

algas 44

BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA - DICIEMBRE 2010

Foto: Giancarlo Bellissimo - Primer premio XV concurso fotográfico SEF



Efecto del incremento de CO_2 sobre la abundancia y biomasa del microfitoplancton y nanoplancton de la ría de Vigo Recursos algales como fuente de nuevos y mejores antivirales Estudio taxonómico del fitoplancton del tramo inferior del río Júcar (Valencia-España) con especial énfasis en las algas verdes cokaes Adiciones a la flora de algas y cianoprocariotas dulceacuícolas de Cuba Expedición de circunnavegación Malaspina 2010: Cambio global y exploración de la biodiversidad del océano global Curso SEF 2010: Introducción al análisis de datos biológicos Poster Ganador 13 Concurso SEF Joven 2010: Influencia de las surgencias hidrotermales sobre las comunidades fitobentónicas en las islas Eolias (Mar Tirreno).



ALGAS - Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ficología
Diciembre 2010.

ISSN: 1695-8160

Editor: Francisco Arenas

E-mail: farenas@ciimar.up.pt

Consejo Editorial: Mariona Hernández Marine, Ignacio Bárbara Criado, Brezo Martínez Díaz-Caneja, Maria Carme Barceló i Martí, Francisco Arenas

ALGAS es el boletín informativo semestral editado por la Sociedad Española de Ficología (S.E.F.) que se distribuye gratuitamente entre sus socios y que está dirigida a todos los que trabajan en ficología o temas afines. El boletín está abierto a la colaboración de todo aquel que desee aportar información sobre cualquier aspecto que pueda ser de interés general para la comunidad de ficólogos. Es nuestra intención que esta revista permita, además, un fecundo intercambio de informaciones, opiniones y material entre todos aquellos que viven de, por y para las algas. Los textos pueden ser enviados por email en formato digital en ficheros compatibles con Windows® con extensiones ".doc" o ".rtf". Las ilustraciones pueden ser enviadas en formato ".jpg" o ".tif" con resolución nunca inferior a 300 dpi. El editor se reserva el derecho a editar el material previa publicación final. Para cualquier duda o consulta adicional contacte al editor de revista.

Los contenidos de los textos publicados en ALGAS son absoluta responsabilidad de sus respectivos autores.

EDITORIAL

F. Arenas3

EFFECTO DEL INCREMENTO DE CO₂ SOBRE LA ABUNDANCIA Y BIOMASA DEL MICROFITOPLANCTON Y NANOPLANCTON DE LA RIA DE VIGO

A. Fuentes Lema y C. Sobrino García 4

RECURSOS ALGALES COMO FUENTE DE NUEVOS Y MEJORES ANTIVIRALES

R. Elizondo-González, E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, A. Peña-Rodríguez, C. Rodríguez-Padilla y L. M. Trejo-Avila9

ESTUDIO TAXONÓMICO DEL FITOPLANCTON DEL TRAMO INFERIOR DEL RÍO JÚCAR (VALENCIA-ESPAÑA) CON ESPECIAL ÉNFASIS EN LAS ALGAS VERDES COCALES

M. C. Pérez, A. Comas y N. Maidana13

ADICIONES A LA FLORA DE ALGAS Y CIANOPROCARIOTAS DULCEACUÍCOLAS DE CUBA

A. Comas González, A. Moreira González y L. Toledo20

EXPEDICIÓN DE CIRCUNNAVEGACIÓN MALASPINA 2010: CAMBIO GLOBAL Y EXPLORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DEL OCÉANO GLOBAL

L. M^a Lubián29

CURSO SEF 2010: INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DATOS BIOLÓGICOS

B. Martínez31

POSTER GANADOR CONCURSO SEF JOVEN 2010: INFLUENCIA DE LAS SURGENCIAS HIDROTÉRMICAS SOBRE LAS COMUNIDADES FITOBENTÓNICAS EN LAS ISLAS EOLIAS (MAR TIRRENO)

G. Bellissimo, J. Rull Lluch y S. Calvo32

SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN EN LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA (S.E.F.)

Nombre:.....

Tipo de socio (marcar con una X): Ordinario Estudiante Becario

Dirección:.....

Ciudad: Código Postal: Teléfono:

Fax: E-mail:.....

Campos de interés (incluir en un círculo): 1. Ecología marina. 2. Ecología de agua dulce. 3. Plancton. 4. Bentos. 5. Sistemática. 6. Morfología y desarrollo. 7. Fisiología y bioquímica. 8. Biología celular. 9. Genética. 10. Biología molecular. 11. Fisiología aplicada. 12. Docencia. 13. Algas fósiles. 14. Toxicidad. 15. Acuicultura. 16. Ecofisiología. 17. Otros (especificar):

DATOS PARA EL COBRO BANCARIO

Nombre completo del titular de la cuenta:

Banco/Caja/Entidad:

Dirección:

Código Cuenta Corriente:

Entidad: Oficina: D.C.:

Nº de cuenta:

Cortar por las líneas punteadas, enviando la parte superior a la Secretaría de la SEF y la inferior al propio banco.

Sr. Director/a del Banco/Caja/Entidad:.....

Le ruego dé las órdenes oportunas para que, a partir de la fecha, hagan efectivos los recibos que a mi nombre y a cargo de mi cuenta corriente/libreta de ahorro número pase a cobrar la Sociedad Española de Ficología.

Nombre y apellidos:.....

En , a de de 20.....

Firma:

Ya bien entrado el 2011 os presentamos el último número del Boletín de la Sociedad Española de Ficología, ALGAS 44.

Han sido tiempos de cambio en la Sociedad con una nueva Junta recién estrenada. Marina Aboal ha dado paso a Mariona Hernández Marine. Trabajar con Marina ha sido un verdadero placer y quiero agradecerle su entusiasmo y empeño con el boletín. Entusiasmo que sé no le falta a la nueva presidenta. Jordi, siempre “bem disposto” como dicen en Portugal ha sido un magnífico secretario y Brezo, que ya nos inunda a emails, tiene un buen referente. Saludar al nuevo Vicepresidente, Ignacio Bárbara que substituye a José Rico y que con su experiencia seguro ayudará a la Sociedad a crecer. Los que continuamos, Maria Carme y yo mismo, pues a seguir que no lo debemos estar haciendo del todo mal.

Han sido también tiempos de cambio para este boletín que inaugura nuevos medios de edición: nuevo sistema informático y nuevo software. Todo esto con su proceso de aprendizaje asociado. Espero que estos cambios resulten finalmente en una mejora del boletín en todos sus aspectos. Por lo pronto pediros disculpas por los retrasos y errores de principiante que puedan apreciarse.

En este número 44, aparecen un buen número de trabajos dedicados a las microalgas, desde aspectos tanto florísticos como ecológicos. También incluye una interesante revisión de la utilización de compuestos derivados de las algas como antivirales. Finalmente un par de notas sobre la expedición Malaspina y el curso SEF 2010 completan el interior de la revista.

La contraportada es una “foto” del poster ganador del concurso SEF Joven 2010.

Francisco Arenas

Editor ALGAS

Sociedad Española de Ficología

Presidenta: Mariona Hernández Marine, **Vicepresidente:** Ignacio Bárbara Criado, **Secretaria:** Brezo Martínez Díaz-Caneja, **Tesorerera:** Maria Carme Barceló i Martí, **Editor:** Francisco Arenas

Foto portada: Abanicos del mar, Giancarlo Bellissimo - Primer premio XV concurso fotográfico SEF

EFECTO DEL INCREMENTO DE CO₂ SOBRE LA ABUNDANCIA Y BIOMASA DEL MICROFITOPLANCTON Y NANOPLANCTON DE LA RIA DE VIGO

Antonio Fuentes Lema y Cristina Sobrino García

Departamento de Ecología e Biología Animal, Universidade de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende, 36310 Vigo, España

RESUMEN:

Este estudio muestra los resultados de abundancia y biomasa de poblaciones naturales costeras de microfitoplancton y nanoplacton aireadas con concentraciones actuales de CO₂ atmosférico (380 ppmv CO₂) y con concentraciones esperadas para futuros escenarios de cambio climático (1000 ppmv CO₂). Las poblaciones fueron incubadas en los meses de Junio y Julio durante 10 días en microcosmos de 18 L bajo condiciones de luz y temperatura ambientales. Además cada uno de los experimentos simuló condiciones nutricionales diferentes mediante la mezcla de agua superficial pobre en nutrientes con agua profunda rica en nutrientes. En ambos experimentos dominaron las diatomeas, siendo las especies más abundantes *Leptocylindrus danicus* y *Chaetoceros* sp. en Junio y Julio respectivamente, seguidas de los flagelados y por último los dinoflagelados.

El incremento de CO₂ no favoreció el crecimiento de las diatomeas pero sí que estimuló el crecimiento de los flagelados. No obstante las diferencias en tamaño celular resultaron en biomásas significativamente superiores en diatomeas que en flagelados y finalmente dinoflagelados. Con respecto a los efectos sobre las especies dominantes, el incremento del biovolumen de *L. danicus* produjo biomásas mayores en alto CO₂ que en bajo CO₂ en Junio, mientras que la ausencia de cambios en el biovolumen de *Chaetoceros* sp expuesta a las diferentes pCO₂ no produjo diferencias en la biomasa de diatomeas en Julio. Los resultados demuestran la importancia del biovolumen como medida cualitativa para estimar los efectos del incremento del CO₂ atmosférico sobre la biomasa y la producción primaria en el océano.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha descrito un incremento de la presión atmosférica de CO₂ (pCO₂), desde 180 ppmv en la era preindustrial hasta 380 ppmv en la actualidad. Se prevé que si continúan las emisiones al mismo ritmo se podrán alcanzar cerca de 1000 ppmv en el año 2100 (Houghton, 2001; IPCC, 2007).

Este cambio en la pCO₂ atmosférica es reflejado en cambios en el sistema carbónico-carbonato del agua superficial oceánica con un lapso de tiempo inferior a un año (Zeebe y Wolf-Gladrow 2001) por lo que es esperable que la respuesta de los organismos acuáticos a dicho enriquecimiento de CO₂ esté sucediendo en la actualidad.

El fitoplancton es el principal productor primario del océano y constituye la base de la cadena trófica en la mayoría de los ecosistemas oceánicos. Es responsable de casi la mitad de la producción primaria neta del planeta y juega un importante papel en la regulación del clima al transportar activamente CO₂ desde la atmósfera hasta el fondo oceánico (Raven y Falkowski 1999). Los estudios publicados hasta la fecha demuestran que la respuesta del fitoplancton al incremento de pCO₂ no es homogénea. Existen estudios que demuestran que el incremento de CO₂ aumenta el crecimiento y la producción primaria (Hein y Sand-Hensen 1997; Ibelings y Maberly 1998; Riebesell *et al.* 2000). Sin embargo otros experimentos realizados con muestras de agua natural no han mostrado respuestas significativas (Tortell y Morel 2002). La ausencia de una respuesta similar del fitoplancton al incremento de CO₂ puede ser debida a diferencias en la composición taxonómica y a la variabilidad que presentan las células fitoplanctónicas para incorporar activa o pasivamente el CO₂ del medio (Martin y Tortell 2008; Reinfelder 2010), por lo que estudios que muestren sus efectos sobre la abundancia y biomasa del fitoplancton son altamente necesarios.

Riebesell (2004) observó un descenso en la abundancia de diatomeas en escenarios con alta pCO₂. Sin embargo Engel *et al.* (2008) describieron que las diatomeas parecieron insensibles a los diferentes tratamientos del CO₂ y Riebesell *et al.* (2007) no encontraron diferencias significativas en la composición de la comunidad fitoplanctónica. Por el contrario, Tortell *et al.* (2002) observaron un desplazamiento de la comunidad hacia la predominancia de diatomeas bajo condiciones de alto CO₂, a expensas del nanofitoplancton que disminuyó su biomasa. Los estudios demuestran

que la respuesta varía al comparar aguas de plataforma con aguas costeras (Hare *et al.* 2007) e incluso entre especies del mismo grupo taxonómico (Ja-Myung *et al.* 2006; Martin y Tortell 2008).

Este estudio se realizó en la Ría de Vigo (NO de la península Ibérica), un sistema altamente productivo caracterizado por aportes estacionales e intermitentes de nutrientes gracias al efecto de los vientos dominantes del NE (Álvarez-Salgado *et al.* 2001). Estos vientos desplazan horizontalmente las aguas superficiales mar adentro provocando un afloramiento de aguas profundas cargadas de nutrientes. Los aportes intermitentes de nutrientes son además responsables de los cambios en la estructura de tamaños de la comunidad fitoplanctónica de la Ría de Vigo (Cermeno *et al.* 2005). El objetivo de nuestro estudio fue analizar el efecto del incremento de $p\text{CO}_2$ esperado para futuros escenarios de cambio global sobre la composición taxonómica del fitoplancton de la Ría de Vigo. Para ello estudiamos los cambios en la abundancia y biomasa de las especies de fitoplancton predominantes incubadas en microcosmos de 18 L con niveles atmosféricos actuales (380 ppmv) y con niveles esperados para el año 2100 (1000 ppmv).

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental:

Los experimentos se realizaron durante los meses de Junio y Julio de 2010 en la Estación de Ciencias Mariñas de Toralla (ECIMAT) de la Universidad de Vigo. El agua fue recogida con botellas Niskin en una estación central de la Ría de Vigo ($42^{\circ}14' \text{ N}$, $8^{\circ}47' \text{ O}$), a 5 m de profundidad en Junio, y a 5 m y 50 m en Julio (mezcla 50:50) para así conseguir un aporte de nutrientes adicional. Inmediatamente después, el agua fue trasladada a las instalaciones de la ECIMAT, pre-filtrada por una malla de 200 μm para eliminar la actividad depredadora del zooplancton de gran tamaño y distribuida en 6 cubitainers (Nalgene® I-Chem Certified Series™ 300 LDPE Cubitainers) de 18 L, transparentes a la radiación ultravioleta, previamente lavados con ácido clorhídrico al 10%. Los cubitainers fueron sumergidos en 2 tanques exteriores de 1500 L refrigerados mediante circulación continua de agua de la ría de 10 m de profundidad.

Los cubitainers fueron burbujeados durante 10 días con una mezcla de aire y CO_2 proveniente de un tanque comercial (AIR LIQUIDE ESPAÑA, S.A.) con una concentración de CO_2 esperada para 2100 al rit-

mo actual de emisiones (Houghton, 2001; IPCC 2007) (Alto CO_2 , 1000 ppmv de CO_2 , $n=3$) y con aire atmosférico (Bajo CO_2 , 380 ppmv de CO_2 , $n=3$).

Cálculo de la abundancia:

El día de inicio y los días impares del experimento se recogieron 100 mL de muestra de cada cubitainer, y se fijaron con 1 mL de Lugol al 1%. Para calcular la abundancia de los principales grupos taxonómicos se siguió la técnica de Uthermöhl (Lund *et al.* 1958) mediante sedimentación durante 24 h de una submuestra de 25 mL. La posterior observación, identificación y recuento de las células se llevó a cabo a 400x en un microscopio invertido Olympus IX50. Para cada muestra se contaron más de 400 células y un mínimo de 15 campos.

Cálculo del biovolumen y de la biomasa:

Las células del día 3 fueron medidas mediante análisis de imagen utilizando el programa NIS-Elements BR 3.0. El biovolumen fue calculado según Olenina *et al.* (2006). En aquellos casos en los que fue imposible medir la 3ª dimensión se tomaron también como referencia los valores de Olenina *et al.* (2006). En diatomeas se sumó el biovolumen de las especies dominantes para obtener su valor total. La biomasa se calculó a partir de la abundancia y del biovolumen de los diferentes grupos (diatomeas, pequeños dinoflagelados y flagelados) según la conversión C- volumen establecida por Menden-Deuer y Lessard (2000).

Análisis Estadístico:

Las diferencias significativas entre las medias de los dos tratamientos fueron calculadas mediante un t-test. En el caso de la abundancia empleamos el t-test para muestras no independientes y para el biovolumen usamos el t-test para muestras independientes. En ambos casos el nivel de significancia fue establecido al 95%.

RESULTADOS

Se encontraron representantes de 3 grandes grupos taxonómicos: Diatomeas (mayoritariamente microfitorplancton, $\text{Ø} > 20\mu\text{m}$), dinoflagelados y pequeños flagelados (nanoplancton, $2 > \text{Ø} > 20\mu\text{m}$).

