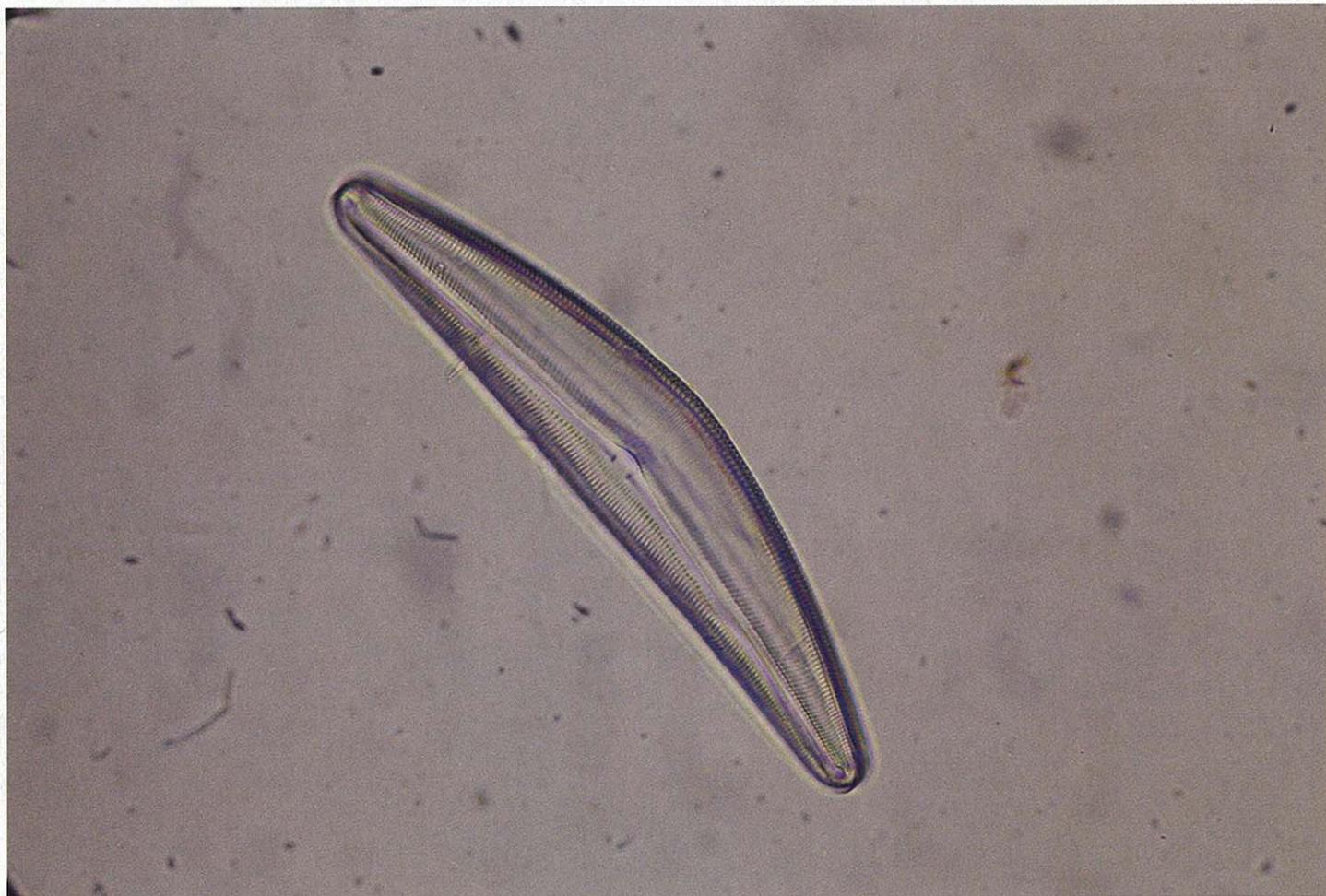


Pequeñas integrantes del fitoplancton, sus restos forman grandes depósitos silíceos

# Usos industriales de las algas diatomeas



Las diatomeas son algas microscópicas que habitan tanto en aguas dulces como marinas. Aparte de su destacado papel en la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos, con el tiempo forman depósitos a los que el hombre ha encontrado abundantes aplicaciones prácticas.

Texto: Carlos Illana.

Fotos: María Natividad Blanco y Carlos Illana ■

▲ Fotografía al microscopio de una diatomea pennada, perteneciente al grupo con simetría bilateral.

