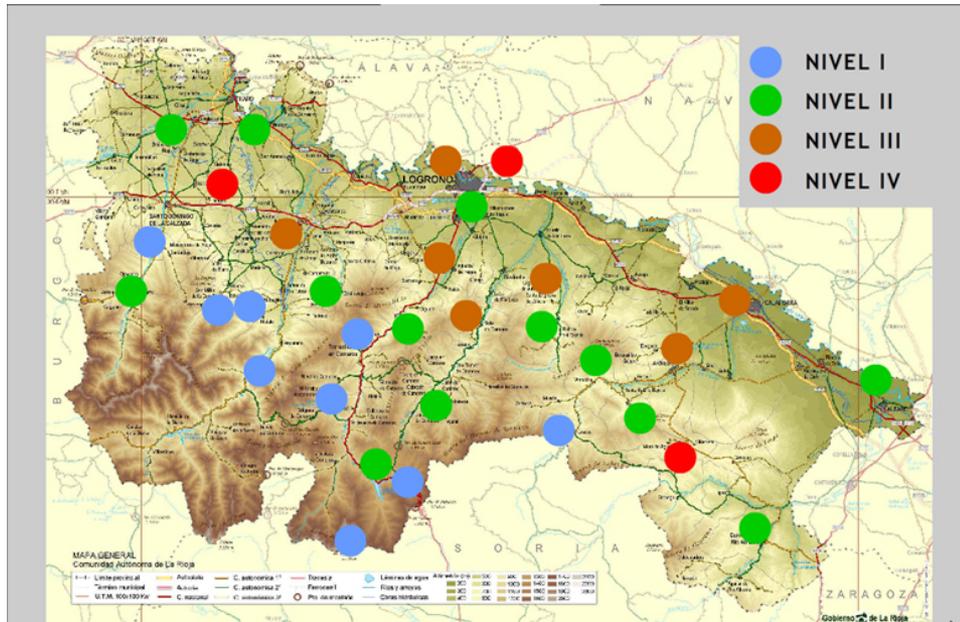
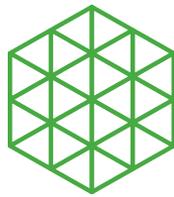


*Oscillatoria*



*Loxophyllum*

# Resultados: Correlación entre microorganismos y calidad del agua



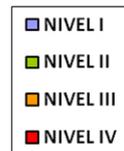
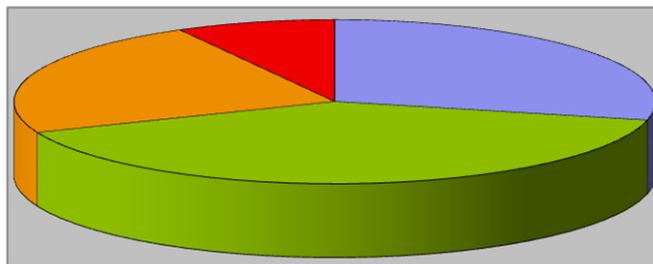
Resultados finales de nivel calidad de las aguas de los lugares muestreados en función de los organismos bioindicadores presentes en ellas:

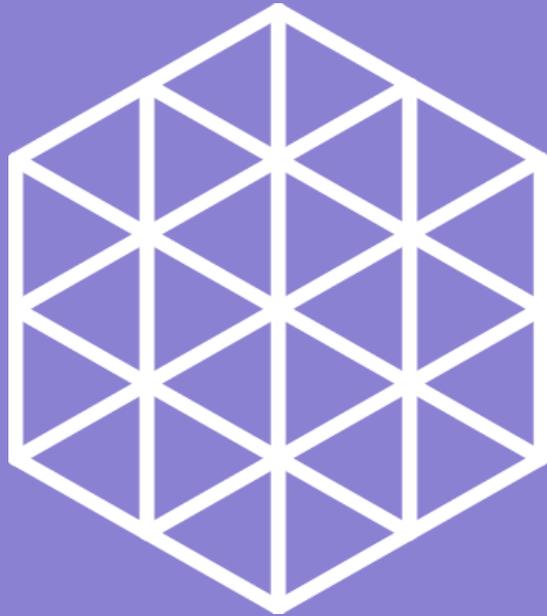
Aguas de Nivel I (limpias): 22%

Aguas de Nivel II (ligeramente contaminadas): 39%

Aguas de Nivel III (contaminadas): 10%

Aguas de Nivel IV (muy contaminadas): 8%

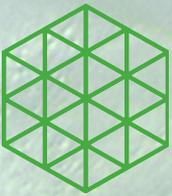




# Conclusiones



# Conclusiones



Y en cuanto a las conclusiones a las que hemos llegado cabría destacar que:

1º- Los ecosistemas acuáticos son extraordinariamente diversos, pero también muy sensibles.

