

DIATOMEAS

Bioindicadoras de ambientes acuáticos

Carolina Vidal

Lic. en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.
Docente de Biología, Liceo N° 71, Educación Secundaria, ANEP.

Laura Pérez

Ms. en Geociencias, PEDECIBA-Facultad de Ciencias, Universidad de la República.
Asistente G° 2, Dpto. de Geociencias, Centro Universitario Regional Este (CURE),
Sede Rocha, Universidad de la República.
Grupo Oceanografía y Ecología Marina, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales,
Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

Felipe García Rodríguez

Dr. en Ciencias Biológicas, PEDECIBA-Facultad de Ciencias, Universidad de la República / DAAD, Alemania.
Profesor Agregado G° 4, Dpto. de Geociencias, Centro Universitario Regional Este (CURE),
Sede Rocha, Universidad de la República.
Grupo Oceanografía y Ecología Marina, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales,
Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

Prólogo de

Dr. Ricardo Ehrlich

Ministro de Educación y Cultura, Uruguay (2010-2015).
Prof. Titular de Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

DIRAC
Montevideo – Uruguay
2016

Vidal, Carolina

Diatomeas: bioindicadoras de ambientes acuáticos / Carolina Vidal, Laura Pérez, Felipe García Rodríguez – Montevideo : DIRAC, 2016.

92 p. : il., cuadros, fotos.

ISBN: 978-9974-0-1420-6

1. ALGAE 2. BACILLARIOPHYCEAE 3. BIOINDICADORES 4. MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO 5. CALIDAD DEL AGUA 6. CONTAMINACIÓN DEL AGUA 7. GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

I. Pérez, Laura II. García Rodríguez, Felipe III. Diatomeas: bioindicadoras de ambientes acuáticos

CDU 504.4.054

Los conceptos vertidos en los libros editados por la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República son de responsabilidad de sus autores. Su publicación no implica que sean compartidos por las mencionadas instituciones.



Edición y puesta en página: Gabriel Santoro

Diseño de tapas: Alejandro Crosa

Imagen de la tapa: diatomea *Triceratium favous* (dibujo de Laura Pérez)

Publicado por DIRAC – Facultad de Ciencias – Universidad de la República (Udelar)

Iguá 4225 – Montevideo 11400 – Uruguay

Tel.: (598) 2525 1711 – Fax: (598) 2525 8617

E-mail: dirac@fcien.edu.uy

© 2016 DIRAC – Facultad de Ciencias – Udelar

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO	9
PREFACIO	11
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Características generales	15
1.1.1. Tipos de colonias	20
1.2. Nutrición en diatomeas	21
1.3. Reproducción en diatomeas	21
1.3.1. Reproducción vegetativa	21
1.3.2. Reproducción gamética	23
1.4. Importancia socio-económica-ecosistémica	25
1.4.1. Uso industrial y doméstico	26
1.4.2. Uso en medicina forense	28
1.4.3. Marea roja	29
1.4.4. Las diatomeas como bioindicadoras ambientales	32
1.5. Metodología aplicada al análisis de diatomeas	37
1.5.1. Obtención de muestras	37
1.5.2. Tratamiento de las muestras	39
1.5.3. Armado de los preparados	40
1.6. Ambientes acuáticos de Uruguay	41
1.6.1. Lagunas	41
1.6.2. Bañados costeros	42
1.6.3. Ríos, arroyos y cañadas	42
1.6.4. Mar	44
1.7. Estudios de diatomeas en Uruguay	46

2. CASOS DE ESTUDIO	49
2.1. Impacto antrópico en la bahía de Montevideo y su impronta en la composición de diatomeas en sedimentos superficiales	51
2.2. Reconstrucción ambiental histórica en la bahía interna de Montevi- deo	55
3. LÁMINAS	61
AGRADECIMIENTOS	87
BIBLIOGRAFÍA	89