**H**ace millones de años, las cubiertas silíceas de las diatomeas que habían vivido en ciertas masas de agua se fueron sedimentando al morir y dieron lugar a grandes depósitos que han aflorado posteriormente y hoy se conocen como “tierra de diatomeas”, “diatomita” o *kieselguhr*. Con el nombre de “tripolita” se conoce a la diatomita procedente de Trípoli (Libia) y *moler* es una variedad de Dina-

marca que contiene impurezas, en concreto un 30% de arcillas. Pero no hay que confundir a la tripolita con una roca sedimentaria denominada “trípoli”, formada por la descomposición de calizas silíceas (1). Otro error frecuente es referirse a la tierra de diatomeas como “tierra de infusorios”.

Estados Unidos es el mayor productor y consumidor mundial de diatomita. En 2005 extrajo 653.000 toneladas de varias explotaciones, de las que aproximadamente 142.000 fueron exportadas (2). Los mayores depósitos de tierra de diatomeas están situados en Lompoc (California) y son explotados por la empresa Celite Corpora-

tion. El segundo productor mundial es China, que en el mismo año 2005 extrajo 410.000 toneladas. La producción mundial aproximada de diatomita en 2005 fue de 2.000.000 de toneladas y las reservas mundiales se estiman en 1.000 millones de toneladas, una cuarta parte de las cuales se encuentra en Estados Unidos (2).

En cuanto a España, toda la producción de diatomita procede de la provincia de Albacete y se obtiene a través de dos concesiones. La primera empresa concesionaria es Rosa y San Manuel, radicada en El Campillo (Elche de la Sierra), aunque los depósitos son explotados por Celite Hispánica, filial de la norteamericana Celite Corporation. Esta firma es capaz de producir 30.000 toneladas anuales de diatomita de alta calidad y comercializa las marcas Celite, Primsil y Kenite.

La segunda empresa es Española de Kieselgur (CEKESA), que explota la concesión Tío Lucas en El Cenajo (Hellín). Tiene una capacidad de producción de unas 12.000 toneladas anuales y ofrece diatomita de tres calidades. La producción conjunta española en el año 2005 fue estimada en unas 35.000 toneladas.

### Explosivos y materiales de construcción

Los griegos fueron de los primeros en encontrar una aplicación práctica a la tierra de diatomeas, con la que fabricaban ladrillos de poco peso destinados a la construcción (2). En el año 535 después de Cristo se usaron bloques de diatomita para levantar la cúpula de la basílica de Santa Sofía, en la actual ciudad de Estambul (Turquía). A partir de 1800, bloques y ladrillos de diatomita empezaron a usarse como material aislante de las altas temperaturas (1). Actualmente se utiliza como una pulzolana natural (material rico en sílice procedente de erupciones volcánicas y rocas sedimentarias) para fabricar el cemento Portland y ciertos materiales de construcción aislantes, tanto térmicos como acústicos.

Pero quizá la aplicación más conocida de la tierra de diatomeas sea como componente de la dinamita. En 1867 Alfred Nobel inventó la dinamita al mezclar nitroglicerina líquida, un explosivo muy inestable, con tierra de diatomeas, que actuaba como absorbente y estabilizador, lo que permitía transportarla con facilidad. Su invento fue aplicado sobre todo en el sector de la minería y para abrir túneles.

### Un eficaz filtro

Una de las aplicaciones más habituales de la tierra de diatomeas consiste en aprovechar su alta capacidad filtrante. Los mejores filtros de piscinas contienen este producto, capaz de retener partículas muy finas (de 3 a 5 micras) y de eliminar bacterias y otros microorganismos del agua. El filtrado es tan fino que el agua queda totalmente clara, sin materia en suspensión visible.

También se fabrican filtros con tierra de diatomeas para los acuarios, unos dispositivos especialmente útiles para evitar agentes infecciosos y parásitos a los peces. En cualquier caso, el uso con-