En Junio (Fig. 1a, b, c) la comunidad estuvo principalmente dominada por diatomeas (valores entre 1728 cel/L y 3361 cel/L), seguidas de pequeños flagelados (entre 1447 cel/L y 2520 cel/L) y por último de dinoflagelados, con valores de abundancia significativamente menores, entre 51.5 cel/L y 202 cel/L. Las

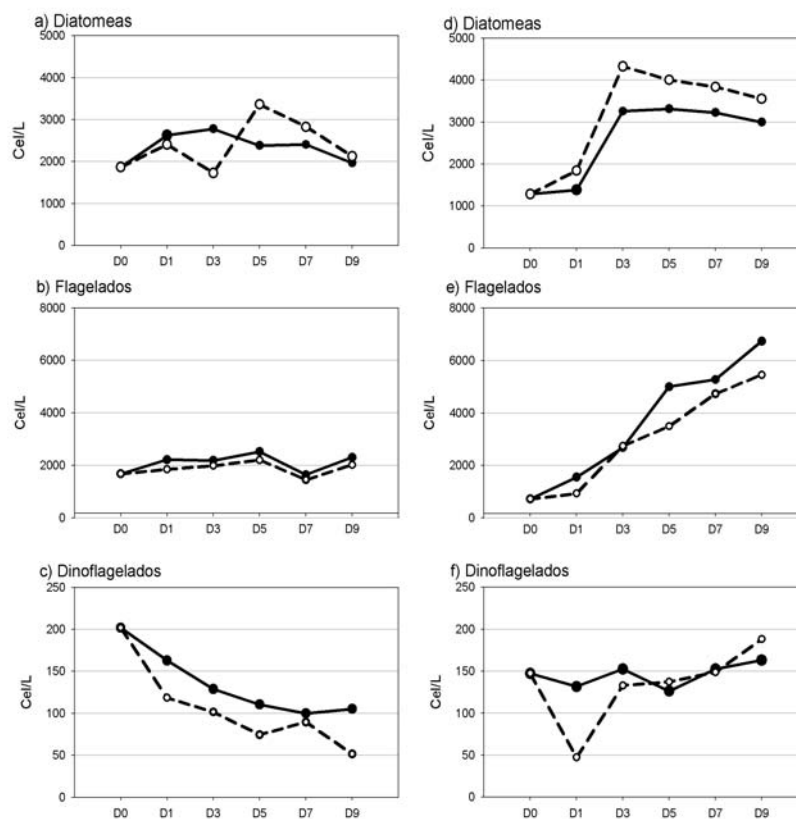


FIGURA 1. Abundancia en células por litro (Cel/L) de los principales grupos de microfitoplancton y nanoplancton observados en los experimentos de Junio a), b) y c) y Julio d), e), y f). Las líneas y puntos sólidos corresponden al tratamiento en Alto CO₂ y las líneas discontinuas y círculos abiertos al Bajo CO₂.

tendencias indican que la abundancia de diatomeas y pequeños flagelados se mantuvo constante a lo largo del experimento, mientras que la de dinoflagelados disminuyó. Además, los flagelados y los dinoflagelados crecieron significativamente más en el tratamiento con alto CO₂, mientras que las diatomeas no mostraron diferencias significativas entre tratamientos.

Al comienzo del experimento de Julio (día 0-3) la composición taxonómica fue similar a la descrita para el experimento de Junio (Fig. 1d, e, f). Debido al aporte de nutrientes del agua profunda la abundancia de todos los grupos aumentó, produciendo cambios en la composición taxonómica y pasando los pequeños flagelados a ser dominantes a partir del día 5. También se observaron tendencias de crecimiento diferentes a las de Junio: Las diatomeas experimentaron inicialmente un gran crecimiento hasta llegar a un máximo el día 3. Por el contrario, los pequeños flagelados crecieron de forma constante y uniforme hasta el final, mientras que la abundancia de los dinoflagelados se mantuvo sin sufrir grandes variaciones a lo largo de todo el experimento. Con respecto al efecto del CO₂, las diatomeas crecieron menos con el incremento de

CO₂, mientras que lo contrario ocurrió con los flagelados. En base a los análisis estadísticos realizados los dinoflagelados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos.

En Junio la población de diatomeas estuvo principalmente compuesta por dos especies, *Leptocylindrus danicus* Cleve y *Chaetoceros* sp. Ehrenberg, las cuales supusieron más del 75% de la abundancia. *L. danicus* presentó células más grandes en el tratamiento con alto CO₂ mientras que en *Chaetoceros* sp. fueron más pequeñas (Tabla 1). Como resultado de la elevada abundancia de *L. danicus* (69% de la abundancia) el biovolumen de las diatomeas fue significativamente mayor en el tratamiento con alto CO₂. Por el contrario, los pequeños flagelados y dinoflagelados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1).

En Julio *L. danicus* pasó a ser una especie minoritaria predominando varias especies del género *Chaetoceros* (principalmente *C. decipiens* Cleve, *C. didymus* Ehrenberg y *C. teres* Cleve) y la diatomea pennada *Pseudo-nitzschia seriata* (Cleve) H. Peragallo

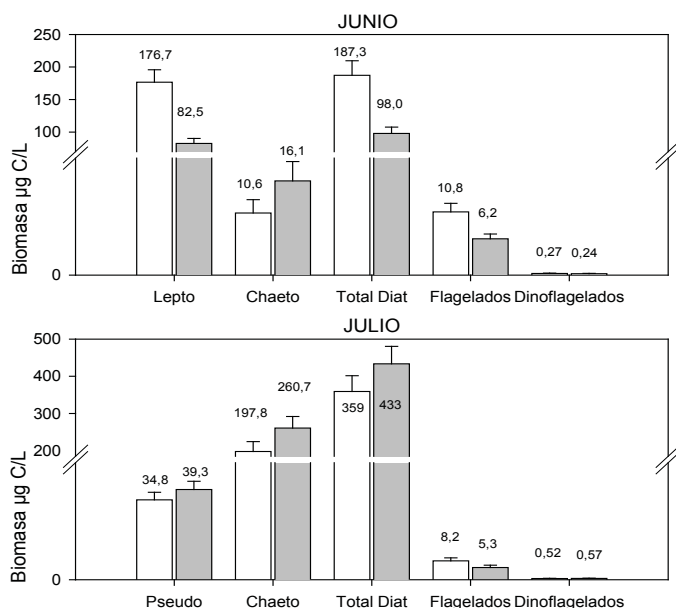


FIGURA 2. Biomasa de cada grupo taxonómico o especie predominante en los dos experimentos realizados en Junio y Julio 2010. Las barras sin color corresponden al tratamiento Alto CO₂ y las barras solidas al Bajo CO₂. Las barras de error indican el error estándar de la media. Lepto = *Leptocylindrus danicus*, Chaeto = *Chaetoceros* sp, Pseudo = *Pseudo-nitzschia seriata*, Total Diat = Total de diatomeas.

(82%). A excepción de *L. danicus* y los pequeños flagelados, los dinoflagelados y las diatomeas restantes no mostraron diferencias de biovolumen entre los tratamientos (Tabla 1).

Aunque el recuento de diatomeas y pequeños flagelados produjo valores similares en ambos experimentos, las diatomeas presentaron una biomasa significativamente superior debido a su mayor tamaño (Fig. 2). Por último, los dinoflagelados constituyeron la biomasa más pequeña de la comunidad (Fig. 2). La biomasa de diatomeas en Julio fue mayor que la observada en Junio (359 y 433 µg C/L en comparación con 187,3 y 98 µg C/L en alto y bajo CO₂ respectivamente).

Además, en Junio *L. danicus* presentó mayor biovolumen en el tratamiento con alto CO₂, lo que junto con su elevada abundancia, resultó en un aumento en la biomasa total de diatomeas con alto CO₂ (Fig. 2). En Julio la diferencia entre la biomasa de diatomeas es mucho menor ya que tampoco existieron diferencias significativas en el biovolumen de la especie dominante, *Chaetoceros* sp. A diferencia de lo observado para las diatomeas, la biomasa del nanoplancton fue similar entre los dos experimentos (Fig. 2): Los flagelados mostraron un ligero incremento de su biomasa con el tratamiento de alto CO₂, mientras que la biomasa de los dinoflagelados no sufrió variación entre los tratamientos.

DISCUSIÓN

En este estudio se muestran los resultados de abundancia y biomasa de poblaciones naturales costeras de microfitoplancton y nanoplancton aireadas con concentraciones actuales de CO₂ atmosférico y con concentraciones esperadas para futuros escenarios de cambio climático (Houghton, 2001; IPCC 2007). Las poblaciones fueron incubadas durante 10 días en contenedores de 18 L bajo condiciones de luz y temperatura similares a las experimentadas *in situ* en superficie para poder obtener respuestas realistas. En el primero de ellos, realizado en Junio de 2010, dichas poblaciones fueron muestreadas de aguas superficiales, con poca cantidad de nutrientes en comparación con aguas más profundas (Alvarez-Salgado *et al.* 2001). Debido a esto, el crecimiento en ambos tratamientos de CO₂ no fue tan evidente y la comunidad se mantuvo mucho más estable a lo largo del experimento. Por el contrario, en el experimento de Julio, se mezcló proporcionalmente agua profunda, rica en nutrientes, con agua superficial, tratando de simular un pulso de nutrientes natural similar a los que se producen durante las épocas de afloramiento.

TABLA 1. Media ± error estándar del biovolumen analizado el día 3 para las principales especies o grupos taxonómicos de microfitoplancton y nanoplancton aireados con concentraciones elevadas de CO₂ (Alto CO₂, 1000 ppmv) y concentraciones atmosféricas de CO₂ (Bajo CO₂, 380 ppmv) durante los experimentos de Junio y Julio de 2010. El asterisco indica las diferencias significativas entre medias.

		<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Chaetoceros</i> sp	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	Total Diatomeas	Flagelados	Dinoflagelados
Junio	Alto CO ₂	1411±91 *	216±33	-	1125±81 *	32.9±2.8	24.9±3.8
	Bajo CO ₂	1037±57	457±66 *	-	863±49	30.7±2.5	27.3±3.5
Julio	Alto CO ₂	1193±77	990±83	3832±211	1926±138	21.42±2.3*	34.2±2.8
	Bajo CO ₂	1594±92 *	1022±74	3339±178	1785±115	12.27±1.6	37.1±3.8

El aporte promovió el crecimiento de los grupos estudiados generando mayor biomasa que en el experimento de Junio y produciendo respuestas más acusadas a los tratamientos de CO₂. Resultados similares referentes a la intensidad de la respuesta al CO₂ han sido descritos por Hare *et al.* (2007) al comparar el efecto del CO₂ en muestras de plataforma y de costa. El estudio demuestra que existe una relación directamente proporcional entre la intensidad de la respuesta y la productividad del ecosistema. Por otro lado y dado que se encontró un cambio taxonómico entre la población de diatomeas de los dos experimentos, es posible que las diferencias puedan ser debidas a diferencias en la afinidad por el CO₂ o en los mecanismos activos de concentración de carbono (Elzenga *et al.* 2000, Egge K. *et al.* 2007, Martin y Tortell 2008).

En ambos experimentos el incremento de CO₂ no favoreció el crecimiento de las diatomeas, en concordancia con los resultados obtenidos por Riebesell (2004). Por el contrario los flagelados y dinoflagelados presentaron abundancias ligeramente superiores en condiciones de alto CO₂ en Junio. En Julio incluso se observó un desplazamiento de la comunidad desde diatomeas hacia los pequeños flagelados al incrementar la pCO₂. Estos resultados indican una tendencia hacia la predominancia de redes heterotróficas en condiciones de alto CO₂. Estas comunidades se caracterizarían por ser menos eficientes tanto exportando materia orgánica a otros niveles tróficos como secuestrando el CO₂ atmosférico hacia el fondo del océano, lo cual supondría una retroalimentación positiva al aumento de CO₂ atmosférico.

En lo referente al biovolumen se encontraron diferencias significativas opuestas para *L. danicus* entre los experimentos de Junio y Julio. Los resultados podrían estar relacionados con el estado nutricional y la tasa de crecimiento de dicha especie; Mientras que en Junio en el día 3 de experimento las diatomeas incubadas en alto CO₂ dominan en número a las incubadas bajo concentraciones atmosféricas de CO₂, lo contrario ocurre en Julio. La tendencia es similar a la observada para el volumen celular de *L. danicus* por lo que se deduce que células con crecimiento más activo resultaron también en células de tamaño mayor, independientemente de la presencia o ausencia de un suplemento de CO₂. Por el contrario *Chaetoceros* sp. mostró siempre tamaños mayores en condiciones de bajo CO₂ independientemente de las condiciones nutricionales externas. A pesar de la variabilidad observada entre cepas de *Chaetoceros* para incorporar ac-

tivamente el carbono inorgánico disuelto del medio, *C. decipiens*, especie predominante durante el experimento de Julio, ha sido descrita como una especie que incorpora principalmente bicarbonato como fuente mayoritaria de carbono (Martin y Tortell 2008).

El aporte de nutrientes resultó en un incremento de más del doble de la biomasa. Este incremento repercutió principalmente sobre la biomasa de diatomeas por tratarse de células que responden muy rápidamente a los pulsos de nutrientes (Figueiras y Pazos 1991). Además el incremento de CO₂ afectó de manera diferente al biovolumen de los diferentes grupos y especies, en concordancia con la variabilidad observada para las respuestas sobre los mecanismos de incorporación de carbono inorgánico disuelto (Martin y Tortell 2008; Reinfelder 2010), la producción primaria (Riebesell *et al.* 2000, Tortell y Morel 2002) o la composición taxonómica (Tortell *et al.* 2002, Riebesell 2004, Engel *et al.* 2008). En nuestro estudio diferencias en el efecto del CO₂ sobre el biovolumen de las especies de diatomeas predominantes, y no su abundancia, fueron las responsables de las diferencias observadas en biomasa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Salgado XA, Gago J, Míguez BM y Pérez FF. 2001. Net ecosystem production of dissolved organic carbon in a coastal upwelling system: the Ría de Vigo, Iberian Margin of the North Atlantic. *Limnol Oceanogr* 46:35-147.
- Cermeño P., Marañón E., Rodríguez J., Fernández E. (2005) Large-sized phytoplankton sustain higher carbonspecific photosynthesis than smaller cells in a coastal eutrophic ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser* 297:51-60
- Elzenga J. T. M., Prins H. B. A., Stefels J. (2000) The role of extracellular carbonic anhydrase activity in organic carbon utilization of *Phaeocystis globosa* (Prymnesiophyceae): a comparison with other marine algae using the isotopic disequilibrium technique. *Limnol Oceanogr* 45:372-380
- Engel A., Schulz K. G., Riebesell U., Bellerby R., Delille B., Schartau M. (2008) Effects of CO₂ on particle size distribution and phytoplankton abundance during a mesocosm bloom experiment (PeECE II). *Biogeosciences* 5:509-521
- Figueiras, F.G., Pazos, Y., 1991. Microplankton assemblages in three Rías Baixas (Vigo, Arosa and Muros, Spain) with subsurface chlorophyll maximum: their relationships to hydrography. *Marine Ecology Progress Series* 76, 219-233.
- Hare C. E., Leblanc K., DiTullio G. R., Kudela R. M., Zhang Y., Lee P. A., Riseman S. y Hutchins D. A. (2007) Consequences of increased temperature and CO₂ for phytoplankton community structure in the Bering Sea. *Marine Ecology Progress Series* 359:9-16
- Hein M., Sand-Jensen K. (1997) CO₂ increases oceanic primary production. *Nature* 389:526-527
- Houghton J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der

- Linden y D. Xiaosu (2001) *Climate change 2001: The scientific basis*. Cambridge Univ. Press.
- Ibelings B. W., Marbely S. C., (1998) Photoinhibition and the availability of inorganic carbon restrict photosynthesis by surface blooms of Cyanobacteria. *Limnol Oceanogr* 43:408-419
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning (eds.)].
- Ja-Myung K., Kitack L., Kyoungsoon S., Jung-Hoon K., Hyun-Woo L., Miok K., Pung-Guk J. And Min-Chul J. (2006) The effect of seawater CO₂ concentration on growth of a natural phytoplankton assemblage in a controlled mesocosm experiment. *Limnol Oceanogr* 51:1629-1636
- Lund JWG, Kipling C, Le Cren ED (1958) The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11:143-170
- Martin C. L. y Tortell P. D. (2008) Bicarbonate transport and extracellular carbonic anhydrase in marine diatoms. *Physiologia Plantarum* 133: 106-116
- Menden-Deuer S, Lessard EJ (2000) Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnol Oceanogr* 45:569-579
- Olenina I, Hajdu S, Edler L, Andersson A, Wasmund N, Busch S, Göbel J, Huseby S, Huttunen M, Jaanus A, Ledaine I, Niemkiewicz E (2006) Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *HELCOM Baltic Sea Environment Proceedings* 106. Helsinki Commission, Baltic Marine Environment Protection, Helsinki
- Raven J. A. y Falkowski P. G. (1999) Oceanic sinks for atmospheric CO₂, *Plant, Cell Environ.*, 22, 741-755
- Reinfelder JR (2010) Carbon Concentrating Mechanisms in Eukaryotic Marine Phytoplankton. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 3:11.1-11.25
- Riebesell U., I. Zondervan, B. Rost, P. D. Tortell, R. E. Zeebe y F. M. M. Morel (2000) Reduced calcification in marine plankton in response to increased atmospheric CO₂. *Nature* 407:634-637
- Riebesell U. (2004) Effects of CO₂ enrichment on marine phytoplankton. *J Oceanography* 60:719-729
- Riebesell U., Schulz K. G., Bellerby R. G. J., Botros M., Fritsche P., Meyerhöfer M., Neill C., Nondal G., Oschlies A., Wohlers J. y Zöllner E. (2007) Enhanced biological carbon consumption in high CO₂ ocean. *Nature* 450:545-548
- Tortell P. D., DiTullio G. R. Sigman D. M., Morel F. M. M. (2002) CO₂ effects on species composition and nutrient utilization in an Equatorial Pacific phytoplankton community. *Mar Ecol Prog Ser* 236:37-43
- Zeebe R. E., Wolf-Gladrow D. A. (2001) *CO₂ in Seawater: Equilibrium, kinetics, isotopes*. Elsevier Oceanography Series 65. Amsterdam.

Revisión

RECURSOS ALGALES COMO FUENTE DE NUEVOS Y MEJORES ANTIVIRALES

Regina Elizondo-González¹, Elizabeth Cruz-Suárez², Denis Ricque-Marie², Alberto Peña-Rodríguez², Cristina Rodríguez-Padilla¹ y Laura M Trejo-Avila^{1*}.
Laboratorio de Inmunología y Virología¹ y Unidad de Maricultura², Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

*Corresponding author: laura.trejoav@uanl.edu.mx

Los tratamientos disponibles para muchas de las enfermedades infecciosas de interés clínico y veterinario son limitados, particularmente las de origen viral (Yasuhara-Bell y Lu 2010).

El repertorio de drogas antivirales comprende solamente 40 compuestos que están oficialmente aprobados para uso clínico, de las cuales la mitad de ellas se utilizan para el tratamiento de las infecciones por el Virus de la Inmunodeficiencia Humana utilizados para el tratamiento contra el Virus de la Hepatitis B (HBV), Virus del Herpes Simple (HSV), Virus de la Varicela Zoster (VZV), Citomegalovirus (CMV), Virus de la Influenza, Virus Sincitial Respiratorio (RSV)

y el Virus de la Hepatitis C (HCV) (De Clercq 2004).