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Fotografías de distintas especies de diatomeas en microscopio electrónico de barrido (**A** y **B**) y en microscopio óptico (**C**, correspondientes a diatomeas coloniales). **A** y **C**: diatomeas céntricas; **B**: diatomea pennada 15
- Figura 1.2.** **A**: colonia epífita de *Climacosphenia moniligera* sobre alga roja *Procamium tel-fairiae* (tomada de <http://www.brphycsoc.org>). **B**: valva de *Climacosphenia* observada en microscopio óptico 16
- Figura 1.3.** Diatomea *Rhizosolenia* sp. mostrando simbiosis con cianobacteria *Richelia intracellularis*. Los simbiositos se ven como cortos filamentos oscuros cerca del ápice de la célula (flecha). Modificada de Zehr *et al.* (2000) 18
- Figura 1.4.** **A**: morfología general de un frústulo de diatomea. **B**: estructura básica de un frústulo de diatomea céntrica. **C**: estructura básica de un frústulo de diatomea pennada. Modificada de Al-Kandari *et al.* (2009) 18
- Figura 1.5.** Tabla geológica para los últimos 541 millones de años, indicando los momentos en los que surgen las diatomeas céntricas, arrafídeas y rafídeas. Ma = Millones de años 19
- Figura 1.6.** Cadena de *Paralia sulcata* (fotografía en microscopio óptico) 20
- Figura 1.7.** **A**: frústulo de diatomea donde puede apreciarse la presencia de dos valvas complementarias (en formación) en cada valva de la célula madre. **B**: una valva madre (epivalva) con la hipovalva complementaria que se ha formado. Fotografías en microscopio óptico que pertenecen a muestras de fitoplancton tomadas durante la travesía del velero “Rusalka of the Seas” en el marco del *Proyecto Clipperton* 22
- Figura 1.8.** Reproducción vegetativa o asexual de diatomeas. Se puede observar la reducción que ocurre en el tamaño del frústulo poblacional como consecuencia de la misma 22
- Figura 1.9.** Esporas del género *Chaetoceros*. Modificada de Ishii *et al.* 2011 24
- Figura 1.10.** Reproducción gamética en diatomeas. Modificada de http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri_eneews/newsletter/issue26/article1/chap4.htm 25
-

Figura 1.11. Basílica de Santa Sofía (Estambul, Turquía)	27
Figura 1.12. Fenómeno de marea roja en zona costera y algunas consecuencias para el hombre	29
Figura 1.13. Estructura química del ácido domoico	31
Figura 1.14. <i>Pseudo-nitzschia multiseriata</i> (Hasle); especie que desarrolla toxinas marinas. Tomada de http://nordicmicroalgae.org	32
Figura 1.15. Diferencias observadas entre diatomeas normales y diatomeas expuestas a metales pesados. Tomada de Pandey <i>et al.</i> 2014	35
Figura 1.16. <i>Nitzschia</i> sp. (fotografía en microscopio electrónico)	35
Figura 1.17. <i>Gyrodinium</i> sp. y <i>Navicula</i> sp. (fotografías en microscopio electrónico)	36
Figura 1.18. <i>Surirella fastuosa</i> (fotografía en microscopio electrónico)	36
Figura 1.19. <i>Epithemia</i> cf. <i>adnata</i> (fotografía en microscopio óptico). Tomada de Metzeltin <i>et al.</i> (2005), Fuente del Puma (Lavalleja, Uruguay)	37
Figura 1.20. <i>Rophalodia gibba</i> (fotografía en microscopio óptico). Tomada de Metzeltin <i>et al.</i> (2005), Fuente del Puma (Lavalleja, Uruguay)	37
Figura 1.21. Muestreo a bordo del velero “Rusalka of the seas”. Se aprecia la red de fitoplancton para obtención de diatomeas	38
Figura 1.22. Draga de tipo Van Veen para obtención de muestras de sedimento	39
Figura 1.23. Fotografías tomadas durante el procesamiento de las muestras (A) y la observación de las mismas en microscopio óptico (B)	40
Figura 1.24. Laguna de Rocha, Uruguay (foto: cortesía de José Manuel Verdes)	42
Figura 1.25. Bañados de Santa Lucía (foto: cortesía de Alejandra Silveira)	43
Figura 1.26. Cañada del brujo, Treinta y Tres, Uruguay	43
Figura 1.27. Paisaje de la costa atlántica uruguaya (Valizas, dpto. de Rocha, Uruguay)	44
Figura 1.28. Esquema general de zonación de los ambientes marinos. Tomada de Hutton <i>et al.</i> (2012)	46
Figura 2.1. Área de estudio localizada en la zona costera de Montevideo. Se muestran dos fotografías de la bahía interna de Montevideo (estaciones B)	52