## ¿QUÉ SON LAS ALGAS DIATOMEAS?

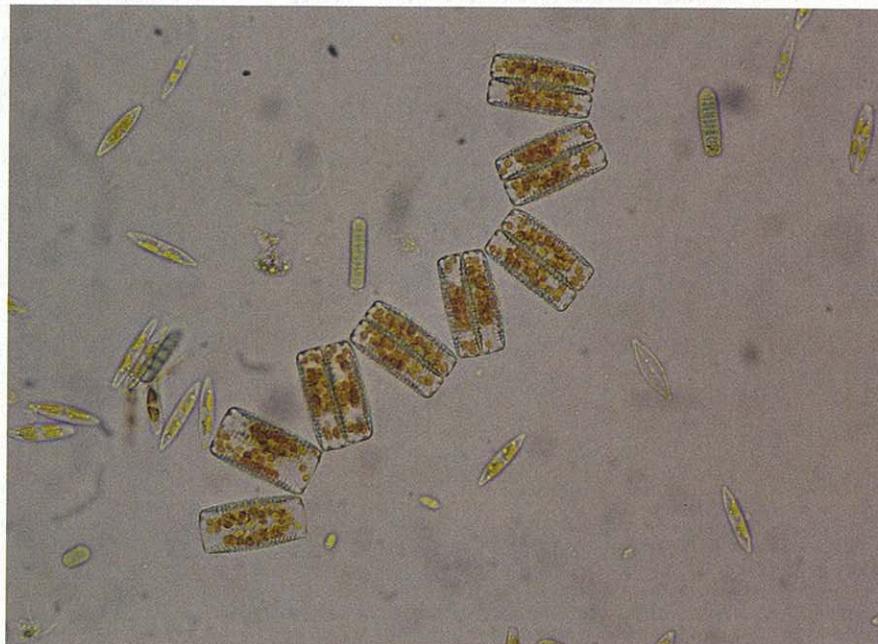
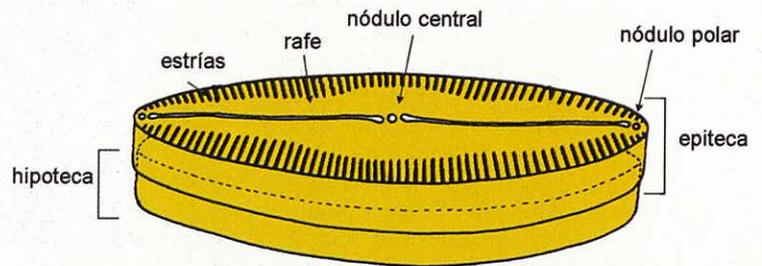
Las algas diatomeas pertenecen a la familia *Bacillariophyceae*, incluida en la división *Heterokontophyta*, y hasta la fecha se han descrito unas 100.000 especies, tanto fósiles como vivientes. Son organismos microscópicos y unicelulares que poseen una cubierta formada por sílice ( $\text{SiO}_2$ ) llamada "frústulo". El frústulo está constituido por dos partes que encajan como una placa de Petri: la "epiteca", que es la superior y actúa como tapa, y la "hipoteca" que es la inferior.

Las diatomeas pueden presentarse individualmente o en forma de agregados laxos denominados "cenobios". Morfológicamente, las diatomeas se dividen en dos tipos según su simetría: las "pennadas" con simetría bilateral y las "céntricas" con simetría central.

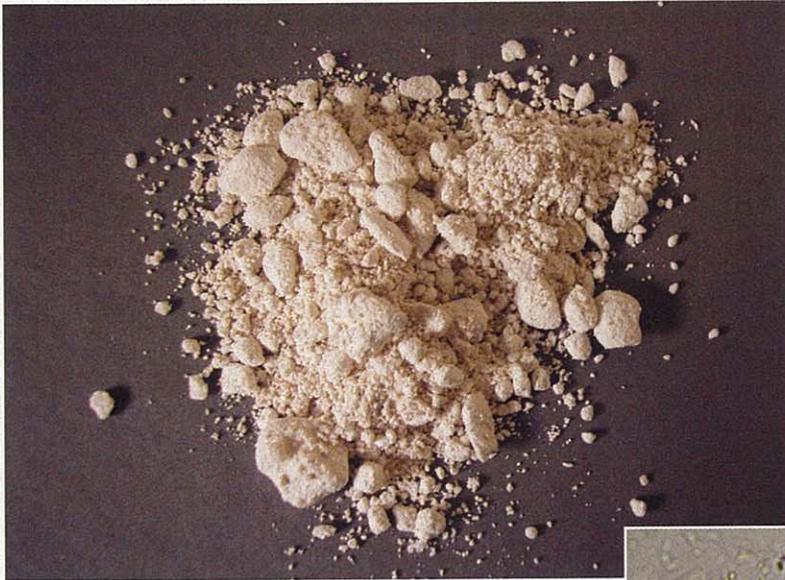
La superficie de cada frústulo (valva) puede estar ornamentada con poros y perforaciones. En las diatomeas pennadas, la zona central está recorrida de lado a lado por una fisura longitudinal llamada "rafe", que conecta con el nódulo central y los dos nódulos polares.