La efectiva vacunación ha controlado o erradicado algunos de los virus de importancia médica, tal es el caso del Virus de la Polio, Sarampión, Paperas, Rubeola y Viruela. Sin embargo, para otras enfermedades de origen viral, particularmente el HIV y el HCV, no se cuenta actualmente con una vacuna para su control y en otros casos como los Virus de la Hepatitis B (HBV) y Virus Influenza tipo A y B, el desarrollo y uso de vacunas no ha eliminado la necesidad de agentes terapéuticos efectivos (De Clercq 2004).

Por otra parte, no todas las drogas antivirales

son siempre efectivas o bien toleradas. Los fármacos que bloquean la replicación viral alteran también el funcionamiento de las células normales y los límites entre las dosis terapéuticas y las dosis tóxicas son muy estrechas. La capacidad viral de mutar rápidamente y generar cepas resistentes a los fármacos da como resultado un constante interés de reemplazar las drogas antivirales que incluyan diferentes modos de acción. Para muchos virus, especialmente el HCV y HIV, la rápida adaptación y la resistencia a los fármacos hacen que muchos tratamientos sean inefectivos después del uso repetido (McCarthy 2007). A pesar de que la adaptación viral puede afectar el mercado de las drogas antivirales, también crea un potencial para que nuevas drogas entren a este (Ghosh *et al.* 2009, McCarthy 2007). Adicional a esto, el aumento de prevalencia de infecciones virales crónicas como el HIV, los virus de las Hepatitis B y C; la emergencia de nuevos virus como el SARS, así como el peligro potencial del uso de virus como armas biológicas (ej. virus de fiebres hemorrágicas y los virus erradicados de la viruela) ha incrementado la búsqueda de nuevas drogas antivirales (Barreto *et al.* 1998, De Clercq 2004).

En la medicina veterinaria, las infecciones producidas por virus representan una amenaza constante. Un ejemplo de ellas es el “moquillo” producido por el Virus del Distemper Canino (CDV), el cual se ha documentado en muchos países como Dinamarca, EUA, Finlandia, Japón y Alemania brotes de CDV aún en perros vacunados. Las opciones terapéuticas se limitan al tratamiento de los síntomas y a la eutanasia una vez que se observan los signos clínicos neurológicos, ya que no se cuenta con un antiviral específico (Appel y Summers 1999, Józwick y Frymus 2005, Scagliarini *et al.* 2006). En el caso particular de la industria avícola, las infecciones virales causan serias bajas en la productividad, con las consecuentes pérdidas económicas. La aplicación de agentes antivirales no es realizada debido a la alta toxicidad que la mayoría de los antivirales presenta. Aunado a lo anterior los costos de los mismos son tan altos que se prefiere la eliminación de las parvadas a su tratamiento (Alexander 2000).

Por lo descrito anteriormente surge la necesidad de desarrollar nuevas alternativas de prevención y/o tratamiento de enfermedades virales de importancia clínica y veterinaria, que sean efectivas, no tóxicas y económicas.

Una alternativa promisoría es la búsqueda de productos antivirales derivados de fuentes naturales;

como flora terrestre, hongos, bacterias, flora y fauna marina. El ambiente marino representa la mitad de la biodiversidad global, en el cual se estima que existen entre 3 y 500 millones de diferentes especies, ofreciendo una infinidad de recursos (Yasuhara-Bell y Lu 2010).

Desde hace mucho tiempo se conocía que los organismos marinos contenían sustancias con potentes actividades biológicas. Investigaciones científicas se han realizado al respecto en los últimos 50 años en numerosas formas de vida marina, como bacterias, algas, esponjas, hongos, corales, etc. Muchos productos farmacológicos y terapéuticos han sido obtenidos de organismos marinos, de los cuales algunos ya se encuentran disponibles en el mercado (Yasuhara-Bell y Lu 2010).

Algunas investigaciones han demostrado que las algas producen una gran variedad de metabolitos biológicamente activos, que presentan estructuras moleculares únicas, capaces de inhibir ciertos microorganismos como bacterias, virus y hongos, por lo que en los últimos años se ha incrementado la investigación bioquímica y su uso médico (Carlucci *et al.* 1997, Ghosh *et al.* 2009).

Ejemplo de estos metabolitos son los polisacáridos sulfatados de algas, los cuales en años recientes han demostrado tener actividad *in vitro* e *in vivo* contra una gran variedad de virus, incluyendo los Herpesvirus (HSV-1, HSV-2, CMV), Togavirus (Sindbis virus, Semliki Forest virus), Paramyxovirus (RSV), Rhabdovirus (Virus de la Estomatitis Vesicular), y contra Virus de Inmunodeficiencia Humana (HIV) (Yasuhara-Bell y Lu 2010). Estos compuestos representan una promisoría perspectiva como drogas antivirales (Ghosh *et al.* 2009).

En los últimos años, el estudio de distintas algas rojas, pardas, y verdes (fig 1), ha permitido el aislamiento y evaluación de una gran diversidad de polisacáridos sulfatados, de variada estructura química como antivirales contra diferentes virus envueltos (Damonte *et al.* 2004). Estos polisacáridos sulfatados incluyen a los homopolisacáridos sulfatados, heteropolisacáridos sulfatados, sulfoglicolípidos, carragenanos y fucoidanos.

El grado de inhibición varía de acuerdo al compuesto y al virus. La actividad de los polisacáridos sulfatados es evidentemente determinada por su estructura y composición, que varían de acuerdo a las especies de algas, proceso de extracción, y a la tem-



FIGURA 1. Imagen del alga verde *Ulva clathrata*.

porada de cosecha y condiciones climáticas (Pujol *et al.* 2007). Uno de los parámetros más importantes en la actividad antiviral es el grado de sulfatación de los polisacáridos (número de grupos sulfato por residuo monosacárido). No obstante la posición específica del grupo sulfato representa un papel importante en la actividad antiviral. Por otra parte, la actividad antiviral también se correlaciona con el peso molecular de la cadena, a mayor peso molecular, mayor actividad, sin embargo, por arriba de los 100 kDa, no se ha observado un incremento en la actividad (Ghosh *et al.* 2009).

Se ha considerado que las moléculas de los polisacáridos sulfatados actúan inhibiendo la entrada de virus envueltos. El contacto inicial entre los virus envueltos y la célula hospedera ocurren mediante interacciones iónicas entre las regiones cargadas positivamente de las glicoproteínas virales y los constituyentes de la superficie celular cargadas negativamente. Los polisulfatos presentan una gran densidad de cargas negativas en su molécula debido a la presencia de residuos sulfato. Por lo tanto, los polisacáridos sulfatados podrían actuar al unirse a las glicoproteínas virales involucradas en la adsorción, compitiendo por los receptores de la superficie celular. Por otra parte, se ha propuesto que no solo las cargas positivas de las glicoproteínas virales se encuentran protegidas por los polisulfatos, sino que añaden un potencial negativo adicional que disrumpe el contacto virus-célula (Damonte *et al.* 2004, Lee *et al.* 2004, Lüscher-Mattli 2000).

Recientemente, las diversas controversias acerca de la estructura molecular de los polisacáridos sulfatados, las glicoproteínas virales y los receptores de la superficie celular han sido resueltas, y muchos aspectos sobre la actividad antiviral han sido elucidados. Se ha demostrado que las propiedades antivirales de los polisacáridos sulfatados no son una simple función de densidad de cargas y longitud de la cadena, las características detalladas de la estructura de la molécula juegan un papel fundamental. La eficacia de estos compuestos en las pruebas “*in vivo*” corresponden a su habilidad de inhibir la adhesión del virus con la superficie celular, así como en algunos casos la actividad virucida tiene un papel adicional (Ghosh *et al.* 2009).

Por otra parte existen diversos trabajos en donde se demuestra un efecto inhibitorio en la replicación viral, por lo cual los polisacáridos sulfatados podrían estar actuando en diferentes niveles (Chen *et al.* 2010, Preeprame *et al.* 2001).

Los péptidos de anclaje viral son regiones altamente conservadas en la glicoproteína de la superficie viral. Estos péptidos sufren pocas alteraciones, por lo tanto, se espera que no sean sitios frecuentes de mutaciones de resistencia inducidos por estos compuestos (Ghosh *et al.* 2009).

Además de la baja inducción de mutantes virales resistentes, los polisacáridos sulfatados presentan otras ventajas comparados con otras clases de drogas antivirales, entre las cuales destacan sus bajos costos de producción, amplio espectro de actividad antiviral y baja citotoxicidad, por lo cual los hace candidatos promisorios para ser utilizados como antivirales en un futuro cercano (Ghosh *et al.* 2009).

Dentro de estos polisacáridos sulfatados se encuentra el fucoidan extraído de *Cladosiphon okamuranus* (Figura 2), el cual está compuesto principalmente de L-fucosa y sulfato, junto con otros componentes en menor proporción como D-xilosa, D-galactosa, D-manosa y ácido D-glucurónico. Además, no presenta efectos anticoagulantes como muchos otros polisacáridos sulfatados, lo cual representa una enorme ventaja para su uso como antiviral (Ghosh *et al.* 2009).

Nuestro grupo de trabajo estudió el efecto de este fucoidán sobre la replicación del NDV y CDV encontrando muy buena actividad antiviral en las primeras etapas del ciclo viral, probablemente al bloquear receptores celulares y/o receptores virales y también se demostró un efecto en etapas posteriores a la adsorción y penetración, probablemente sobre la síntesis o

procesamiento de las proteínas virales.

Por otra parte, el fucoidán extraído de *C. okamuranus* mostró ser un potente antiviral, a dosis no tóxicas para las células en cultivo y para embriones de pollo, por lo que su empleo podría ser una alternativa potencial para la prevención y control de CDV y de NDV, así como para otros virus de la misma familia y/o para otros virus envueltos con mecanismos de entrada semejante a estos, de interés en salud pública y/o veterinaria como son los virus de Sarampión e Influenza.

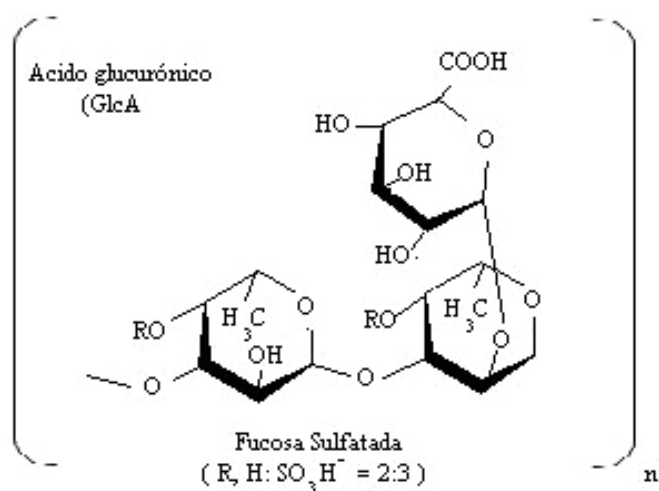


FIGURA 2. Imagen de una molécula de fucoidan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander DJ. 2000. Newcastle disease and other avian paramyxoviruses. *Rev Sci Tech* 19: 443-62
- Appel M, Summers B. 1999. Recent advances in canine infectious diseases. pp. http://www.ivis.org/advances/infect_dis_carmichael/appel_es/ivis.pdf. Ithaca, New York, USA: International Veterinary Information Service
- Barreto P, Gundian G, Rodríguez M, Pino A. 1998. Medicamentos Antivirales. pp. 86-100: *Acta Medica*
- Carlucci MJ, Sclaro LA, Errea MI, Matulewicz MC, Damonte EB. 1997. Antiviral activity of natural sulphated galactans on herpes virus multiplication in cell culture. *Planta Med* 63: 429-32
- Chen MZ, Xie HG, Yang LW, Liao ZH, Yu J. 2010. *In vitro* anti-influenza virus activities of sulfated polysaccharide fractions from *Gracilaria lemaneiformis*. *Virol Sin* 25: 341-51
- Damonte E, Matulewicz M, Cerezo A. 2004. Sulfated seaweed polysaccharides as antiviral agents. *Curr Med Chem* 11: 2399-419
- De Clercq E. 2004. Antivirals and antiviral strategies. *Nat Rev Microbiol* 2: 704-20
- Ghosh T, Chattopadhyay K, Marschall M, Karmakar P, Mandal P, Ray B. 2009. Focus on antivirally active sulfated po-

lysaccharides: from structure-activity analysis to clinical evaluation. *Glycobiology* 19: 2-15

- Jóźwik A, Frymus T. 2005. Comparison of the immunofluorescence assay with RT-PCR and nested PCR in the diagnosis of canine distemper. *Vet Res Commun* 29: 347-59
- Lee JB, Hayashi K, Hashimoto M, Nakano T, Hayashi T. 2004. Novel antiviral fucoidan from sporophyll of *Undaria pinnatifida* (Mekabu). *Chem Pharm Bull* (Tokyo) 52: 1091-4
- Lüscher-Mattli M. 2000. Polyanions--a lost chance in the fight against HIV and other virus diseases? *Antivir Chem Chemother* 11: 249-59
- McCarthy B. 2007. Antivirals--an increasingly healthy investment. *Nat Biotechnol* 25: 1390-3
- Preeprame S, Hayashi K, Lee JB, Sankawa U, Hayashi T. 2001. A novel antivirally active fucan sulfate derived from an edible brown alga, *Sargassum horneri*. *Chem Pharm Bull* (Tokyo) 49: 484-5
- Pujol C, Carlucci M, Matulewicz M, Damonte E. 2007. Natural sulfated polysaccharides for the prevention and control of viral infections. *Top Heterocycl Chem* 11: 259-81
- Scagliarini A, Vaccari F, Gallina L, Dal Pozzo F, Prosperi S. 2006. *In vitro* evaluation of antiviral activity of ribavirin against canine distemper virus. *Veterinary Research Communication* 30: 269-72
- Yasuhara-Bell J, Lu Y. 2010. Marine compounds and their antiviral activities. *Antiviral Res* 86: 231-40

ESTUDIO TAXONÓMICO DEL FITOPLANCTON DEL TRAMO INFERIOR DEL RÍO JÚCAR CON ESPECIAL ÉNFASIS EN LAS ALGAS VERDES COCALES (VALENCIA - ESPAÑA)

María del Carmen Pérez¹, Augusto Comas² y Nora Maidana³

¹ Colaboradora del Proyecto "Flora Ibérica de Aguas Continentales", Valencia, España, perez.baliero@gmail.com

² Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, A.P. 202, Cienfuegos 55100, Cuba.

³ Dpto. de Biodiversidad y Biología Experimental, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pab. II, 4º piso, C1428EHA Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Entre Abril 2001 y Abril 2007 se colectaron varias muestras de fitoplancton en un punto fijo localizado en el tramo inferior del río Júcar (SW, España). En este primer estudio taxonómico de la comunidad fitoplanctónica del río Júcar se han observado 98 taxa de Cianobacterias, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Prymnesiophyceae y Zygnemaphyceae. Se ha puesto especial énfasis en las algas verdes cokaes (Chlorococcales s.l.) que presentaron la mayor diversidad de especies. Los géneros mejor representados en todas las muestras analizadas fueron *Desmodesmus* An *et al.* y *Scenedesmus* Meyen, con 12 taxa. Se presenta una nueva combinación: *Pseudopediastrium boryanum* var. *caribeanum* (Com.) comb. nov. (Basiónimo: *Pediastrium boryanum* var. *caribeanum* Comas. La diatomea *Nanofrustulum shiloi* es registrada por primera vez para España. La coexistencia de especies costeras y marinas demuestra que el tramo inferior de este río se comporta como un estuario.

Palabras clave: *Chlorococcales*, *Chlorophyta*, *España*, *fitoplancton*, *ríos*, *taxonomía*.

INTRODUCCIÓN

El Júcar es un río mediterráneo regulado y uno de los 6 ríos más importantes de España, (Arenillas Parra y Sáenz Ridruejo, 1987, 1987). El único antecedente acerca del conocimiento de la comunidad fitoplanctónica de este río es el estudio de los principales reservorios de su cuenca hidrográfica (DASÍ *et al.* 1998). En el marco del Proyecto "Flora Ibérica de Aguas Continentales" se presentan los resultados del primer estudio taxonómico del fitoplancton del tramo inferior del río Júcar con especial énfasis en las algas verdes cokaes (Chlorococcales s.l.).

Área de estudio

Nuestra área de estudio comprende el tramo inferior del río Júcar con una estación de muestreo si-

tuada cerca del puente en la carretera nacional N332, donde el río tiene 41m de ancho y una profundidad máxima de 4,80m (Soria, com. pers.).

La cuenca del río Júcar tiene un área de 42904 km² (Arenillas Parra y Sáenz Ridruejo, 1987) siendo su principal tributario el río Cabriel (Fig. 1). La longitud del río es de 497,5 km y la descarga anual es regulada por varias represas, siendo las más importantes Alarcón, Contreras y Tous (Dasí *et al.* 1998), de manera que el río llega a su desembocadura con escaso caudal, alrededor de 5 m³ s⁻¹ según datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

El principal uso del agua de la cuenca es el consumo agrícola (horticultura, arrozales) y el abastecimiento a la población y a la industria. El clima de la región es mediterráneo seco con alrededor de 520 mm de precipitación anual (Arenillas Parra y Sáenz Ridruejo, 1987).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de fitoplancton se colectaron con botellas y con red de plancton de 20µm de malla por medio de arrastre superficial desde un muelle, en Abril y Noviembre de 2001, Abril, Julio y Noviembre de 2002, Agosto de 2003 y Abril de 2004, 2005 y 2006. Una parte del material se conservó fresco para la observación de organismos flagelados y otra parte se fijó in situ con glutaraldehído al 2% según Sournia (1978).