2º- De los microorganismos acuáticos depende la vida de numerosos seres vivos, influyen en la composición de la Atmósfera y de ellos también depende nuestra calidad de vida.

3º- Los ecosistemas acuáticos evolucionan con mucha rapidez y constituyen un buen modelo para conocer cómo pueden funcionar otros que sí son visibles a nuestros ojos.

4º- Conociendo los organismos microscópicos que viven en el agua es posible determinar su calidad y sus posibles usos



# Fuentes de documentación



Google  
Science  
Fair 2012

# Referencias bibliográficas



- BELLINGER, EDWARD y SIGEE, DAVID D. 2010** Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators.
- BOURRELLY, P.** (1957-1970). Les algues d'eau douce. Vol I,II, III. N. Boubee & Cie. France
- COLL MORALES, JULIO.** 1993. Experimentos con el microscopio. Omega.
- CHAPMANN, D.** (1996) Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. UNESCO, WHO, UNEP. E + FNSPON. London
- HELAWELL, J.M.** 1986. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management.
- JAHN, T., L., BOVEE, C. y JAHN, F.** 1949. How to know the protozoa. Mc.Graw-Hill.
- KOLKWITZ R. y MARSSON M.** 1902. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasserreinig. 1: 33-72.
- KUDO, RICHARD, R.** 1966. Protozoology. Thomas Books
- LIEBMANN, H.,** 1962. Handbuch der Frischwasser-und Abwasser biologie.
- MARGALEF, R.** 1955. Los Organismos indicadores en la limnología. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- NACHTIGALL, WERNER,** 1997. Microscopía. Omega.
- NEEDHAM, J.G. y NEEDHAM, P.R.** 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de aguas dulces. Reverté
- PATTERSON, D., J.** 2003. Free-Living Freshwater Protozoa. Masson.
- PRESCOT, HARLEY Y KLEIN.** 2002. Microbiología. Mc.Graw-Hill.
- STREBLE, HEINZ y KRAUTER, DIETER,** 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Omega
- VV. AA.** 1973 La vida microscópica. Salvat
- WEHR, J.D y SHEATH, G** (2003). Freshwater algae of North America. Academic Press. NY.



## Referencias en la web

<http://www.flickr.com/photos/microagua/> (Galería creada a partir de las fotografías obtenidas a partir de nuestras muestras)

<http://protist.i.hosei.ac.jp/index.html> (Excelente base de datos de protistas)

<http://ceratium.ietc.wvu.edu/IWS2> (Claves de determinación)

<http://megasun.bch.umontreal.ca/protists/gallery.html> (Galería de imágenes de protistas ordenadas taxonómicamente)

[http://www.protisten.de/english/english\\_index.html](http://www.protisten.de/english/english_index.html) (Galería de imágenes de protistas ordenadas taxonómicamente)

<http://www.nhm.ac.uk/jdsml/researchcuration/research/projects/protistvideo/index.dsml> (Colección de clips de vídeo sobre protistas)

<http://www.cyanosite.bio.purdue.edu/images/images.html><http://www.keweenawalgae.mtu.edu/index.htm> (Base de datos sobre cianobacterias)

<http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/> (Base de datos sobre algas)

<http://www.psaalgae.org/website/resources/links.html> (Base de datos sobre algas)

<http://www.fytoplankton.cz/fytoatlas.php> (Base de datos sobre algas)

[http://aspen.conncoll.edu/SiverWeb/LucidKeys/Carolina32\\_Key.html](http://aspen.conncoll.edu/SiverWeb/LucidKeys/Carolina32_Key.html)<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/taxonomy.jsp?TaxId=T> ((Claves de determinación de diatomeas) <http://tolweb.org/Euglenida/97461> (Taxonomía de Euglenas)

<http://www.peritrich.de/Ciliata/index.htm> (Base de datos sobre ciliados)

<http://devbio.umesci.maine.edu/styler/turbellaria/turbella.php> (Información sobre turbelarios)

<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/Rotatoria/TL5RotMonPloi1.html> (Información y base de datos sobre rotíferos)

<http://www.tardigrades.de/links.htm> (Información y base de datos sobre tardígrados)

<http://www.tardigrades.com/> (Información y base de datos sobre tardígrados)