Las diatomeas pueden encontrarse en muchos medios acuáticos, ya sean de agua dulce o salada. Aparecen flotando libremente como componentes del fitoplancton y también sobre superficies húmedas (muros de piedra, paredes de invernaderos) e incluso como epifitas, sobre otras algas. También están presentes en el barro, el hielo y hasta en algunas vísceras (hígado y riñón) del organismo humano (18).

Las diatomeas son responsables del 25% del carbono inorgánico que se fija cada año en el océano (19) y una gran población de estas algas vive en las aguas heladas que rodean la Antártida. Fijan el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por fotosíntesis, quizá en mayor cantidad que los bosques tropicales. Junto a otros destacados componentes del fitoplancton, como haptófitos y criptófitos, las diatomeas forman parte de la dieta principal del krill, pequeños crustáceos que viven en las aguas antárticas. Las diferentes especies de krill son organismos clave en la cadena trófica, pues constituyen la fuente de alimentación de peces, ballenas y aves, de ahí la importancia de las diatomeas en el ecosistema marino.



◀ Un agregado de diatomeas, conocido vulgarmente con el nombre de "cenobio", procedente de una muestra de agua tomada en el río Henares (Madrid).



▲ Sobre estas líneas, un puñado de tierra de diatomeas, compuesta por diminutas algas fósiles procedentes de un depósito marino. A la derecha, vista al microscopio de este mismo producto en la que pueden apreciarse las cubiertas (frústulos), completas o en fragmentos, de varias especies, unas céntricas y otras pennadas o bilaterales.

tinuado de este tipo de filtros es desaconsejable debido a que elimina del agua cualquier nutriente necesario para los habitantes del acuario.

La industria alimentaria también recurre a los filtros de tierra de diatomeas. Por ejemplo, para obtener un grado específico de claridad y retrasar el proceso natural de turbidez en la fabricación de la cerveza (3). También se usan para procesar vino, mostos, zumos de frutas, aceites comestibles, agua, licores y productos farmacéuticos.

Un ejemplo es el filtro Polygard CE de Millipore. Se trata de un filtro plegado compuesto por fibra de vidrio y un sustrato inorgánico compuesto por tierra de diatomeas y polipropileno. Se usa en la industria del vino y en algunas plantas de agua embotellada cuando la eliminación de las partículas coloidales es un problema.

No obstante, en la industria cervecera empiezan a plantearse alternativas, ya que este tipo de filtrado genera grandes cantidades de diatomeas contaminadas.

### Otras aplicaciones industriales

Debido a la composición silíceica del frústulo de las diatomeas, la diatomita también puede usarse como abrasivo y fueron de nuevo los griegos los primeros en darle esta aplicación. Actualmente se emplea en productos para pulir metales (4). A finales del siglo XIX, la tierra de diatomeas formó parte de un tipo de pasta de dientes comercializada en Estados Unidos: Van Buskirk's Fragrant Sozodont. Su lema era "Good for bad teeth, not bad for good teeth". Actualmente no conocemos ninguna marca de dentífrico que use diatomeas en su composición, ya que son demasia-

► Folleto publicitario del dentífrico Fragrant Sozodont, comercializado en Estados Unidos a finales del siglo XIX y que contenía tierra de diatomeas como agente abrasivo.

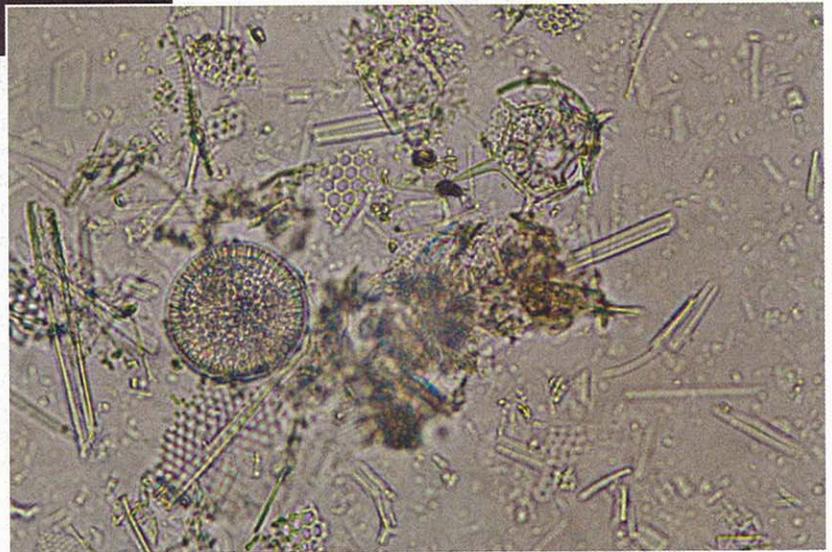
do abrasivas para la dentadura y llegan a eliminar el esmalte dental (5).