Como las actuales investigaciones genético-moleculares originan numerosos cambios sistemáticos cuyas consecuentes adecuaciones nomenclaturales aun no se han publicado totalmente, preferimos, en principio, aplicar el sistema de Kómarek y Fott (1983) para las algas verdes y el de Hoffmann *et al.* (2005) para las Cianobacterias. Para las observaciones y estudio del material se utilizaron microscopios ópticos Olympus y Laborlux Leica-Leitz, equipados con contraste de fases. Para el estudio de las diatomeas, parte de las muestras fueron oxidadas según la metodolo-

gía clásica de Hasle y Fryxell (1970). Para los análisis de cryo-SEM se colocó una gota de material concentrado sobre un filtro de membrana GTTP Millipore que fue congelado durante 10 minutos (cryotransfer system-Oxford Instruments), bañado con oro y analizado en un microscopio de barrido JSM-5410 JEOL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 98 taxa pertenecientes a Cianobacterias (8 taxa), Bacillariophyceae (24), Chlorophyceae s.l. (49), Chrysophyceae (2), Cryptophyceae (2), Dinophyceae (3), Euglenophyceae (7), Prymnesiophyceae (1) y Zygnemaphyceae (2) (Tab.1).

Comentarios sobre algunas especies particularmente interesantes

Chlorococcales s.l.

-*Actinastrum hantzschii* Lagerheim 1882 var. *hantzschii*.

Dimensiones: células de 14-20 x 3,4 µm. (Fig. 1)

Esta especie también es muy común en el tramo inferior del río Ebro (Pérez *et al.* 2002, 2009).

-*Coenococcus* cf. *Fottii* Hind. 1977

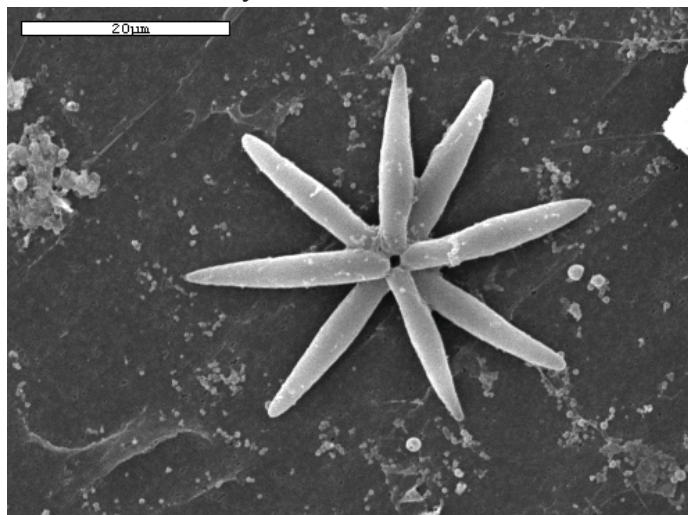


FIGURA 1. Imagen de *Actinastrum hantzschii* Lagerheim 1882 var. *hantzschii*.

(= *Eutetramorus* cf. *Fottii* (Hind.) Kom. sensu Kom., 1983, *Sphaerocystis schroeteri* sensu auct. post.; *Coenochloris Fottii* (Hind.) Tsarenko 1990, non *Coenochloris Fottii* Kostikov *et al.* 2002, nom. Illeg.)

Dimensiones: células de 4,8-7,5 µm de diámetro.

De acuerdo con Kómarek y Fott (1983), *Coenococcus* Korš. y *Eutetramorus* Walton son sinónimos,

teniendo prioridad este último. Bourrelly (1966), ya había señalado que no existía justificación para la separación de ambos géneros, sin embargo otros autores consideraron a *Eutetramorus* como dudoso, aplicando el nombre genérico de *Coenococcus* para especies afines (ver Hindák, 1984). Considerando que *Eutetramorus globosus* Walton (especie tipo del género) fue no sólo pobremente descrita sino que su iconotipo muestra células con una disposición en paralelo dentro de la envoltura mucosa colonial y teniendo en cuenta que es éste uno de los caracteres más importantes para el establecimiento de los límites genéricos, puede *Coenococcus* ser aceptado como el nombre genérico correcto. Por otra parte cabe señalar que Kostikov *et al.* (2002) incluyen algunas especies de este género dentro de *Radiococcus*.

Este tipo morfológico ha recibido diferentes denominaciones: Hindák (1977) describe *Coenococcus Fottii* para aquellos organismos pláncnicos ampliamente distribuidos identificados como *Sphaerocystis schroeteri*; pero que se reproducen exclusivamente por autósporas. Kómarek (1979) y Kómarek y Fott (1983) aplican sin embargo el nombre *Eutetramorus Fottii* (Hind.) Kom., considerando a *Coenococcus* como sinónimo de *Eutetramorus*. Teniendo en cuenta la permanencia de restos de las paredes maternas dentro del mucílago colonial (propio de *Coenochloris* y no de *Coenococcus*), Hindák (1984, 1988) la considera *Coenochloris polycocca* (Korš) Hind. TSA-RENKO (1990), la incluye también en *Coenochloris*, pero como una especie independiente (*C. Fottii* (Hind.) Tsarenko) y finalmente Kostikov *et al.* (2002) como *Radiococcus polycoccus* (Hind.) Kostikov *et al.*

-*Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. 2000

Dimensiones: células de 9-18 x 3-7 µm, espinas de 6-15 µm de largo

Registrado para España como *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson (Cambra Sánchez *et al.* 1998).

-*D. intermedius* (Chodat) Hegew. 2000

Dimensiones: células de 6,5 x 2,6 µm

Los ejemplares observados (Fig.2) se corresponden con esta especie por la ultraestructura de su pared celular, pero por su morfología se corresponden con la var. *balaticus* Hortob., no reconocida por Hegewald (in litt.).

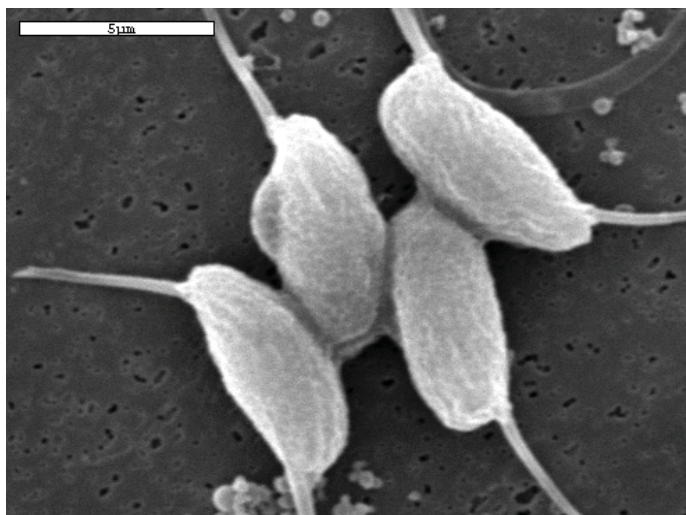


FIGURA 2. Imagen de *Desmodesmus intermedius* (Chodat) Hegew. 2000

-*D. maximus* (W. et G. S. West) Hegew. 2000

Dimensiones: células de 14-22 x 6-6,2 μm

Nuestro material, observado al microscopio óptico, podría confundirse con *D. opoliensis* tanto por las dimensiones (menores en algunos ejemplares a las del típico *D. maximus*) como por su morfología, sin embargo la ornamentación de la pared celular observada al microscopio electrónico de barrido (Fig. 3) muestra rosetas abiertas y grandes que coinciden con las de *D. maximus*. *D. opoliensis* presenta rosetas más pequeñas rodeadas de verrugas espinosas y cubiertas por una estructura reticular. La superficie de la pared celular, en esta última especie, puede también presentar costillas (Fig. 4).

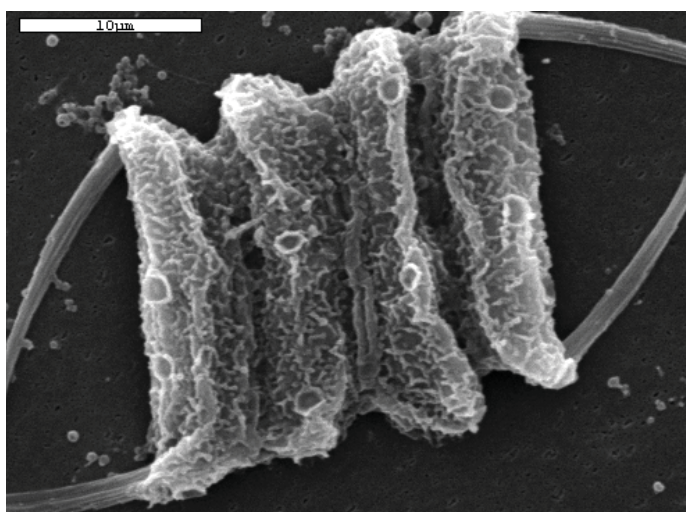


FIGURA 3. Imagen de *Desmodesmus maximus* (W. et G. S. West) Hegew. 2000

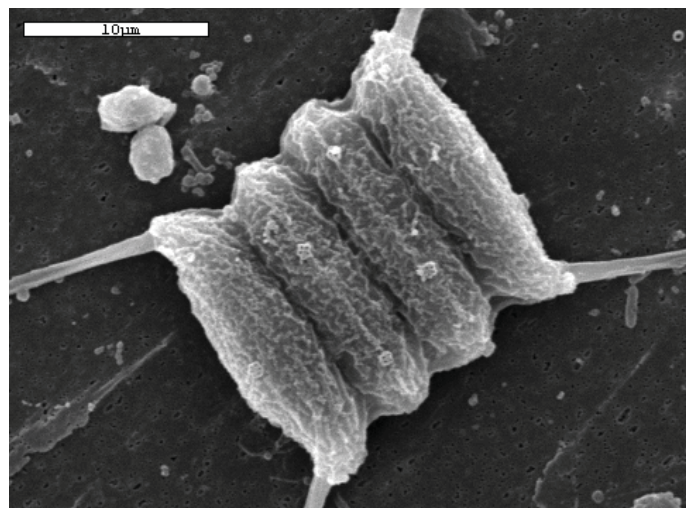


FIGURA 4. Imagen de *Desmodesmus opoliensis*

-*Hariotina reticulata* Dangeard

(=*Coelastrum reticulatum* (Dangeard) Senn 1899).

Dimensiones: coenobia de 7-18 μm de diámetro, células de 5-6 μm de diámetro. (Fig. 5)

Dangeard (1888) describió al género *Hariotina* con su especie tipo: *H. reticulata* Dangeard. SENN (1899), considera a *Hariotina* como sinónimo de *Coelastrum*, de manera que para algunos autores *Hariotina* quedó como un subgénero dentro de *Coelastrum*. Las diferencias principales entre ambos géneros se basan en los apéndices de unión entre células vecinas que son mayormente basales o algo laterales en *Coelastrum*, mientras que en *Hariotina* estos procesos son subapicales. La mayoría de los autores aceptaron a *Coelastrum reticulatum* (Dangeard) Senn, hasta que Hegewald *et al.* (2002) sobre bases genético-moleculares sustentan a *Hariotina* como género independiente. Por otra parte *H. polychorda* (Korš,) Hegewald, E, Coesel et Hegewald, P. (descrita por Koršikov (1953) como una var. dentro de *C. reticulatum*), se diferencia por el número de apéndices de unión entre células vecinas. *H. reticulata* presenta entre células vecinas mayormente un apéndice, muy raro 2, mientras que en *H. polychorda* se observan entre 2-3 apéndices.

Esta especie también es muy común en el tramo inferior del río Ebro (Pérez *et al.* 2002, 2009).

-*Micractinium crassisetum* Hortob. 1973

Dimensiones: células de 5-8 μm de diámetro, setas de 25 μm de largo

Especie reconocible por presentar, en las caras libres de las células, 1-2 setas cónicas, firmes y hialinas

con una base conspicuamente ancha que se va atenuando gradualmente hasta terminar en un extremo puntiagudo.

-*Nephrochlamys subsolitaria* (G. S. West) Korš. 1953

Dimensiones: células de 12 μm de diámetro, colonias 17,6 x 9,6 μm .

Esta especie pláctica forma colonias particulares donde las células hijas permanecen largo tiempo dentro de la pared materna firme que mantiene la forma de la célula madre. Las células solitarias muchas veces han sido confundidas con *Kirchneriella*. Los organismos observados alcanzan, en sus dimensiones, los límites máximos. Ya fue registrada en España (Cambrá Sánchez *et al.* 1998), sin embargo no es muy común.

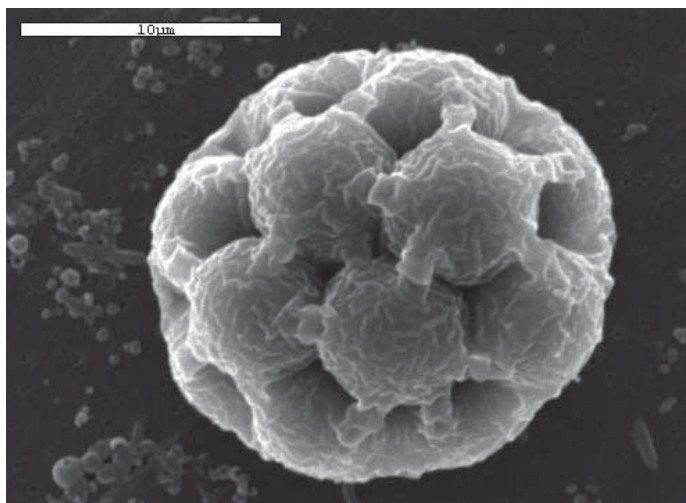


FIGURA 5. Imagen de *Hariotina reticulata* Dangeard

-*Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) Hegew. in Buchheim *et al.* 2005 var. *boryanum*

Dimensiones: coenobia de 40-70 μm de diámetro.

En nuestro material se observaron además individuos muy semejantes a *Pediastrum boryanum* var. *caribeanum* Com., que se diferencia de la variedad típica fundamentalmente por sus procesos corniformes hasta dos veces más largos que el diámetro celular, paralelos o a veces convergentes, y por las delicadas granulaciones de la pared celular que llegan hasta los extremos de los lóbulos y sobre los procesos. Este taxon descrito para Cuba (Comas, 1989) y aceptado por Kómarek y Jankoská (2001); presenta una relativamente amplia distribución geográfica habiendo sido observada en sedimentos fósiles de Europa Central.

Aunque *Pseudopediastrum boryanum* (= *Pediastrum boryanum* (Turp.) Meneghini) fue establecida sobre bases genético-moleculares, la var. *caribeanum* por sus estrechas relaciones morfológicas con la especie, debe ser incluida como variedad independiente dentro de esta especie.

Pseudopediastrum boryanum var. *caribeanum* (Com.) comb. nov. (Basónimo: *Pediastrum boryanum* var. *caribeanum* Comas, A. 1989.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 82/2, Algolog. Stud. 55, p. 140, Fig. 6A-C).

-*Scenedesmus ellipsoideus* Chod. 1926

Dimensiones: células de 11-11,8 x 6 μm

Los ejemplares del río Júcar se corresponden con *S. ellipsoideus* Chod. 1926, especialmente en el concepto de Hindák (1990), caracterizados por sus células anchamente ovales unidas mayormente en 1/2 o 1/3 de sus paredes laterales, formando coenobia de 4-8 células, desde alineados hasta marcadamente alternados. Presenta obligatoriamente 4 espinas principales largas, más o menos vigorosas; facultativamente aparecen espinas adicionales más cortas, en uno o en ambos polos celulares (tanto en las células externas como internas) (Fig. 6). Se señala la formación ocasional de costillas inconspicuas al microscopio óptico (Hindák, 1990), no observadas en nuestros ejemplares.



FIGURA 6. Imagen de *Scenedesmus ellipsoideus* Chod. 1926

res.

Con esta especie, al parecer, existen principalmente dos interpretaciones: i) la original (Chodat,

1926, p. 240, fig. 145) seguida por Kómarek y Fott (1983) y por Hegewald y Silva (1988) y ii) la de algunos autores como Hortobágyi y Nemeth (1963), Uherkóvich (1966, 1968), Hortobágyi (1981) y Hindák (1990).

De acuerdo con la diagnosis e ilustración originales (ver Hegewald y Silva, 1988, p. 230, Fig. 368), el taxon presenta coenobia lineales con sus células elipsoidi-cilíndricas unidas apretadamente a lo largo de sus paredes transversales, con 4 espinas principales, una en cada polo de las células marginales. Ocasionalmente se forman espinas accesorias más pequeñas, tanto en los extremos de las células externas como en los de las internas. Kómarek y Fott (1983), consideran a esta especie probablemente idéntica a *S. magnus* Meyen, a pesar de sus menores dimensiones.

Hegewald (2000) considera que *S. ellipsoideus* sensu Chodat (1926) es sinónimo de *Desmodesmus armatus* (Chod.) Hegew., sin embargo no presenta las costillas típicas de *D. armatus*. Es importante señalar que según el concepto de Hegewald (2000), esta última especie es un taxon muy amplio y quizás muchos de los taxa incluidos en él pudieran ser realmente morfoespecies independientes dentro de *Desmodesmus*. Si bien al microscopio óptico nuestros ejemplares se corresponden con *S. ellipsoideus* sensu Hindák (1990), la ultraestructura de la pared es muy semejante a la de *D. intermedius* (Fig. 2) por lo que *S. ellipsoideus* sensu Hindák (1990), así como en el sentido de otros autores, pudiera ser en realidad sinónimo de *D. intermedius*.

Bacillariophyceae.

De acuerdo con el catálogo de Cambra Sánchez *et al.* (1998), hemos registrado una nueva especie para España: *Nanofrustulum shiloi* Round, Hallsteinsen y Paasche (1999), antes conocida como *Fragilaria shiloi* Lee, Reimer y McEnery. Esta pequeña diatomea pennada presenta la cara valvar casi circular, con un esternón amplio y con estrías radiales y notablemente areoladas, que presentan una espina terminal (Fig. 8). Se trata de una especie costera o marina que puede vivir libre o como endosimbionte (Lee *et al.* 1980, 1995). Nuestros ejemplares miden 4,3 x 4,0 µm y tienen alrededor de 20 estrías en 10 µm.