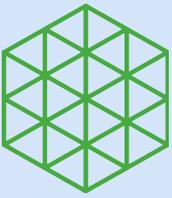


# Agradecimientos



Google  
Science  
Fair 2012

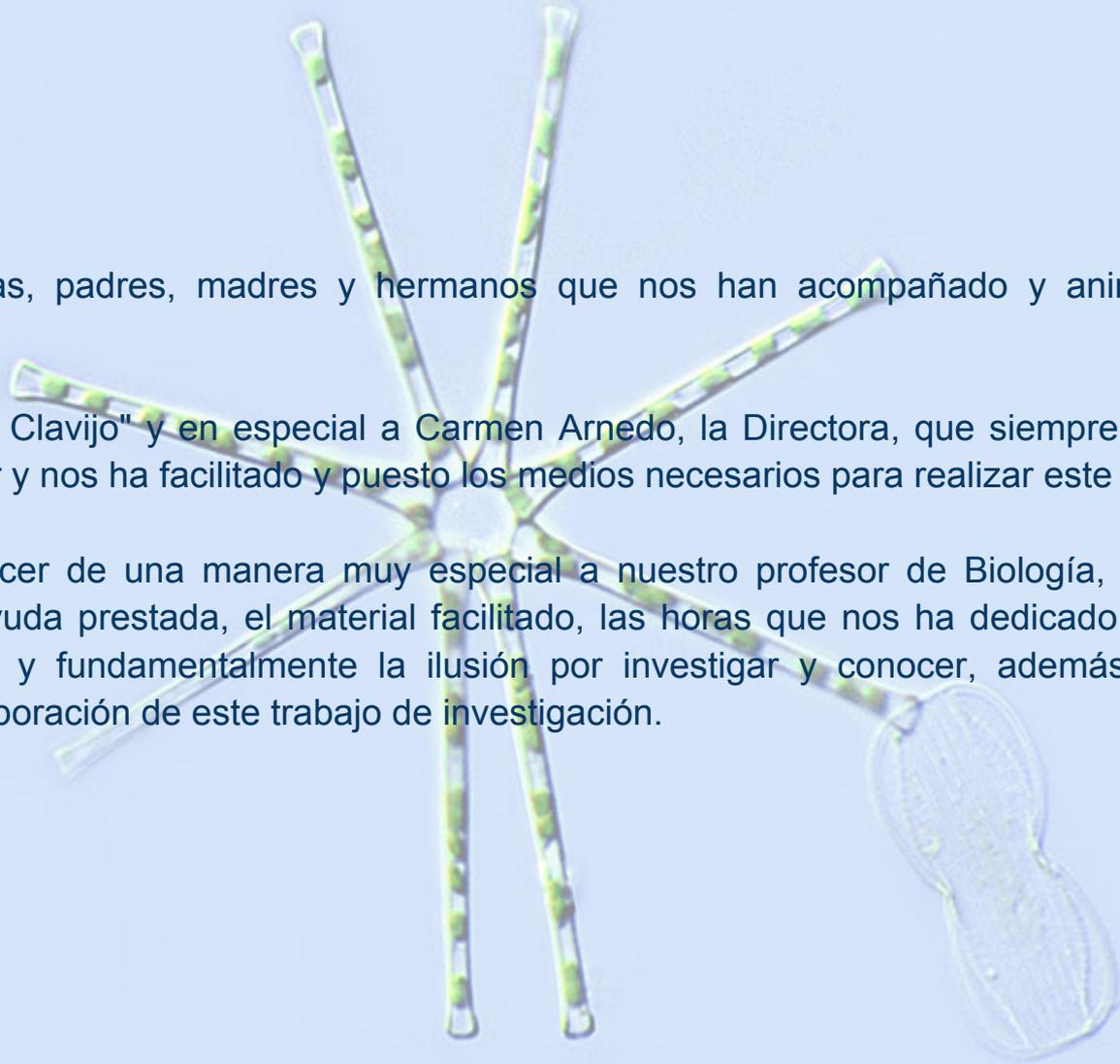
# Agradecimientos



A nuestras familias, padres, madres y hermanos que nos han acompañado y animado a trabajar

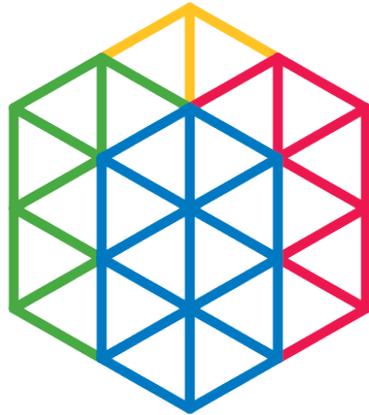
Al IES "Batalla de Clavijo" y en especial a Carmen Arnedo, la Directora, que siempre nos ha animado a trabajar y nos ha facilitado y puesto los medios necesarios para realizar este trabajo.

Queremos agradecer de una manera muy especial a nuestro profesor de Biología, Antonio Guillén, toda la ayuda prestada, el material facilitado, las horas que nos ha dedicado, lo que nos ha enseñado y fundamentalmente la ilusión por investigar y conocer, además de su dirección en la elaboración de este trabajo de investigación.



20µm

¡ Gracias !  
Thank you !



Google  
Science  
Fair 2012