En cosmética, muchas cremas exfoliantes (Darphin Hydrorelax, Valmont, Boréade Scrub Facial, Carita Force Mineral) contienen finas partículas de diatomeas que eliminan las células muertas y las impurezas de la piel.

Además, el carácter absorbente de la diatomita es aprovechado para eliminar vertidos industriales y como sustrato para los excrementos de los gatos y otras mascotas. Incluso puede usarse para fabricar cierto tipo de pinturas antideslizantes e ignífugas, destinadas a señalar carreteras.

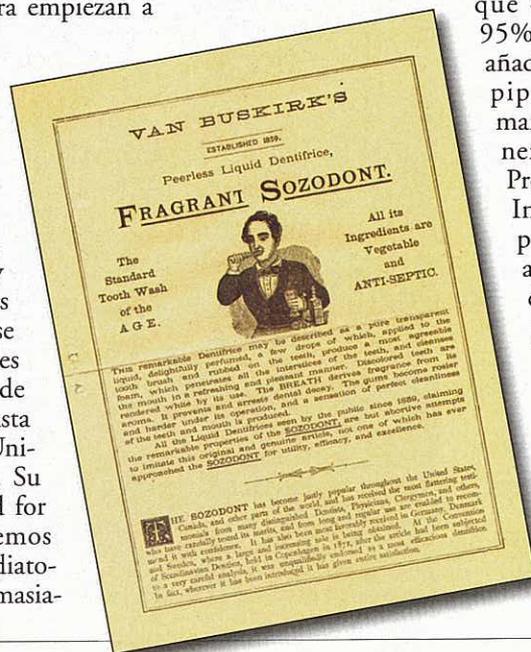
### Un insecticida natural

Dado que los insecticidas químicos acarrear graves problemas ambientales, en algunos países, como Estados Unidos y Canadá, se comercializan insecticidas naturales



que no producen daños ni al hombre ni al medio. Estos productos tienen como componente principal la tierra de diatomeas, en un porcentaje que oscila entre el 85% y el 95%. En algunos casos se les añade piretrinas y butóxido de piperonilo (PBO). Algunas marcas comerciales que contienen tierra de diatomeas son Protect-It, Insecolo, Diatect o Insecta-Kill, aplicados para proteger tanto productos agrícolas almacenados (principalmente cereales) como plantas ornamentales en casas y jardines.

El producto actúa mecánicamente y no por ingestión. Se deposita sobre la cubierta externa del insecto, rompe la capa gracias a su poder abrasivo y le causa la muerte por deshidratación. Suele



aplicarse como polvo seco, aunque también se mezcla con agua para pulverizarlo, y tiene un periodo de eficacia que oscila entre los 15 minutos y las 48 horas, según el tamaño del insecto. No obstante, hay que tener cuidado al manejar la tierra de diatomeas en polvo, ya que cabe la posibilidad de inhalarla y puede producir efectos alérgicos.

En España se ha usado recientemente la tierra de diatomeas para controlar una plaga del gorgojo *Sitophilus zeamais*, especialista en atacar los almacenes de maíz (6). Previamente, en México se habían evaluado siete productos inertes para controlar este mismo insecto y la tierra de diatomeas fue la que obtuvo los mejores resultados, con una tasa de mortalidad de hasta el 98'8% y sin afectar de forma significativa al poder germinativo de las semillas (7).

También sirve para eliminar las plagas de las plantas ornamentales, para lo que es preciso diluir la tierra de diatomeas en el agua de riego, e incluso es un remedio eficaz para luchar contra los parásitos externos de los animales domésticos, pues basta con aplicarla en polvo seco directamente sobre el pelo del animal y sobre los lugares donde suele dormir. En Argentina se utiliza con éxito un producto compuesto de diatomeas y una pequeña dosis de piretrinas para eliminar piojos y liendres del pelo de los niños.