Comentarios generales

En un estudio previo de los reservorios alcalinos de la cuenca del río Júcar, realizado en el verano de 1995, Dasí *et al.* (1998) registraron 20 taxa de Chlorococcales y 4 taxa de Volvocales que representan una

diversidad notablemente inferior a la de nuestros resultados. En el tramo inferior del río Ebro se han registrado 304 taxa fitoplanctónicos distribuidos en 13 clases (Pérez *et al.* (2009) lo que indica una diversidad marcadamente mayor a la observada en el tramo inferior del río Júcar. En relación a esto, los grupos fitoplanctónicos que presentaron la mayor riqueza específica fueron las algas verdes y las diatomeas, tal como ha sido observado en los tramos inferiores de los ríos Ebro (Pérez *et al.* 2002, 2009), Minho (Vasconcelos y Cerqueira 2001), ríos Rhine y Meuse (Ibellings *et al.* 1998).

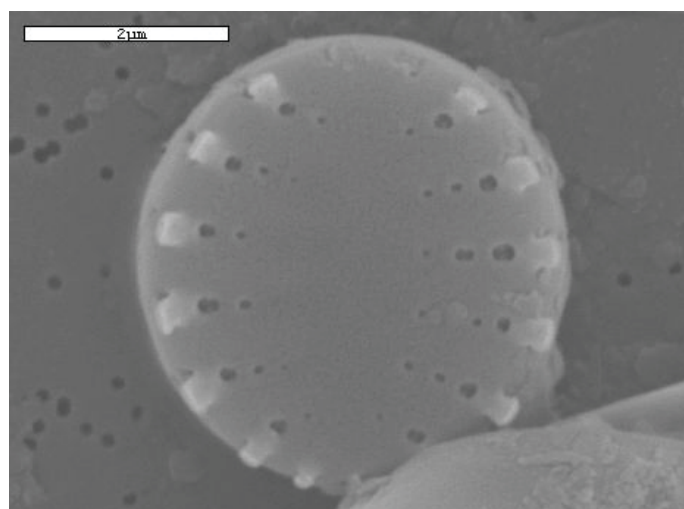


FIGURA 7. Imagen de *Nanofrustulum shiloi* Round, Hallsteinsen y Paasche (1999)

Montesanto *et al.* (2000) registraron un total de 122 taxa fitoplanctónicos en el río Aliakmon (Grecia) entre Febrero 1995 y Enero 1996, siendo también los 2 grupos más importantes las Chlorophyta con 43,4% del total de especies y Bacillariophyceae con 19,7% con un gran número de especies ticoplanctónicas, tal como observaron Pérez *et al.* (2009) para el tramo inferior del río Ebro.

Hindák y Hindáková (2004) analizaron el fitoplancton de los ríos Morava y Danubio en Bratislava (W -Slovakia), y observaron 426 y 406 especies respectivamente, de las cuales el 31 y el 33 % eran Chlorococcales. Este porcentaje es algo inferior al observado en nuestro estudio (47 %). Las Chlorococcales son el grupo más importante en los ríos Danubio, Morava y Ebro y al igual que en el río Júcar (Tab. 1), los géneros *Desmodesmus* y *Scenedesmus* (Figs. 4, 5, 7, 9, 10) son los que presentan la mayor riqueza de especies (Schmidt *et al.* 1994, Kiss y Schmidt, 1998, Hindák y Hindáková, 2004; Pérez *et al.* 2002, 2009).

Las Cianobacterias son el tercer grupo impor-

tante en el fitoplancton del río Júcar tal como sucede en el tramo inferior del río Minho donde se han observado floraciones regulares en Agosto entre 1989 y 1999 (Vasconcelos y Cerqueira 2001).

El tramo inferior del río Júcar se comporta como un estuario donde se observan con frecuencia especies del fitoplancton costero y marino como las diatomeas *Cylindrotheca closterium* y *Pseudo-nitzschia* sp., el dinoflagelado *Prorocentrum* sp. y el cocolitofórido *Syracosphaera* sp

Agradecimientos

Los autores agradecen a los responsables del proyecto Flora Ibérica de Aguas Continentales, en especial al Dr. P. Sánchez-Castillo, por el apoyo brindado y por la lectura crítica de este manuscrito, al Dr. J. Soria por sus informaciones acerca del río Júcar, al Dr. E. Hegewald (Jülich) por sus valiosos comentarios, a A. Manjón por su colaboración con los muestreos y a los Técnicos del Servicio de Microscopía Electrónica de la U.P.V. (Valencia).

REFERENCIAS

- Arenillas Parra, M.; Sáez Ridruejo, C. 1987. *Guía física de España. 3. Los ríos*. Alianza Editorial, Madrid.
- Bourrelly, P. 1966. *Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. I. Les algues vertes*. - N. Boubés y Cie, Paris, 511 pp.
- Cambra Sánchez, J.; Álvarez Cobelas, M.; Aboal Sanjurjo, M. 1998. Lista florística y bibliográfica de los clorófitos (Chlorophyta) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. In: García-Avilés, J. y E. Rico (eds.), *Listas de la Flora y Fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica No.14, Asociación Española de Limnología*.
- Comas, A. 1989. Taxonomische Übersicht der zönotischen Chlorokokkallagen von Kuba I. Fam. Hydrodictyaceae.- *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 82/2, *Algolog. Stud.* 55: 129-151.
- Dangeard, P. A. 1888. *Mémoire sur les algues.-Le Botaniste*, Paris, 1: 127-174.
- Dasí, M. J.; Miracle, M. R.; Camacho, A.; Soria, J. M.; Vicente, E. 1998. Summer phytoplankton assemblages across trophic gradients in hard-water reservoirs. *Hydrobiologia* 369/370: 27-43.
- Hasle, G. R.; Fryxell, G. A. 1970. Diatomas; cleaning and mounting for the light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopy Society* 86: 469-474.
- Hegewald, E. 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Algolog. Stud.* 96: 1-18.
- Hegewald, E.; Coesel, P. F. M.; Hegewald, P. 2002. A phytoplankton collection from Bali, with the description of a new *Desmodesmus* species. *Algolog. Stud.* 105: 51-78.
- Hegewald, E.; Silva, P. C. 1988. Annotated Catalogue of *Scenedesmus* and nomenclaturally related genera. *Bibliotheca Phycologica* 80, J. Cramer, Stuttgart.
- Hindák, F. 1977. Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) I.- *Biol. Prace, Bratislava*, 23 (4): 1-190.
- Hindák, F. 1984. Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) III.- *Biol. Prace, Bratislava*, 1: 1-308.
- Hindák, F. 1988. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae). IV.- *Biol. Prace, Bratislava*, 34 (1-2): 1-263.
- Hindák, F. 1990. Studies on the Chlorococcal Algae (Chlorophyceae) V.- *Veda, Slovak Acad. Sci., Bratislava*.
- Hindák, F.; HindákOVÁ, A. 2004. Diversity of the phytoplankton of the Morava and Danube Rivers in Bratislava (W Slovakia) in 2003. *Bull. Slov. Bot. Spolcn, Bratislava*, 26: 9-17.
- Hoffmann, L.; Kómarek, J.; Kastovsky, J. 2005. System of Cyanoprokaryotes (Cyanobacteria) – state in 2004. *Algolog. Stud.* 117: 95-115.
- Hortobagyi, T. 1981. New *Scenedesmus* taxa from the Budapest section of the Danube (between the 1588-1674 km). *Acta Botanica Academiae de Scientias Hungaricae* 26: 317-337.
- Hortobagyi, T.; Németh, J. 1963. Neue Algen aus den Fischteichen von Gödöllő. *Acta Botanica Academiae Scientias Hungaricae* 9: 307-321.
- Ibellings, B.; Admiraal, W.; Bijkerk, R.; Ietswaart, T.; Prins, H. 1998. Monitoring of algae in Dutch rivers: does it meet its goals?. *J. Applied Phycol.* 10: 171-181.
- Kiss, K. T.; Schmidt, A. 1998. Changes of the Chlorophyta species in the phytoplankton of the Hungarian section of the Danube River during the last decades (1961-1997). *Biologia, Bratislava* 53: 509-518.
- Kómarek, J. 1979. Änderungen in der Taxonomie der Chlorokokkallagen.- *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 56, *Algolog. Stud.* 24: 239-263.
- Kómarek, J.; Jankovská, J. 2001. Review of the Green algal genus *Pediastrum*: implication for Pollen-analytical Research. *Bibliotheca Phycologica*, J. Cramer, 108, 127 pp.
- Kómarek, J.; Fott, B. 1983. Chlorococcales. In Huber-Pestalozzi (ed.): “*Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik u. Biologie*”. Teil 1, Stuttgart.
- Koršikov, O. A., 1953. *Pidklas Protokokovi (Protococcinae)*. *Viznačnik prisenovodnich vodorstevj Ukrainskoi RSR. Akad. Nauk. URSR., Kiev*, 5: 1-439.
- Kostikov, I.; Darienko, T.; Lukešoka, A.; Hoffmann, L. 2002. Revision of the classification system of Radiococcaceae Fott ex Kómarek (except the subfamily Dictyochlorelloideae) (Chlorophyta). *Algolog. Stud.* 104: 23-58.
- Lee, J. J.; Reimer, C. H. W.; McEnery, M. E. 1980. The identification of diatoms isolated as endosymbionts from larger foraminifera from the Gulf of Eilat (Red Sea) and the description of two new species, *Fragilaria shiloi* sp. nov. and *Navicula reissii* sp. nov. *Botanica Marina* 23: 41-48.
- Lee, J.; Morales, J.; Symons, A.; Hallock, P. 1995. Diatom symbionts in larger foraminifera from Caribbean hosts. *Marine Micropaleontology* 26 (1-4): 99-105.
- Montesanto, B.; Ziller, S.; Danielidis, D.; Economou-Amilli, A. 2000. Phytoplankton community structure in the lower reaches of a Mediterranean river (Aliakmon, Greece). *Arch. Hydrobiol.* 147(2): 171-191.
- Pérez, M. C.; Comas, A.; G. del Río, J.; Sierra, J. P. 2002. Planktonic Chlorophyceae from the lower Ebro river (Spain). *Acta Bot. Croat.* 61 (2): 99-124.
- Pérez, M. C.; Maidana, N. I. y Comas, A. 2009. Phytoplankton composition of the Ebro River estuary, Spain. *Acta Bot. Croat.* 68(1): 11-27.
- Schmidt, A.; Kiss, K. T.; Bartalis, E. T. 1994. Chlorococcal algae in the phytoplankton on the Hungarian section of the River Danube in the early nineties. *Biologia, Bratislava* 49: 553-562.
- Senn, G. 1899. Über einige kolonienbildende einzellige Algen.- *Botanische Zeitung, Leipzig*, 57: 39-104.
- Sournia, A. 1978. *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographie Methodology* 6, UNESCO, Paris.
- Tsarenko, P. M. 1990. *Kratig opredelitel Chlorokokkovich vodoroslej Ukrainskoj SSR*. Nauk. Dumkai, Kiev, 208 pp.
- Uherkovich, G. 1966. *Die Scenedesmus-Arten Ungarns*.- Budapest Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Uherkovich, G. 1968. Zur Chlorococcalen Flora Finnlands. I. Ekenäs-Tvärminne-Gegend. 1. *Acta Botanica Fennica* 82: 1-25.
- Vasconcelos, V.; Cerqueira, M. 2001. Phytoplankton community of river Minho (international section). *Limnetica* 20(1): 135-141.

Tabla 1: Taxa registrados en el tramo inferior del río Júcar (2001-2006).

CYANOBACTERIA

Chroococcus sp.
Limnothrix sp.
Merismopedia cf. *glauca* (Ehr.) Kütz.
Microcystis aeruginosa (Kütz.) Kütz.
Phormidium sp.
Planktothrix cf. *isothrix* (Skuja) Kómarek et Komárková
Pseudanabaena sp.
Spirulina sp.

CHRYSTOPHYCEAE

Dinobryon sp.
Mallomonas sp.

CRYPTOPHYCEAE

Cryptomonas marssonii Skuja
Cryptomonas sp.

DINOPHYCEAE

Gymnodinium sp.
Peridinium sp.
Prorocentrum sp.

BACILLARIOPHYCEAE

Amphora sp.
Aulacoseira granulata var. *angustissima* (Müller) Simonsen
Bacillaria paradoxa Gmelin in Linn.
Chaetoceros sp.
Cocconeis cf. *placentula* Ehr
Cyclotella meneghiniana Kütz.
Cylindrotheca closterium Reimann et Lewin
Cymatopleura sp.
Diatoma sp.
Entomoneis sp.
Karayevia clevei (Grunow in Cleve et Grunow) Round et Bukht.
Melosira varians Agardh
Nanofrustulum shiloi (Lee, Reimer et McEnery) Round, Halls-
 teinsen et Paasche
Navicula rhynchocephala Kütz.
Navicula sp.
Nitzschia cf. *sigma/sigmoidea*
Nitzschia sp.
Planothidium sp.
Pleurosira laevis Compère
Pseudo-nitzschia sp.
Skeletonema potamos (Weber) Hasle
Surirella sp.
Tabularia sp.
Thalassiosira pseudonana Hasle et Heimdal

EUGLENOPHYCEAE

Euglena proxima Dangeard
Lepocinclis acus (Ehr.) Marin et Melkonian
L. ovum (Ehr.) Minkewicz
L. oxyuris (Schmarda) Marin et Melkonian
L. spirogyroides (Ehr.) Marin et Melkonian
Peranema sp.
Phacus longicauda (Ehr.) Dujardin

CHLOROPHYCEAE s.l.**Volvocales**

Chlamydomonas sp.
Pandorina morum (Müller) Bory

Chlorococcales s.l.

Actinastrum hantzschii Lagerheim var. *hantzschii*.
Coelastrum microporum Nägeli
Coleastrum cf. *pseudomicroporum* Koršikov
Coenococcus Fottii Hindák
Crucigenia tetrapedia (Kirchn.) W. et G. S. West
Crucigeniella apiculata (Lemm.) Kom.
Closteriopsis longissima (Lemm.) Lemmermann
Chlorotetraedron incus (Teiling) Kom. et Kov.
Desmodesmus armatus (Chodat) Hegew.
Desmodesmus communis (Hegew.) Hegew.
Desmodesmus intermedius (Chod.) Hegew.
Desmodesmus maximus (W. et G. S. West) Hegew.
Desmodesmus opoliensis (Richter) Hegew. var. *opoliensis*
Desmodesmus opoliensis (Richter) var. *mononensis*
Desmodesmus pannonicus (Hortobágyi) Hegew.
Dictyosphaerium cf. *pulchellum* Wood.
Dictyosphaerium tetrachotomum Printz
Hariotina polychorda (Korš.) Hegew. et al.
Hariotina reticulata Dangeard
Micractinium crassisetum Hortob.
Micractinium pusillum Fresenius
Monactinus simplex var. *echinulatum* (Wittrock) Pérez Baliero
 et al.
Monactinus simplex (Meyen). Corda var. *simplex*
Monoraphidium arcuatum (Korš.) Hindák
Monoraphidium contortum (Thur.) Komárková-Legnerová.
Monoraphidium griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová
Monoraphidium minutum (Nägeli) Komárková-Legnerová
Nephrochlamys subsolitaria (G. S. West) Korš.
Oocystis lacustris Chod.
Oocystis marssonii Lemm.
Pediastrum duplex Meyen var. *duplex*
Pediastrum boryanum var. *caribeanum* Com.
Plankthosphaeria gelatinosa G. M. Smith
Pseudopediastrum boryanum (Turpin) Hegew. in Buchheim et
 al. var. *boryanum*
Pseudoschroederia cf. *robusta* (Korš.) Hegew. et Schnepf
Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chod.
Scenedesmus arcuatus (Lemm.) Lemm.
Scenedesmus ellipsoideus Chod.
Scenedesmus obliquus (Turpin) Kützing var. *dimorphus* (Tur-
 pin) Hansgirg
Scenedesmus obtusus Meyen
Scenedesmus pectinatus Meyen
Stauridium tetras (Ehr.) Corda
Tetranephris europaea (Hind.) Kom.
Tetrastrum cf. *elegans* Playfair
Tetrastrum triangulare (Chod.) Kom.
Treubaria triappendiculata Bernard
Ulotrichales s.l.
Koliella spiculiformis (Vischer) Hind.

PRYMNESIOPHYCEAE

Syracosphaera sp.

ZYGNEMAPHYCEAE

Closterium sp.
Staurastrum sp.

ADICIONES A LA FLORA DE ALGAS Y CIANOPROCARIOTAS DULCIACUÍCOLAS DE CUBA

A. Comas González, A. Moreira González y L. Toledo
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, CITMA, Cuba.

RESUMEN.- De muestras de agua de 4 lagunas cercanas al poblado de Covadonga (Antonio Sánchez), Cienfuegos, Cuba se identificaron, entre algas y cianoprocariotas (Cyanobacteria, Cyanoprokaryota), 182 especies, de ellas, 35 constituyen nuevas adiciones a la flora de Cuba: Cyanoprokaryota (6), Chrysophyceae (1), Xanthophyceae (5), Euglenophyceae (17). Chlorophyceae (1) y Zygnemaphyceae (5). Las Euglenophyceae fueron las más representadas, lo que puede indicar la presencia de materia orgánica en las lagunas estudiadas.

ABSTRACT.- On water samples from 4 small ponds near to the town Covadonga (Antonio Sánchez), province Cienfuegos, Cuba, were identified 182 species among microalgae and cyanophytes (Cyanobacteria, Cyanoprokaryota), 35 of them could be newly added to the freshwater algal Flora of Cuba. Cyanoprokaryota (6), Chrysophyceae (1), Xanthophyceae (5), Euglenophyceae (17), Chlorophyceae (1) and Zygnemaphyceae (5). Euglenophyceae were more represented, probably due to high content of organic matter in the ponds.