Figura 2.2. Perfiles verticales con la variación de las abundancias relativas (%) de las especies de diatomeas presentes en las distintas estaciones. Con diferentes tonos de gris se representan los grupos de estaciones: en la parte superior las estaciones Oeste, en la media las de la bahía interna y en la inferior las estaciones Este. A la derecha de la figura se observan las abundancias relativas de los grupos indicadores: dulceacuícolas, salobres y marinos 54

Figura 2.3. Método para extracción de testigos de sedimentos en los sistemas acuáticos. Las distintas capas de sedimentos acumuladas en los fondos quedan representadas con distintos tonos de gris de acuerdo al momento del depósito (blanca corresponde a acumulación más antigua y negra a la más moderna o actual). En estas capas quedan acumulados los contaminantes y las especies de diatomeas presentes al momento del depósito 56

Figura 2.4. Área de estudio localizada en la bahía interna de Montevideo. Se indica la zona de extracción del perfil o testigo de sedimento (círculo negro), la planta de refinado de petróleo de ANCAP (círculo gris) y el puerto de la ciudad de Montevideo (círculo blanco) 56

Figura 2.5. Perfiles verticales con la variación de las abundancias relativas (%) de las especies de diatomeas presentes en los distintos estratos del testigo de sedimento, los cuales corresponden a los distintos años en los que se depositaron. Con diferentes tonos de gris quedan representados los dos grupos generados en el trabajo de García-Rodríguez *et al.* (2010). A la derecha de la figura se observan las abundancias relativas de los grupos indicadores: dulceacuícolas, salobres y marinos 58

PRÓLOGO

LOS AUTORES HAN HECHO UN DESTACABLE Y EXITOSO ESFUERZO PARA LLEGAR A un grupo particular de lectores. Pero, más allá de ello, el presente libro se abre a una diversidad de potenciales lectores: quien lo tenga en sus manos puede encontrar y recorrer variados caminos a través de sus páginas.

Por un lado, aparece implícita una reflexión sobre el quehacer científico: no hay tema en ciencias que no sea interesante, depende de la pasión del científico y de las proyecciones que sepa darle. Más aún en tiempos en que se desdibujan las fronteras entre las disciplinas, en un proceso fecundo y desafiante. Así, a través de estas páginas, el mundo de las diatomeas convoca a miradas desde ángulos muy diversos.

Por otra parte, los autores explícitamente definen su objetivo de inscribir su trabajo en el fortalecimiento del vínculo entre ciencia y educación terciaria y secundaria. Los distintos capítulos apuntan a que en manos de docentes y estudiantes de enseñanza media, se apoye no solo una formación en ciencias, sino que se pueda contribuir a despertar actitudes que conduzcan al protagonismo de los estudiantes en la construcción del conocimiento; y ello va mucho más allá de las diatomeas.