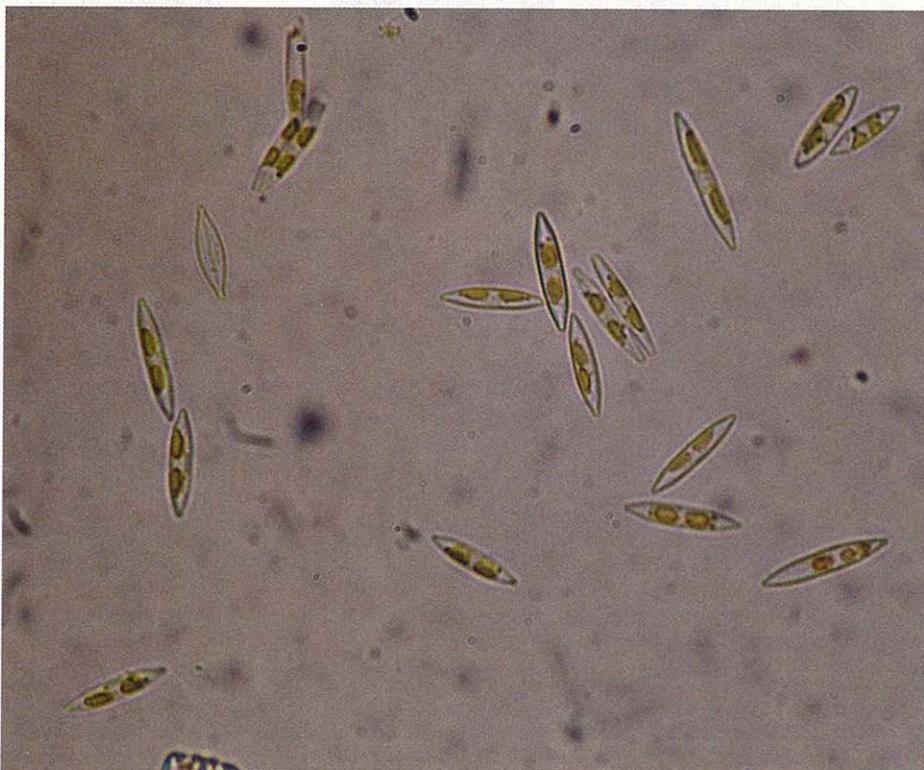
### La prueba de las diatomeas

La prueba o "test" de las diatomeas es un procedimiento de laboratorio usado en medicina forense para detectar los casos de ahogamiento, ya que su presencia en ciertos órganos y en la médula ósea orienta sobre la causa del fallecimiento (8). Además, una vez identificadas las diatomeas es posible comprobar si coinciden con las especies presentes en el agua donde fue hallado el cadáver. El principio fundamental es que las diatomeas penetran en el organismo junto al agua y se distribu-



yen por el sistema alveolar y la corriente sanguínea, hasta depositarse en la médula ósea del fémur o en órganos como los pulmones, el hígado, los riñones o el cerebro (9). En el 90% de los casos las muestras de diatomeas coinciden y revelan el lugar donde se produjo el ahogamiento (8). Las muertes por ahogamiento pueden deberse a accidentes, suicidios o asesinatos, pero es en este último

▲ Diatomeas presentes en una muestra de agua recogida en una fuente del parque O'Donnell (Alcalá de Henares, Madrid).



◀ Varias diatomeas fusiformes encontradas en una muestra de agua procedente del río Henares (Madrid).

“...estas pequeñas algas son buenos indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que responden rápidamente a los cambios que se producen en el medio...”

► Diferentes especies de algas diatomeas obtenidas en una muestra de agua del río Henares a su paso por la localidad de Alcalá (Madrid).

▼ Ilustración sobre la diversidad de las algas diatomeas procedente de un libro de Romualdo González Frago titulado *Historia Natural. Vida de los animales, de las plantas y de la Tierra* (Tomo III: Botánica), publicado por el Instituto Gallach de Barcelona en 1926.

caso cuando la aplicación del test de las diatomeas puede esclarecer las circunstancias de un crimen.

Por otra parte, a la hora de establecer las características de los hábitats acuáticos relacionados con una muerte, además de un estudio cualitativo del número de especies es necesario tener también en cuenta los aspectos cuantitativos. Por ejemplo, la dinámica de una población de diatomeas encontrada en los tejidos de un cuerpo puede indicar el tiempo que lleva sumergido (10).