INTRODUCCIÓN

Sobre el conocimiento de la composición de las especies de algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de Cuba se conocen numerosas contribuciones (ver Comas, 2008). Las últimas referencias con información más actualizada son: "Introducción a las algas y cianoprocariotas de agua dulce de Cuba" (Comas, inédito) y el "Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de Cuba" (Comas, 2009), donde, en general, señalan para el país un total de 952 especies.

Durante el desarrollo del Proyecto de Ciencia y Técnica Territorial "Estudio de las lagunas naturales de Covadonga, Cienfuegos" se encontraron e identificaron algunas especies que no se conocían anteriormente para el país y que no estaban incluidas en las referencias citadas. El presente artículo reseña estos hallazgos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras provienen de 4 lagunas: 1- El Guanal, 2- Albertico, 3- Las Piedras y 4- Las Canteras, ubicadas en las cercanías del poblado de Covadonga (Antonio Sánchez), Cienfuegos, Cuba. Las tres primeras lagunas son naturales, mientras que la última (Las Canteras), es una laguna de excavación por la extracción de mármol y ocupada por agua del manto freático. Los niveles de acumulación de agua, así como su extensión, las tres primeras lagunas dependen del régimen de precipitaciones, alcanzando sus mayores niveles durante el período lluvioso, disminuyendo drásticamente hasta desaparecer casi totalmente, durante la seca. En el caso de la laguna Las Canteras sólo hay significativas variaciones en el nivel de agua, no en sus dimensiones.

De acuerdo con las posibilidades se tomaron muestras del plancton y del perifiton, las primeras mediante una red de fitoplancton con lumen de 20 µm y/o 1 L de agua, las segundas, por exprimido de plantas acuáticas flotantes, sumergidas o del detrito del litoral. Las muestras de agua se centrifugaron a 3000 rpm durante 5 minutos y luego observadas al microscopio óptico (Laborlux, Leica-Leitz). Los materiales procedentes del perifiton y del plancton colectado con red se observaron directamente al microscopio óptico. Todas las muestras se fijaron con formalina al 3%. Las microfotos se obtuvieron con una cámara digital Samsung.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se registraron 182 especies entre microalgas y cianoprocariotas (Tabla 1), 35 de ellas constituyen nuevos registros para el país. Son las siguientes:

Cyanoprokaryota

Cylindrospermopsis Seenayya et Subba Raju

Género, con 2 especies previamente registradas para Cuba (Kómarek, 1984).

Cylindrospermopsis cf. *curvispora* Watanabe (Lamina 1, Fig. 5a-e).

Tricomas, levemente constrictos, espiralados, ma-

yormente largos, con dos o más vueltas; células algo más largas que anchas, con aerótopos facultativos; acinetos cilíndrico-reniformes, solitarios o en pares, heterocitos cónico-ovales, estrictamente terminales. Dimensiones: tricomas 4,2-5 μm de ancho, células 7,5 x 5 μm , espirales 25 μm , de largo, 57 μm de ancho, heterocitos 6,7 x 2,5 μm , acinetos 10 x 2,5 μm , Localidades: Laguna Las Canteras.

Ésta es una población bien representada, se caracteriza por sus tricomas con espirales densas o espaciadas como en *Arthrospira* o *Spirulina*; pero por la presencia de heterocitos terminales pudiera ubicarse ya en el género *Cylindrospermopsis* o en *Anabaenopsis*, sin embargo por la forma de los heterocitos (cónico-ovales), estrictamente terminales, se corresponde mejor con *Cylindrospermopsis*, similar a *C. philippinensis* sensu Komárková y Tavera (1996) registrada para el Lago Catemaco, México; pero se distingue de ésta por la longitud de los tricomas, la disposición de las espirales y por la forma y paridad de los acinetos (Tabla 2). Precisamente por la forma de los tricomas y de los acinetos, esta población está más estrechamente relacionada con *C. curvispora* Watanabe.

Planktolyngbya Anagn. et Kom.

Género no conocido anteriormente en Cuba. En las localidades estudiadas se ha podido distinguir 3 especies.

Planktolyngbya circumcreta (G. S. West) Anagn. et Kom. (Lamina 1, Fig. 1a-c)

Se caracteriza por sus tricomas desde irregularmente espiralados hasta levemente helicoidales, mayormente con 2-2,5 vueltas (a veces más), no constrictos, vainas delgadas, firmes, incoloras, usualmente sobrepasando a los tricomas; células casi cuadradas o algo más cortas que anchas. Dimensiones: tricomas hasta 1 μm de ancho; espirales de 35-45 μm de ancho. Laguna Albertico, Laguna Las Canteras.

Las poblaciones estudiadas presentan tricomas más delgados que los registrados en la literatura consultada.

Planktolyngbya regularis Kom-Legn. et Tavera (Lamina 1, Fig. 2a-c)

Tricomas solitarios, libres, regularmente espiralados, no helicoidales y no constrictos. Dimensiones: tricomas 1,6-2,5 μm de ancho; células 2,5-4,2-6 x 1,6-2,5 μm . Laguna Las Canteras.

Planktolyngbya minor (Geitler) Kom. et Cronb. (Lamina 1, Fig. 3).

Filamentos solitarios, libres, rectos o ligeramente curvos, muy delgados, no constrictos, vainas delgadas, estrechas, incoloras; pero conspicuas. Dimensiones: tricomas 0,6-0,8 μm de ancho; células 6-7 veces más largas que anchas. Laguna Las Canteras.

Especie tropical conocida anteriormente para Indonesia y África (Kómarek y Anagnostidis, 2005).

Phormidium Kütz.

Género representado anteriormente en Cuba por 11 especies (Kómarek, 1989).

Phormidium cf. *puteale* (Montagne ex Gom.) Anagn. et Kom. (Lamina 1, Fig. 4a-c).

Filamentos alongados, en fascículos, a veces solitarios, curvos o casi rectos; vainas delgadas o de regular grosor, incoloras, conspicuamente constrictos, con granulaciones en las paredes transversales. Dimensiones: tricomas de 7-13,2 μm de ancho; células isodiamétricas o hasta 1/3 tan largas como anchas. Laguna Albertico.

Sphaerocavum Azevedo et Sant'Anna.

Género muy relacionado con *Microcystis*, del que se diferencia fundamentalmente por la división de sus células en dos planos.

Sphaerocavum brasiliense Azevedo et Sant'Anna (Lamina 3, Fig. 34 a-c).

Dimensiones: colonias 20,5 μm de diám., células 3,7-4,4 μm de diam. Laguna Las Canteras.

Esta especie se conocía anteriormente sólo para Brasil.

Chrysophyceae

Dinobryon Ehrenb.

Con 2 especies conocidas anteriormente para Cuba (Comas, 2009).

Dinobryon sertularia Ehrenb. (Lamina 2 Fig. 7 a-c).

Colonias arbusculares de pocas células cilíndricas, lorigas algo irregulares, en la porción media con sus lados más o menos paralelos o levemente convexos, con o sin estrechamientos ligeros, dándole un aspecto ondulado, hacia la porción anterior abruptamente divergentes, hacia el extremo posterior, convergentes, terminando abruptamente en un polo puntiagudo, breve, levemente curvo, o algo pronunciado, irregularmente redondeado o romo. Dimensiones: lorigas de 30-40 x 10-12 μm Laguna Las Canteras.

Xanthophyceae*Centritractus* Lemm.

Con 2 especies conocidas anteriormente para Cuba (Comas, 2009).

Centritractus ellipsoideus Starmach (Lamina 2 Fig. 6a-b).

Se caracteriza por el cuerpo celular anchamente elipsoidal con una espina vigorosa en cada polo. Dimensiones: 18 x 9 µm, espinas 44 µm de largo. Laguna Las Canteras.

Ophiocytium Näg.

Se conocía una sola especie para Cuba.

Ophiocytium parvulum A. Br. (Lamina 3, Fig. 33)

Células muy largas, cilíndricas, sin espinas en los polos; con varios cloroplastidios laminares. Dimensiones: células de 5 µm de ancho. Las Piedras.

Pseudostaurastrum Chod.

Con 2 especies conocidas anteriormente para Cuba.

Pseudostaurastrum gracile (Reinsch) Chod. (Lamina 3, Fig. 24).

Células aplanadas, en principio cuadrangulares con sus lados algo cóncavos; en cada ángulo un brazo alargado, con ramificación dicotómica y terminando en 3 espinas cortas; los brazos primarios usualmente en ángulo recto uno con otro y paralelos con una cara de la célula. Dimensiones: células 18-26.4 µm de diámetro (sin brazos); brazos 13.2-22 µm de largo. Laguna Las Canteras.

Pseudostaurastrum limneticum (Borge) Chod. (Lamina 3, Fig. 25).

Células más o menos tetraédricas, sin un cuerpo desarrollado, prolongadas en 4 brazos delgados, simples o bifurcados en sus extremos que terminan en 2 espinas; pared celular delicada; con numerosos cloroplastidios parietales, discoidales. Dimensiones: células 20 µm de diámetro (sin brazos); brazos 13,2 µm de largo. Laguna Las Canteras.

Pseudostaurastrum trigonum (Näg.) Chod.

Células en principio triangulares, con sus lados rectos o convexos, terminando cada polo con una prolongación espinosa, vigorosa, con 3 cloroplastidios laminares, a veces difusos. Dimensiones: células 17,5-32,5 µm de diámetro. Laguna Albertico.

Los ejemplares examinados pudieran confundirse con Tetraedron, sin embargo presentan más de un cloroplastidio y carecen de pirenoide.

Euglenophyceae*Cryptoglena* Ehrenb.

Con una especie conocida anteriormente para Cuba.

Cryptoglena skuja Marin et Melkonian in Marin et al. (Lamina 2 Fig. 12).

(= *Phacus agilis* Skuja)

Células ovales, con el extremo anterior y posterior redondeados, en corte transversal elípticas; ápice escotado, base redondeada o adelgazada hasta terminar en un mamelón breve; estriación no observada. Paramilon, dos grandes calotas laterales, opuestas una a la otra. Dimensiones: células 5 x 3,2 µm.

El material estudiado se corresponde con la especie; pero los individuos carecen de estriaciones y presentan menores dimensiones. Laguna Albertico.

Euglena Ehrenb.

Género anteriormente representado en Cuba por 4 especies.

Euglena ehrenbergii Klebs (Lamina 2 Fig. 10).

Nuestro material se corresponde con la var. baculifera (Thompson) Gojdics, que se caracteriza por presentar un único cuerpo de paramilon, en forma de barra, a menudo quebrado. Dimensiones: células de 72,2 x 19,8µm, más cortas que las registradas en la literatura consultada (174-199 x 14-26 µm.). Laguna El Guanál.

Euglena vivida Playfr. (Lamina 2 Fig. 11).

Células alargado elipsoidales hasta más o menos cilíndricas; extremo anterior redondeado, el posterior atenuado hasta terminar en una porción caudal gruesa y roma; cloroplastidio parietal, laminar. Dimensiones: 22-32 x 7-10 µm. Laguna Albertico

Lepocinclis Perty.

Anteriormente representado en Cuba por 7 especies (incluyendo a las especies de *Euglena* y *Phacus* transferidas a este género).

Lepocinclis butschlii Lemm.

Incluida a veces dentro de *L. ovum* como una variedad independiente, se diferencia por presentar un ensanchamiento en la transición entre el borde posterior y el apéndice caudal. Dimensiones: células 35 x 17,5 µm, cauda 4-6 µm de largo. Laguna Albertico.

Los ejemplares cubanos poseen células algo más delgadas.

Lepocinclis fusiformis (Carter) Lemm. (Lamina 2 Fig. 31a-b).

Dimensiones: células 17,5-32,5 x 12,5-20 µm Laguna El Guanál.

Monomorphina Mereschowsky.

Monomorphina pyrum (Ehrenb.) Marin et Melkonian in Marin *et al.* (Lamina 2 Fig. 19).

(= *Phacus pseudonordstedtii*).

Dimensiones: células 40 x 18 µm (con cauda), cauda 18 µm de largo. Laguna El Guanál.

Phacus Dujardin.

Con 11 especies conocidas anteriormente en Cuba.

Phacus cf. *glaber* (Defl.) Pochm.

La típica especie, de acuerdo con Huber-Pestalozzi (1955), está muy relacionada con *P. suecicus* Lemm de la que se diferencia fundamentalmente por su apéndice caudal significativamente más largo, más o menos recto, y por la ausencia de las hileras de verrugas longitudinalmente dispuestas en el periplasto. Nuestro material se relaciona con *P. glaber*: células anchamente elipsoidales, en vista transversal y lateral elipsoidales, cauda alargado y con dos calotas laterales de paramilon, sin embargo se diferencia fundamentalmente en que el polo anterior es aplanada, levemente inclinado, y sin papilas medianas. Dimensiones: células 20-25 x 12,5-17,5 µm, cauda 10 µm de largo. Laguna El Guanál.

Phacus granum Drez. (Lamina 2 Fig. 13a-b).

Dimensiones: células 18-22 x 9-13,3 µm. Laguna El Guanál, laguna Albertico.

Phacus lefevrei Bourr (Lamina 2 Fig. 16a-b).

Dimensiones: células 35 x 27,5-30 µm. Laguna Albertico.

Phacus onix Pochm. (Lamina 2 Fig. 9a-b).

Dimensiones: células 32,3-40 x 26,4-31 µm. Laguna El Guanál, laguna Albertico, laguna Las Piedras.

Phacus cf. *platalea* Drez. (Lamina 2 Fig. 22).

Células ampliamente ovales, algo más ensanchadas en la mitad inferior, dorsiventralmente aplanadas; surco apical hasta la mitad de la célula; cauda recta o levemente inclinada, delgada; periplasto con estrías longitudinales. Paramilon único, central, a veces con varios cuerpos adicionales distribuidos irregularmente. Dimensiones: células 45 x 37,5 µm, cauda 17,5 µm de largo. Laguna Albertico.

Phacus skujae Skv. (Lamina 2 Fig. 15a-b).

Células levemente asimétricas hasta algo sigmoides, irregularmente elípticas estrechándose hacia ambos polos; extremo anterior hendido por un surco

largo, profundo; extremo posterior con un apéndice caudal corto y puntiagudo; periplasto con débiles estrías longitudinales; con numerosos cloroplastidos discoidales. Dos anillos de paramilon pequeños o 1-3 cuerpos cilíndricos, en este caso, uno mayor que los otros dos. Estigma grande. Dimensiones: células 25-30 x 12,5-25 µm. Laguna El Guanál, Laguna Albertico.

Trachelomonas Ehrenb. emend. Defl.

Con 20 especies conocidas anteriormente en Cuba.

Trachelomonas abrupta Swir. emend. Defl.

Dimensiones: lorigas 13,2-24,4 x 9-13,2 µm. Laguna El Guanál, laguna Albertico.

El material observado presenta lorigas de menores dimensiones que las registradas en la literatura consultada.

Trachelomonas bacillifera Playfr. (Lamina 2 Fig. 17).

Dimensiones: lorigas 26,4-43,2 x 22-32 µm. Laguna El Guanál, laguna Albertico, laguna Las Piedras.

Trachelomonas cf. *oblonga* Lemm.

La población estudiada crecía en forma abundante, tanto que constituía un verdadero crecimiento masivo. De manera general los ejemplares examinados se asemejan con esta especie, lorigas esferoidales, espesamiento anular en el polo anterior, sin embargo, no presentaban la coloración amarillenta y las puntuaciones típicas, también sus dimensiones eran algo mayores, 35 x 25 µm. La identidad taxonómica es por tanto insegura, pudiera también estar relacionada con *T. intermedia* Dang. Laguna Albertico.

Trachelomonas rotunda Swir. emend. Defl. (Lamina 2 Fig. 18a-b)

Dimensiones: lorigas 20-30 x 19-30 µm. Laguna Albertico.

Strombomonas Defl.

Con 5 especies conocidas anteriormente para Cuba.

Strombomonas acuminata (Schm.) Defl. (Lamina 2 Fig. 20).

Dimensiones: lorigas 28,6-40 x 22-26,4 µm. Laguna El Guanál, laguna Albertico, laguna Las Piedras.

Chlorophyceae s.l.*Scenedesmus* Meyen

Scenedesmus raciborskii Wolosz. (Lamina 3 Fig. 26a-b).

Este taxon distribuido mayormente en las zonas más cálidas se caracteriza por sus cenobios en vista polar curvos, células elipsoidi-fusiformes muy arqueadas, con sus caras externas muy convexas, unidas mayormente por sus porciones apicales, dejando espacios intercelulares, polos cónicos terminando en engrosamiento mucronado. Dimensiones: células 7-17 x 2,6-8,8 µm. Laguna Las Canteras.

Zygnemaphyceae*Closterium*

Género con 17 especies conocidas anteriormente (Martínez-Almeida, 1997).

Closterium lunula (Müll.) Nitzsch ex Ralfs var. *massartii* (Wildem.) Krieger (Lamina 3 Fig. 28a-b).

Dimensiones: células 370 x 60 µm. Laguna Albetico.

Staurodesmus Teil.

Anteriormente con 8 especies conocidas para Cuba (Martínez-Almeida, 1997).

Staurodesmus brevispina (Bréb.) Croasdale (Lamina 3 Fig. 27a-b).

Dimensiones: 24-31 x 21.30 µm (sin las espinas), 28-32 µm (con las espinas), istmo 7-10 µm de ancho. Laguna Las Piedras.

Staurodesmus conspicuus (W. et G. S. West) Teil. (Lamina 3 Fig. 30a-c).

Dimensiones: 83-103 x 111-134 µm (con espinas); istmo 21-27 µm de ancho. Laguna Las Piedras.

Staurodesmus leptodermus (Lundell) Thomasson (Lamina 3 Fig. 29).

Dimensiones: células 20-25 x 21-29 µm (sin espinas), 29-39 µm (con espinas); istmo 9,8-12 µm de ancho Laguna Las Piedras.

Zygnema Agardh

Anteriormente en Cuba se reconocía sólo como género, sin informaciones acerca de sus especies.