El trabajo recorre distintos aspectos. La sección que necesariamente se ocupa de descripciones, clasificaciones y ordenamientos, es materia interesante de reflexión. Es un aspecto difícil de soslayar, al tiempo que es un tema de complejo manejo a nivel educativo. Sin embargo, en manos de un docente, se abre a interesantes reflexiones sobre la importancia y la significación de las descripciones en la ciencia, a todo nivel, y de su relación con la comunicación. A medida que avanza la presentación de las diatomeas, de su diversidad y su biología, se destaca claramente un elemento de particular significación en ciencia: su lenguaje. A través del lenguaje y la descripción se alcanza un primer nivel de acercamiento, apropiación y comprensión de un fenómeno o de un proceso.

Luego el tema se abre a la multiplicidad de aspectos en el que el estudio y el uso de las diatomeas permite o puede permitir importantes aplicaciones. Ello invita a volver a mirar con otros ojos las páginas previas, pero también convoca a nuevas miradas desde la ciencia.

Los sentimientos de lejanía con la ciencia son un gran obstáculo a nivel educativo. En ese sentido, se genera una importante cercanía con el tema a través de la invitación a la observación y la experimentación, presentando claros protocolos para ser realizados en espacios educativos.

El libro no parece pensado como un puente: es un puente. Seguramente tenga una fecunda trayectoria y contribuya a fortalecer los imprescindibles lazos entre educación y ciencia.

Finalmente, la invitación a acercarse al mundo de las diatomeas y a los fascinantes misterios de su biología, tal vez conduzca a despertar vocaciones y nuevas iniciativas.

Dr. Ricardo Ehrlich
Setiembre de 2016.

PREFACIO

LAS DIATOMEAS SON MICROALGAS QUE POSEEN UN ESQUELETO DE SÍLICE Y PRESENTAN un mecanismo de división celular único asociado al mismo. Las miles de especies existentes se distribuyen ampliamente en todos los sistemas acuáticos del planeta. Por esta razón son excelentes indicadores ambientales y constituyen uno de los grupos más estudiados del mundo, tanto a nivel ambiental como paleoambiental. Este libro presenta ejemplos de nuestro país de las diatomeas como indicadores de calidad ambiental para el dominio dulceacuícola, estuarial y marino. Se presentan láminas ilustrativas de las especies más representativas, indicándose la procedencia de cada una de ellas. Las muestras estudiadas se encuentran disponibles para que los estudiantes puedan hacer sus propios preparados e identificar las especies utilizando las láminas presentadas.

Este libro surge como producto de la cooperación del Dr. Felipe García Rodríguez y la MSc. Laura Pérez –investigadores y docentes de la Universidad de la República (Uruguay)– con la Lic. Biol. Carolina Vidal –docente de Biología de Educación Secundaria (Uruguay)–. El desarrollo de esta experiencia ha servido como base para enriquecer las relaciones interinstitucionales entre la Udelar y Enseñanza Secundaria, contribuyendo con la formación permanente de profesores de liceo egresados de nuestra Facultad. Se la puede considerar un gran ejemplo para otros docentes y colegas interesados en desarrollar este tipo de interacciones enriquecedoras de formación de docentes de Enseñanza Secundaria.

Esta obra es un ejemplo de modernización de la educación y transferencia de conocimiento en nuestro país. La Universidad de la República es una institución que promueve la cultura científica como herramienta de inclusión social. La asociación educacional entre la educación terciaria y secundaria debe ser, en este sentido, un pilar fundamental en la transferencia del conocimiento para la próxima generación de profesionales de Uruguay. Este material es, sin dudas, un vínculo de desarrollo y motivación educacional para jóvenes liceales interesados en las ciencias naturales y sus diversas aplicaciones.

Quiero terminar este prólogo aseverando que es el deseo más profundo de los autores, que este libro se convierta en un texto de referencia para la educación secundaria del país. Sirvan estas líneas como recomendación para lograr este importante objetivo. Depende ahora de las autoridades institucionales cristalizar esta propuesta en la Educación Secundaria de nuestro querido Uruguay.

Felipe García Rodríguez