### Nanotecnología

Investigadores del Instituto de Tecnología de Georgia (Atlanta) han fabricado componentes electrónicos de silicio puro obtenido a partir de frústulos de diatomeas del género *Aulacoseira*. Los pequeños orificios (nanométricos) del frústulo de las diatomeas pueden ser particularmente útiles para fabricar sensores de gases capaces de detectar cantidades muy pequeñas. Otros usos potenciales tienen que ver con aplicaciones que requieren el uso de fotoluminiscencia, ya que estos componentes pueden emitir luz (11), e incluso tienen su utilidad como bio-



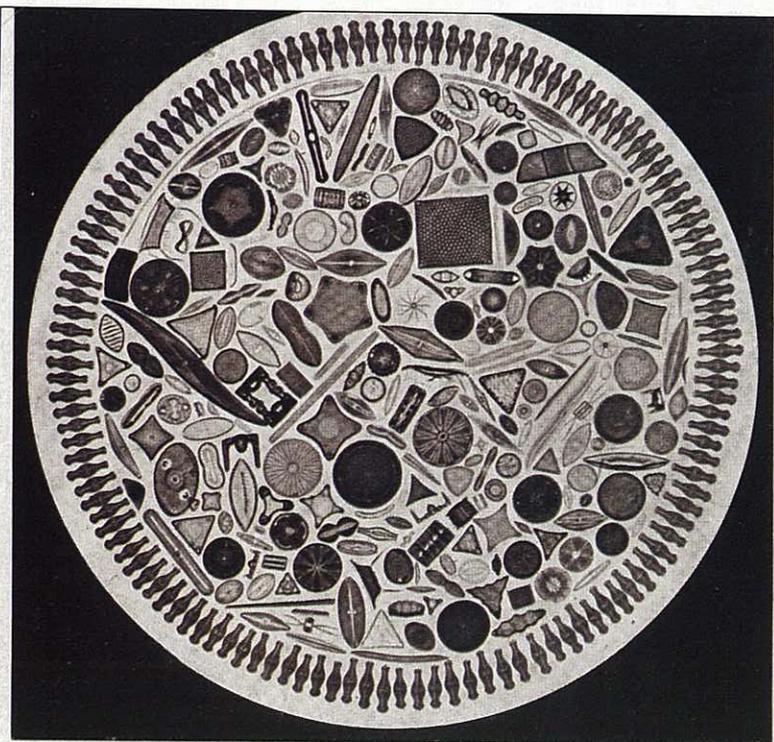
sensores (12). También son interesantes como modelos para la industria automovilística y aeroespacial cuando se pretenden conseguir estructuras que pesen poco y sean resistentes (13).

Antes ya habíamos señalado la capacidad filtradora de las diatomeas. Pues bien, los frústulos también tienen un uso potencial a la hora de producir nanomateriales de diámetro constante (12).

Una novedosa aplicación de las diatomeas en medicina es usar los frústulos magnetizados para introducir sustancias en el organismo, tales como medicinas, vacunas o isótopos radiactivos dirigidos a tejidos cancerosos (14). La revista estadounidense *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* publicó en el año 2005 un número monográfico dedicado a la nanotecnología con diatomeas y actualmente los Sandia National Laboratories, dependientes del gobierno de Estados Unidos, financian un proyecto titulado *Diatoms as molecular architects*.

### Bioindicadores

El empleo de las diatomeas vivas como indicadores ecológicos de la calidad del agua está avalado por decenas de estudios en Europa. En efecto, estas pequeñas algas son buenos indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que responden rápidamente a los cambios que se producen en el medio, ya sean físicos, químicos o biológicos (15). En nuestro país se han muestreado ya las diatomeas de piedras y rocas en algunos ríos peninsulares, pero aún se ha prestado poca atención a las que habitan en lagunas y humedales (16). Por último, algunos géneros de diatomeas, como *Chaetoceros*, *Skeletonema* y *Thalas-*



### AGRUPACIÓN DE 415 FORMAS DE DIATOMÁCEAS

Las diatomáceas son algas unicelulares provistas de caparazones silíceos de bellísimas formas y extrema finura. De su tamaño sumamente pequeño puede dar cabal idea esta admirable preparación microscópica en la que se han reunido gran número de géneros y especies

Preparación y microfotografía del Prof. D. Ernesto Caballero

*siosira*, se cultivan a escala industrial para alimentar larvas de moluscos bivalvos y crustáceos en explotaciones de acuicultura (17). ☞