Zygnema cf. *cyanosporum* Cl. (Lamina 3 Fig. 35a-d).

Dimensiones: filamentos 25 µm de ancho, cigósporas 28 µm de diám. Localidades: Laguna Las Piedras. Los ejemplares examinados se corresponden con la especie, sin embargo las cigósporas no presen-

tan la típica coloración azul.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a la Dra. Mariangela Menezes (Río de Janeiro) y a la Dra. Celia L. San't Anna (São Paulo) por sus valiosas recomendaciones acerca de las Euglenofíceas y Cianoprocariotas respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comas, A. (inédito): *Introducción a las algas y cianoprocariotas de agua dulce de Cuba*.- 850 pp.
- Comas, A. (2008): Algunas características de la flora de algas y cianoprocariotas de agua dulce de Cuba.-*Algas, Boletín Soc. Esp. Ficología*, 39: 21-29.
- Comas, A. (2009): *Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de Cuba*.-Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, 146 pp
- Huber-Pestalozzi, G. (1955): Euglenophyceen. En: Huber-Pestalozzi, G. (ed.): "Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik u. Biologie", Teil 4, *Schweizerbart'schen Verlag, Stuttgart*, 606 pp. Taf. I-CXIV.
- Kómarek, J. (1984): Sobre las cianofíceas de Cuba: 3) Especies planctónicas que forman florecimientos de las aguas.- *Acta Bot. Cubana* 19: 1-33.
- Kómarek, J. (1989): Studies on the Cyanophytes of Cuba 7-9-*Folia Geobot. Phytotax.*, Praha, 24:171-206.
- Kómarek, J. y K. Anagnostidis (2005): Cyanoprocariota 2. Teil: Oscillatoriales.- En: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. y Schlagerl, M. (Eds.): "Die Süßwasserflora von Mitteleuropa" 19/2, Elsevier GmbH München, 757 pp.
- Komarková-Legnerová, J. y Tavera, R. (1996): Cyanoprocariota (Cyanobacteria) in the Phytoplankton of Lake Catemaco (Veracruz, México)- *Algolog. Stud.* 83: 403-422.
- Martínez Almeida V. (1997): Desmids from Cuba: A preliminary check-list- *Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg* 27: 127-155.

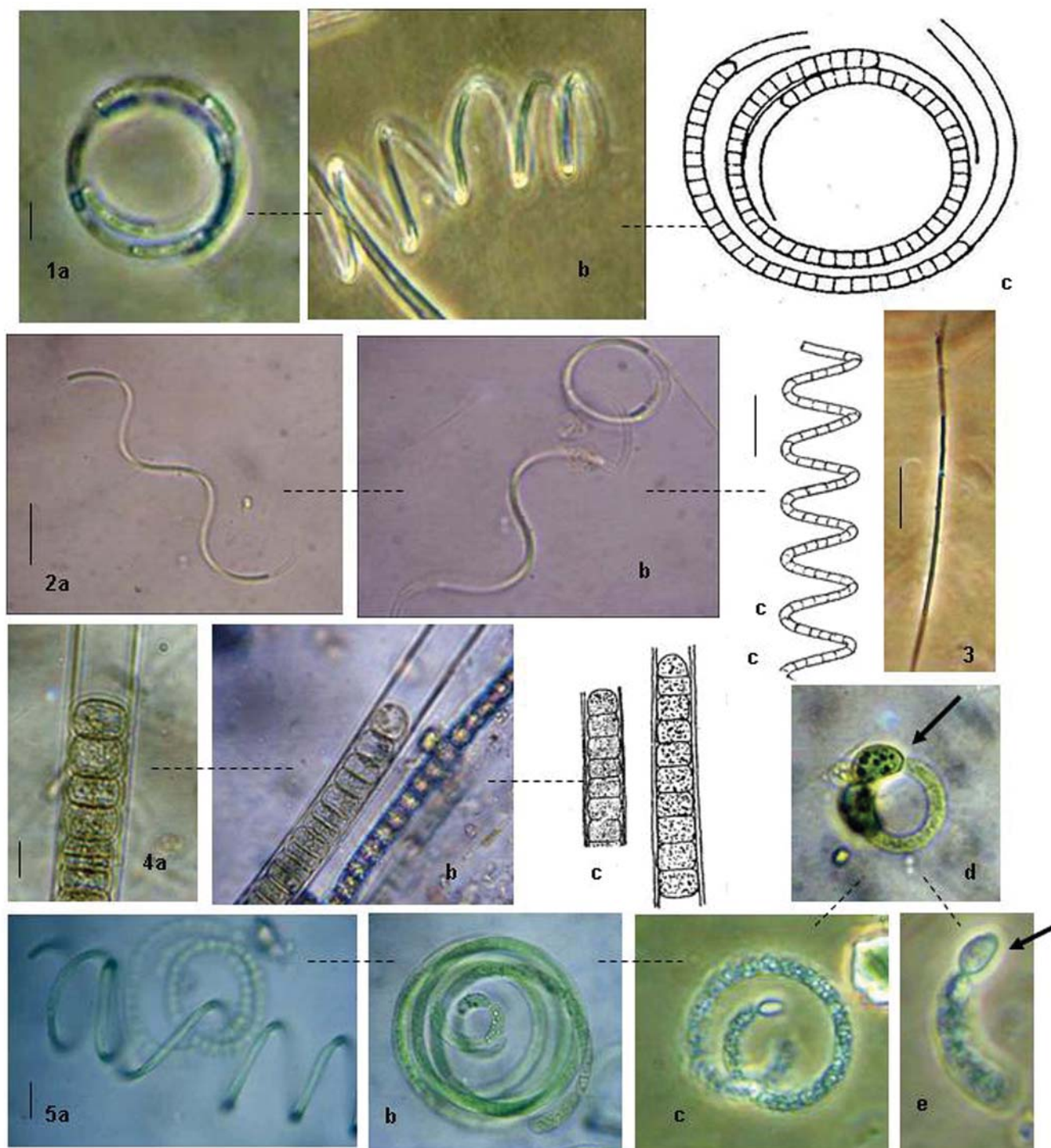


LÁMINA 1. Figs: 1 a-c) *Planktolyngbya circumcreta* (G. S. West) Anagn. et Kom., a-b) orig., c) tomado de Kómarek y Anagnostidis (1988); 2 a-c) *P. regularis* Kom-Legnn. et Tavera, c) tomado de Kómarek y Anagnostidis (1988); 3) *P. minor*; 4 a-c) *Phormidium putale* (Montagne ex Gom.) Anagn. et Kom., c) tomado de Kómarek y Anagnostidis (1988); 5 a-e) *Cylandrospermopsis* cf. *curvispora* Watanabe, d- flecha: acinetos, e- flecha: heterocito.

Fotos en color en la versión electrónica (pdf). Visite www.sefalgas.org

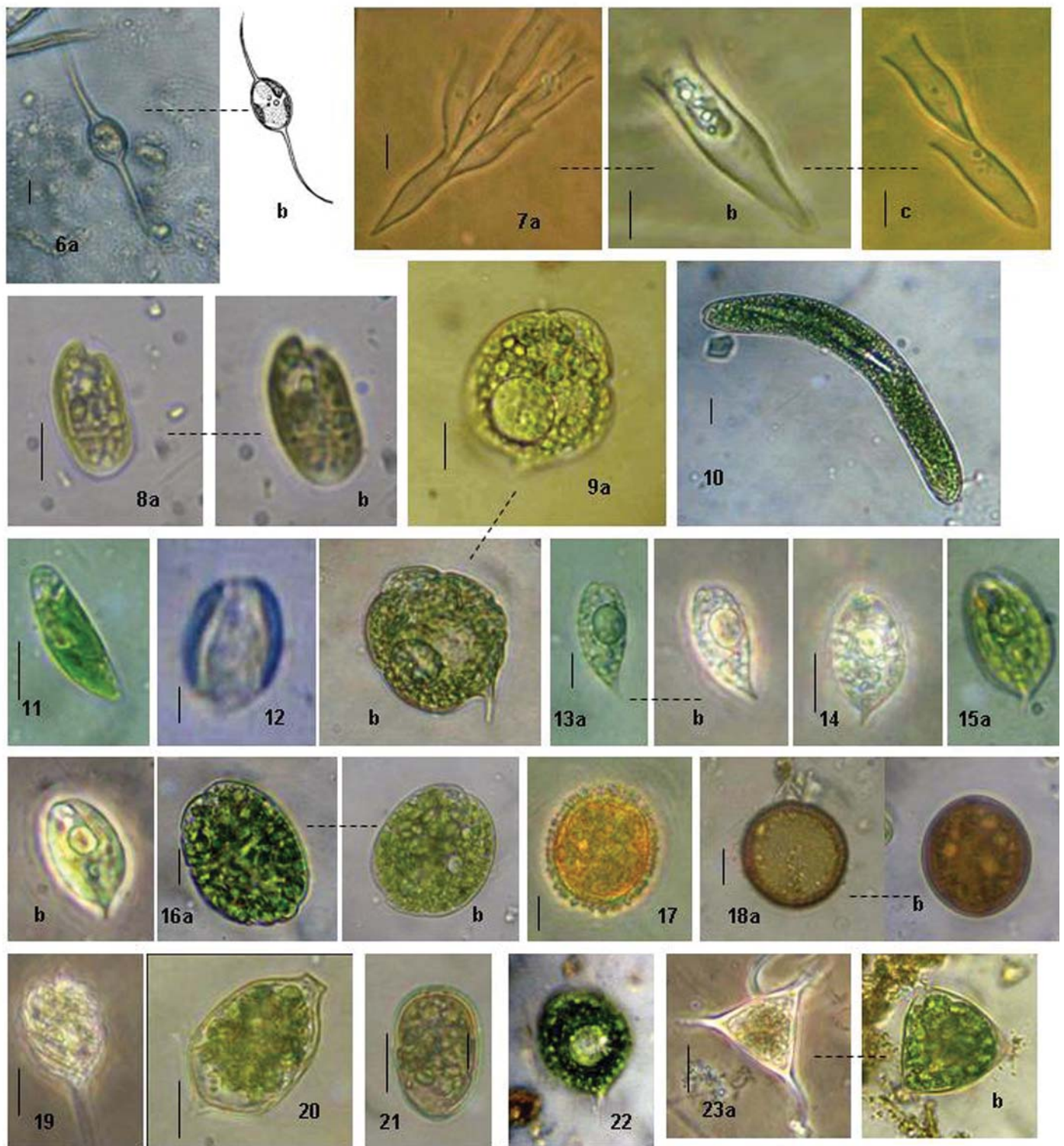


LÁMINA 2. Figs.: 6 a-b) *Centritractus ellipsoideus* Starmach, b) tomado de Starmach (1966); 7 a-c) *Dinobryon* cf. *sertularia* Ehrenb.; 8 a-b) *Cryptomonas pyrenoidifera* Geitler; 9 a-b) *Phacus onix* Pochm.; 10) *Euglena ehrenbergii* Klebs; 11) *E. vivida* Playfr.; 12) *Cryptoglena skujae* Marin et Melkonian in Marin et al.; 13 a-b) *Phacus granum* Drez., 14, 15 a-b) *Phacus skujae* Skv.; 16 a-b) *P. lefevrei* Bourr.; 17) *Trachelomonas bacillifera* Playfr.; 18 a-b) *T. rotunda* Swir. emend. Defl.; 19) *Monomorphina pyrum* (Ehrenb.) Marin et Melkonian in Marin et al.; 20) *Strombomonas acuminata* (Schm.) Defl.; 21) *T. abrupta* Swir. emend. Defl.; 22) *P. platalia* Drez.; 23 a-b) *Pseudostaurastrum trigonum* (Näg.) Chod.

Fotos en color en la versión electrónica (pdf). Visite www.sefalgas.org

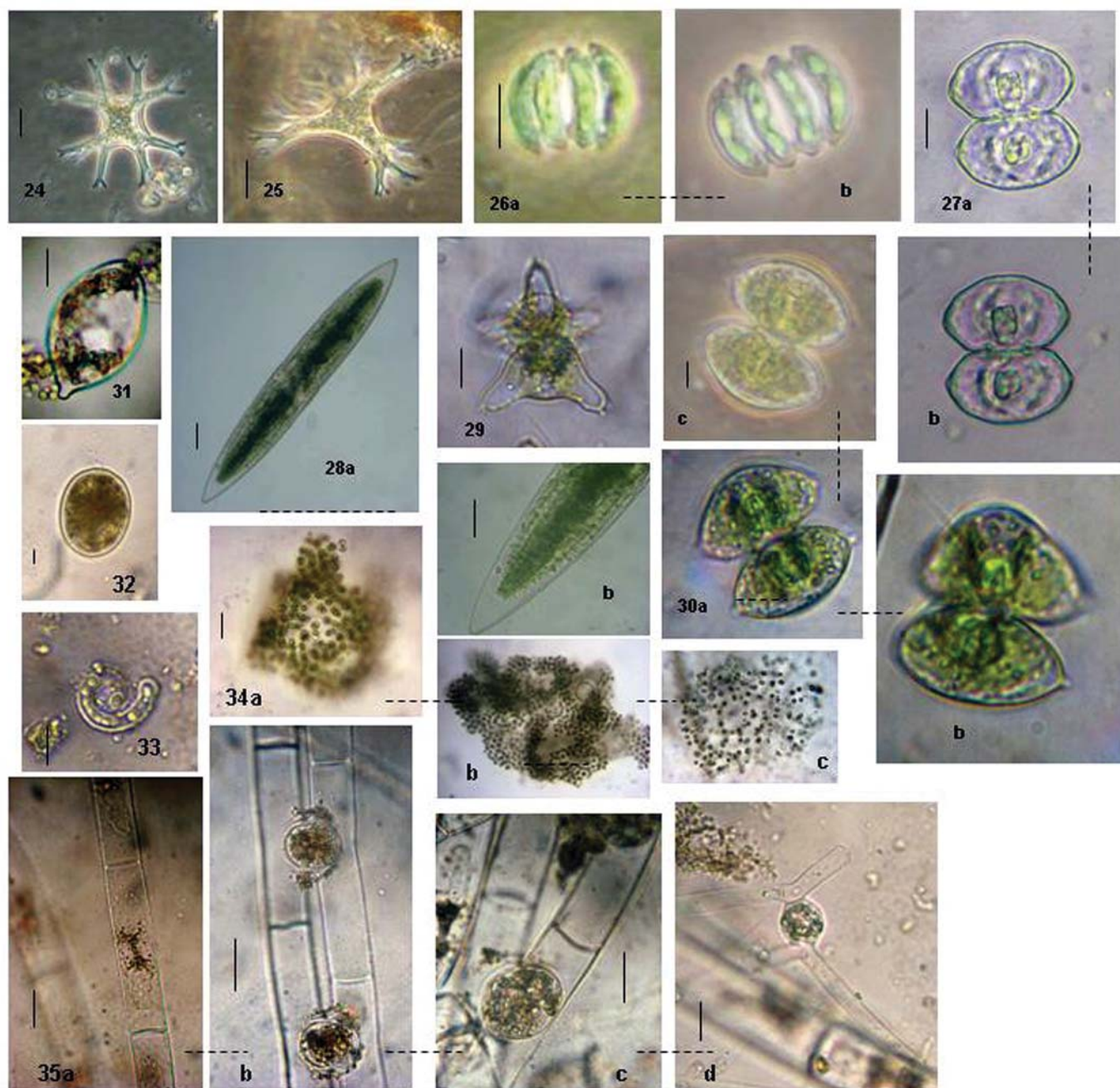


LÁMINA 3. Figs.: 24) *Pseudostaurastum gracile* (Reinsch) Chod.; 25) *P. limneticum* (Borge) Chod.; 26 a-b) *Scenedesmus raciborskii* Wolosz.; 27 a-b) *Staurodesmus brevispina* (Bréb.) Croasdale; 28 a-b) *Closterium lunula* (Müll.) Nitzsch ex Ralfs var. *massartii* (Wilde.) Krieger; 29) *St. leptodermus* (Lundell) Thomasson; 30 a-c) *St. conspicuus* (W. et G. S. West) Teil.; 31 a-b) *Lepocinclis fusiformis* (Carter) Lemm.; 32) *Trachelomonas* cf. *oblonga* Lemm.; 33) *Ophiocytium parvulum*; 34 a-c) *Sphaerocavum brasiliense* Azevedo et San't Anna 35 a-d) *Zygnema* cf. *cyanosporum*, a- células vegetativas, b, d- conjugación, c- detalle de la cigóspora.