## Bibliografía

- (1) **Antonides, L.E. (1998).** *Diatomite, 1998*. US Geological Survey, Lakewood (Colorado).
- (2) **Founie, A. (2005).** *Diatomite, 2005*. US Geological Survey, Lakewood (Colorado).
- (3) **Canales, C. (2005).** *Guía de mejores técnicas disponibles en España en el sector cervicero*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- (4) **Lee, R.E. (1999).** *Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- (5) **Clark, M. (2004).** Protecting the trail and the teeth. *Kansas Preservation*, 26: 13-14.
- (6) **Mazzuferi, V.E. y otros autores (2006).** Efectividad y persistencia de la tierra de diatomeas en el control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en semillas de maíz y su incidencia sobre la calidad. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 32: 363-371.
- (7) **Silva-Aguayo, G. y otros autores (2004).** Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. *Agrociencia*, 38: 529-536.
- (8) **Pollanen, M.S. (1998).** Diatoms and homicide. *Forensic Science International*, 91: 29-34.
- (9) **Sibón, A. y otros autores (2005).** Síndrome de asfixia sumersión. *Cuadernos de Medicina Forense*, 11: 229-233.
- (10) **Casamatta, D.A. y Verb, R.G. (2000).** Algal colonization of submerged carcasses in a mid-order woodland stream. *Journal of Forensic Sciences*, 45: 1.280-1.285.
- (11) **Bao, Z. y otros autores (2007).** Chemical reduction of three-dimensional silica micro-assemblies into microporous silicon replicas. *Nature*, 446: 172-175.
- (12) **Parkinson, J. y Gordon, R. (1999).** Beyond micromaching: the potential of diatoms. *Trends in Biotechnology*, 17: 190-196.
- (13) **Bradbury, J. (2004).** Nature's nanotechnologists: unveiling the secrets of diatoms. *Plasbiology*, 2: 1.512-1.515.
- (14) **Wee, K.M. y otros autores (2005).** Engineering and medical applications of diatoms. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 5: 88-91.
- (15) **Trobajo, R. (2005).** La directiva marco del agua y las diatomeas como indicadoras de los humedales mediterráneos. *Algas*, número especial (bioindicadores y monitorización): 47-50.
- (16) **Bianco, S.; Ector, L. y Bécares, E. (2005).** Muestreo de fitobentos en ríos, lagos y humedales. *Algas*, número especial (bioindicadores y monitorización): 41-47.
- (17) **De Pauw, N. y Persoone, G. (1988).** Micro-algae for aquaculture. En *Micro-algal biotechnology*, 197-221. M.A. Borowitzka y L.J. Borowitzka. Cambridge University Press, Cambridge.
- (18) **Bold, H.C.; Alexopoulos, C.J. y Delevoryas, T. (1989).** *Morfología de las plantas y los hongos*. Omega, Barcelona.
- (19) **Granum, E.; Raven, J.A. y Leegoog, R.C. (2005).** How do marine diatoms fix 10 billion tonnes of inorganic carbon per year? *Canadian Journal of Botany*, 83: 898-908.



◀ Carlos Illana junto a María Natividad Blanco, co-autora de las fotos, durante una campaña botánica con sus alumnos en el Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real).

**Carlos Illana Esteban** es profesor titular en la Universidad de Alcalá, donde imparte las asignaturas de Botánica General y Micología. De su trabajo docente procede el interés por los usos de las plantas sin flores (hongos, líquenes, algas, musgos y helechos). En cuanto a su línea de investigación, se interesa por la taxonomía de los hongos mixomicetos. Ha participado en distintos proyectos de investigación financiados por el Ministerio de Medio Ambiente sobre la diversidad de los hongos presentes en España, concretamente en los parques nacionales de Monfragüe (Cáceres) y Cabañeros (Ciudad Real), así como en la comarca extremeña de Las Villueras.

**Dirección de contacto:** Carlos Illana · Departamento de Biología Vegetal · Facultad de Biología (Edificio de Ciencias) · Universidad de Alcalá · Campus Universitario · 28871 Alcalá de Henares · Madrid · Correo electrónico: carlos.illana@uah.es

### HEMEROTECA

**Quercus 60**  
(febrero 1991)  
Ref. 5301060 / 3'90 €  
· Importancia ecológica  
y comercial de las plantas  
marinas en España.  
Francisco Conde.

Insertamos un boletín de pedidos en la página 77.

# deltanatura

Primera Feria Ornitológica y de Naturaleza  
DEL 16 AL 18 DE MAYO, DELTEBRE  
[www.deltebre.org/deltanatura](http://www.deltebre.org/deltanatura)

Visitas guiadas al Ecomuseo | Salidas fotográficas | Salidas ornitológicas  
| Charlas especializadas | Exposiciones fotográficas | Concurso de dibujo infantil y juvenil  
| Talleres infantiles | Talleres especializados | Audiovisuales | Muestra de actividades  
tradicionales | Subidas con globo aerostático