Investigación

Tabla 1: Lista de especies por localidades: 1) Laguna El Guanajil; 2) Laguna Albertico; 3) Laguna las Piedras; 4) Laguna Las Canteras. Julio, Noviembre 2008, Febrero 2009

Especies	Estaciones			
	1	2	3	4
Cyanoprokaryota				
<i>Anabaena</i> cf. <i>aphanizomenoides</i>	+			
<i>Aphanizomenon</i> sp.		+		
<i>Aphanocapsa elachista</i>				+
<i>Aphanocapsa</i> sp.				+
<i>Aphanothece</i> cf. <i>stagnina</i>				+
<i>Chroococcus mipitanensis</i>			+	
<i>Chroococcus pulcherrimus</i>	+	+		
<i>Coelomorion microcystioides</i>				+
<i>Coelomorion tropicale</i>		+	+	+
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.				+
<i>Komvophon constrictum</i>		+		
<i>Lyngbya</i> sp.		+		
<i>Microcystis panniformis</i>		+		+
<i>Microcystis wesenbergii</i>				+
<i>Merismopedia punctata</i>				+
<i>Merismopedia tenuissima</i>				+
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>jenneri</i>		+		
<i>Phormidium acuminatum</i>		+		
<i>Phormidium</i> cf. <i>puteale</i>		+		
<i>Phormidium</i> sp.		+		
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>		+		+
<i>Planktolyngbya minor</i>				+
<i>Planktolyngbya regularis</i>				+
<i>Planktothrix agardhii</i>	+	+		
<i>Planktothrix isothrix</i>		+		
<i>Sphaerococcus brasiliense</i>				+
<i>Woronichinia</i> / <i>Snowella</i>				+
Chrysophyceae				
<i>Dinobryon sertularia</i>				+
Xanthophyceae				
<i>Centritractus belenophorus</i>		+		+
<i>Centritractus ellipsoideus</i>				+
<i>Ophiocytium parvulum</i>			+	
<i>Pseudostaurastrum gracile</i>				+
<i>Pseudostaurastrum limneticum</i>				+
<i>Pseudostaurastrum trigonum</i>		+		
Dinophyceae				
<i>Gymnodinium</i> sp.				+
<i>Peridiniopsis</i>		+		
<i>Peridinium</i> sp.		+		+
Bacillariophyceae				
<i>Aulacoseira granulata</i>		+		+
<i>Cyclotella</i> sp.		+		
<i>Melosira</i> sp.		+		
<i>Pinnularia</i> sp.		+		
<i>Ulnaria ulna</i>				+
Cryptophyceae				
<i>Chroomonas acuta</i>		+	+	+
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>marssonii</i>		+	+	
Euglenophyceae				
<i>Anisonema</i> sp.			+	+
<i>Cryptoglena skujae</i>		+		
<i>Euglena ehrenbergii</i>		+		
<i>Euglena</i> cf. <i>proxima</i>		+		
<i>Euglena</i> cf. <i>vivida</i>			+	
<i>Euglena</i> sp.		+		
<i>Lepocinclis ovum</i>		+	+	
<i>Lepocinclis butschlii</i>				+
<i>Lepocinclis fusiformis</i>		+	+	
<i>Lepocinclis oxyuris</i>				+
<i>Lepocinclis texta</i>		+	+	
<i>Monomorphina pyrum</i>		+		
<i>Phacus curvicauda</i>			+	+
<i>Phacus</i> cf. <i>glaber</i>		+		
<i>Phacus granum</i>		+	+	
<i>Phacus lefevrei</i>			+	
<i>Phacus orbicularis</i>		+	+	
<i>Phacus onix</i>		+	+	+
<i>Phacus</i> cf. <i>platalea</i>			+	
<i>Phacus</i> cf. <i>pleuronectes</i>		+	+	
<i>Phacus skujae</i>		+	+	
<i>Phacus triquetra</i>			+	
<i>Strombomonas</i> cf. <i>acuminata</i>		+	+	+
<i>Trachelomonas abrupta</i>		+	+	
<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>steinii</i>		+		
<i>Trachelomonas bacillifera</i>		+	+	+
<i>Trachelomonas hispida</i>		+		+
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>kelloggii</i>		+		
<i>Trachelomonas lacustris</i>		+		
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>oblonga</i>			+	
<i>Trachelomonas rotunda</i>			+	
<i>Trachelomonas volvocina</i>		+	+	
<i>Trachelomonas</i> sp.		+	+	
Chlamydomonadales				
<i>Chlamydomonas</i> sp.		+		
<i>Eudorina elegans</i>				+
<i>Pandorina morum</i>		+	+	
<i>Pedinomonas</i> sp.				+
<i>Phacotus lenticularis</i>		+	+	+
Chlorophyceae				
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>				+
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		+		
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>				+
<i>Botryococcus</i> sp.		+		
<i>Botryococcus terribilis</i>			+	+
<i>Coelastrum indicum</i>			+	+
<i>Coelastrum microporum</i>		+	+	+
<i>Coelastrum pulchrum</i>				+
<i>Coelastrum proboscideum</i>			+	+
<i>Coenococcus</i> sp.				+
<i>Coenocystis subcylindrica</i>				+
<i>Crucigeniella apiculata</i>			+	
<i>Crucigeniella pulchra</i>				+
<i>Chlorotetraedron incus</i>				+
<i>Desmodesmus abundans</i>				+
<i>Desmodesmus aculeolaus</i>		+		+
<i>Desmodesmus armatus</i>		+	+	+
<i>Desmodesmus arthrodesmiformis</i>		+	+	+
<i>Desmodesmus bicaudatus</i>				+
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>		+	+	+
<i>Desmodesmus grahnsis</i>				+
<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>		+		
<i>Dictyosphaerium elongatum</i>				+
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>				+
<i>Dimorphococcus lunatus</i>		+		
<i>Elakatothrix genevensis</i>				+
<i>Geminella</i> / <i>Planctonema</i>				+
<i>Gloeotaenium lotesbergerianum</i>				+
<i>Hariotina reticulata</i>				+
<i>Kirchneriella irregularis</i>			+	+
<i>Kirchneriella lunaris</i>			+	
<i>Koliella</i> sp.				+
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>biwaense</i>		+		+
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>echinulatum</i>				+
<i>Monoraphidium contortum</i>		+	+	+
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>griffithii</i>				+
<i>Nephrocystium agardhianum</i>				+
<i>Oedogonium</i> sp.		+	+	+
<i>Oocystis marssonii</i>				+
<i>Pithophora oedogonia</i>			+	
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>acunae</i>		+		+
<i>Scenedesmus acutiformis</i>		+	+	+
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>arcuatus</i>				+
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>platydiscus</i>		+	+	+
<i>Scenedesmus obliquus</i> var. <i>dimorphus</i>		+		+
<i>Scenedesmus raciborskii</i>				+
<i>Scenedesmus verrucosus</i>		+		
<i>Sorastrum americanum</i>				+
<i>Stauridium tetras</i>		+	+	+
<i>Tetraedron caudatum</i>			+	+
<i>Tetraedron minimum</i>		+		
<i>Tetraedron regulare</i>			+	+
<i>Tetrastrum homoiacanthum</i>				+
<i>Tetrastrum triangulare</i>				+
<i>Willea komarekii</i>				+
Zygnemaphyceae				
<i>Closterium acerosum</i>				+
<i>Closterium acutum</i>		+	+	+
<i>Closterium</i> cf. <i>closterioides</i>				+
<i>Closterium</i> cf. <i>dianae</i>		+		
<i>Closterium</i> cf. <i>ehrenbergii</i>		+		
<i>Closterium lunula</i> var. <i>massartii</i>		+		
<i>Closterium moniliferum</i>		+		
<i>Closterium</i> cf. <i>parvulum</i>		+		
<i>Cosmarium</i> cf. <i>angulosum</i>				+
<i>Cosmarium</i> cf. <i>blyttii</i>		+		+
<i>Cosmarium contractum</i>		+	+	+
<i>Cosmarium granatum</i>				+
<i>Cosmarium margaritatum</i>				+
<i>Cosmarium ornatum</i>		+	+	
<i>Cosmarium regnesii</i>				+
<i>Cosmarium subprotomidium</i>		+		
<i>Cosmarium subpyraamidatum</i>				+
<i>Cosmarium trachyleurum</i>				+
<i>Desmidium aptogonum</i>				+
<i>Desmidium baileyi</i>				+
<i>Euastrum abruptum</i>				+
<i>Euastrum bidentatum</i>				+
<i>Euastrum denticulatum</i>		+		+
<i>Euastrum elegans</i>		+		+
<i>Euastrum hypochondrum</i>				+
<i>Euastrum</i> cf. <i>quebecense</i>		+		
<i>Micrasterias truncata</i>		+		+
<i>Mougeotia</i> sp.			+	+
<i>Sphaerosma laeve</i>		+		
<i>Spirogyra</i> cf. <i>emilianensis</i>				+
<i>Spirogyra</i> sp.				+
<i>Staurastrum</i> cf. <i>botanense</i>		+		+
<i>Staurastrum excavatum</i>				+
<i>Staurastrum gracile</i>				+
<i>Staurastrum inflexum</i>				+
<i>Staurastrum</i> cf. <i>laeve</i>				+
<i>Staurastrum quadrangulare</i> var. <i>contectum</i>				+
<i>Staurastrum setigerum</i>		+		
<i>Staurastrum</i> cf. <i>striolatum</i>		+		+
<i>Staurastrum tetracerum</i> var.				+
<i>Staurastrum</i> cf. <i>vestitum</i>				+
<i>Staurodesmus brevispina</i>				+
<i>Staurodesmus conspicuus</i>				+
<i>Staurodesmus cuspidatus</i>				+
<i>Staurodesmus leptodermis</i>				+
<i>Zygnema</i> cf. <i>cyanocephalum</i>				+

Tabla 2: Características principales de *Cylindropermopsis* sp. de Cuba y de otros taxa relacionados.

	<i>A. tanganyikae</i> (Kómarek, 1984)	<i>C. philippinensis</i> (Kómarek, 1984)	<i>C. philippinensis</i> (Komárkova y Tavera, 1996)	<i>Cylindropermopsis</i> sp.
Tricomas	3-3,4 µm de ancho De una vuelta	1,5-2,2 µm de ancho; 1-4,5 espirales de 9,5-20,5 µm de diam	1,9-5 µm de ancho; espirales 20-25 µm de diam., 5-10 µm de largo	4,2-5 µm de ancho; espirales 57 µm de diam., 5-25 µm de largo
Paredes transversales	Levemente constrictas	Más o menos constrictas	Más o menos constrictas	Más o menos constrictas
Células	3-3,4 µm de ancho	1,5-2,5 más largas que anchas	10-22 x 1,9-5 µm	7,5 x 5 µm
Células apicales	Cilíndricas con extremos redondeados	Levemente cónicas y redondeadas	Más o menos aguzadas y puntiagudas	Cónico-redondeadas
Aerótopos	-	+ -	+ -	+ -
Heterocito	Ovales 3,6 x 2,6 µm	Cónicos levemente curvos 3,6-5,4 x 1,8-2,8 µm	Cilíndrico-ovales, puntiagudos o truncados irregularmente curvos	Cónico-ovales 6,7 x 2,5 µm
Acinetos	No observados	No observados	Alongado cilíndricos, ligeramente curvos, solitarios o en pares, cercano a los heterocitos	Cilindroides, ligeramente curvos, mayormente en pares, lejos de los heterocitos, de 10 x 2, 5 µm.
Ocurrencia y distribución	Aguas eutróficas, Florecimiento Laguna Baconao (Stgo de Cuba)	Aguas eutróficas, florecimiento. Cubanacán (C. Habana), Laguna Yaguabo (Granma)	Aguas eutróficas. Lago Catemaco, Veracruz, México	Aguas eutróficas, Laguna Las Canteras, Embalse Abreus (Cfgo.)

Otros mares: Expedición Malaspina 2010

EXPEDICIÓN DE CIRCUNNAVEGACIÓN MALASPINA 2010: CAMBIO GLOBAL Y EXPLORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DEL OCÉANO GLOBAL

Luis M^a Lubián.
Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC)

En el año 2010 se celebró el Año Internacional de la Biodiversidad y el segundo centenario de la muerte de Alessandro Malaspina, quien comandó la primera expedición científica española de circunnavegación, a bordo de las corbetas “Descubierta” y “Atrevida” con 200 hombres a bordo. Desgraciadamente, después de 5 años de navegación, por razones políticas, se le ordenó volver acusado de alta traición, se le desterró y se incautó todo el material, condenando al olvido la hazaña y la obra de este marino ilustre.

Al igual que lo hiciera la expedición original, el 15 de diciembre de 2010 partió de Cádiz el BIO Hespérides, aunque siguiendo una ruta distinta de la de entonces por razones logísticas, pero que recorrió igualmente los distintos océanos de nuestro planeta en una singladura que, junto al transecto que realizó el buque “Sarmiento de Gamboa” por la línea WOCE (Atlántico 24 ° N), alcanzó casi las 42000 millas náuticas. La expedición de circunnavegación Malaspina 2010 es

un proyecto interdisciplinar del Ministerio de Ciencia e Innovación con una participación destacada de la Armada Española, con el objetivo de generar un inventario coherente y de alta resolución del impacto del cambio global en el ecosistema del océano y explorar su biodiversidad, particularmente en el océano profundo (<http://www.expedicionmalaspina.es/Malaspina/Main.do#content:Presentacion>).

El proyecto se enmarca dentro del programa Consolider-Ingenio 2010, el coordinador es el Profesor de Investigación Carlos Duarte y la entidad gestora el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con la participación de 19 instituciones nacionales y de forma asociada otras 16 instituciones extranjeras. El número de investigadores españoles integrados en 27 grupos de investigación supera los 250 y la participación total, incluyendo estudiantes e investigadores extranjeros, es de cerca de 400, además del personal de apoyo, unos 50 técnicos, 100 marinos de la Armada y

20 marinos civiles. El coste total del proyecto se estima en unos 17 millones de euros.

La expedición en el BIO Hespérides consta de ocho etapas, a recorrer en siete meses: Cádiz, Río de Janeiro, Ciudad del Cabo, Perth, Sidney, Auckland, Honolulu, Panamá-Cartagena de Indias, Cartagena. La labor a realizar se distribuyó en 11 Bloques Temáticos: Coordinación, Oceanografía Física, Biogeoquímica, Deposición Atmosférica y Contaminantes Orgánicos, Fitoplancton y Producción, Biodiversidad y Procesos Microbianos, Distribución y papel del Zooplancton, Ciencia y Política, Divulgación, Formación, e Integración. El bloque que nos concierne en este caso es el denominado en toda su extensión “Óptica, Fitoplancton, Producción y Metabolismo”, y participamos investigadores del CSIC (IMEDEA, ICM, ICMAN), IEO, Universidad de Vigo, Universidad de Málaga y Universidad Rey Juan Carlos. En este bloque se evaluaron las propiedades ópticas del océano, su relación con las poblaciones de fitoplancton, y los factores que determinan la producción primaria y el metabolismo del océano, todo ello a escala planetaria y usando, por primera vez, metodologías homogéneas, con el objeto de evaluar el impacto del cambio global.

Para ello, se realizaron las siguientes medidas:

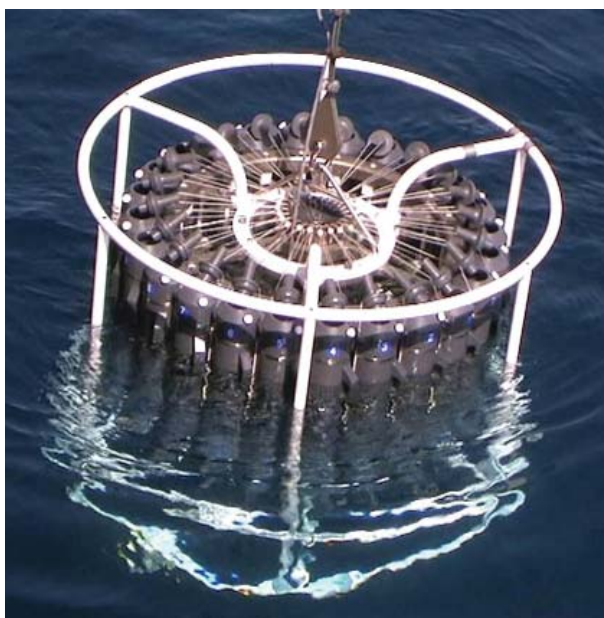
- Perfiles de radiación UV y visible. Espectros de absorción del material particulado y disuelto.
- Estudio de las comunidades del fitoplancton (abundancia y viabilidad), espectros de tamaño (microscopía, citometría de flujo) y pigmentos.
- Producción primaria y determinación de las tasas de producción de carbono orgánico disuelto y particulado (fraccionado).
- Respiración fraccionada.
- Tasas de lisis celular, índice mitótico y tasas de depredación por el zooplancton.

El total de estaciones previstas de toma de muestras es de 350 con profundidades de hasta 5.000 m. Uno de los objetivos más novedosos del proyecto es el mejor conocimiento del océano oscuro, donde el 70 % de los microorganismos y el 50 % de actividad biológica se concentran ahí. En las muestras recogidas se aplicarán técnicas de secuenciación genómica para conocer sus

funciones. Se generará una ingente cantidad de información que requerirá más de 5500 GB de espacio para su almacenamiento y más de 70.000 muestras de aire, agua y plancton. También se está elaborando un libro blanco con todas las metodologías detalladas, para que sirva de guía de protocolos a toda la comunidad oceanográfica.

Otro de los aspectos relevantes del proyecto es la creación de la Colección Malaspina, que incluye a su vez varios bancos de muestras: materia orgánica particulada y disuelta profundas, contaminantes orgánicos, aire (aerosoles y material particulado), fitoplancton y zooplancton, ADN y ARN microbiano. La idea es que el impacto científico del proyecto Malaspina vaya más allá que el obtenido dentro del plazo de ejecución y por los grupos de investigación que participan en el proyecto.

Este legado a futuras generaciones de científicos consistirá en un banco muestras, datos y documentación. Finalmente, el proyecto contribuirá a la formación de jóvenes investigadores a partir de la coordinación de cinco Programas de Postgrado en Ciencias del Mar impartidos por varias instituciones españolas: el CSIC y las Universidades de Cádiz, Las Palmas de Gran Canaria, Oviedo, Barcelona, y la Internacional Menéndez Pelayo. Más de 50 jóvenes completarán sus estudios embarcando en algún



tramo de la campaña para realizar su tesis de máster o su tesis doctoral, con el Programa de Doctorado Expedición Malaspina- Fundación BBVA-CSIC, financiado por ambas instituciones.

El componente mediático tendrá un peso específico importante, y tiene como principal objetivo informar al ciudadano sobre el estado actual del conocimiento científico en lo que respecta al cambio global y la biodiversidad en el océano a escala global. Igualmente, desde el punto de vista histórico, se analizará el impacto socio-político de la expedición original en los territorios que exploraron, a partir de fuentes autóctonas sobre esta expedición, y el alcance del cambio ambiental experimentado por las zonas visitadas, usando como base los documentos elaborados por los miembros de la expedición.

CURSO SEF 2010: INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DATOS BIOLÓGICOS

Dra. Brezo Martínez

brezo.martinez@urjc.es

La Sociedad Española de Ficología, en colaboración con el Área de Conservación y Biodiversidad de la Universidad Rey Juan Carlos -URJC, organizó el pasado mes de septiembre el primer curso de introducción al diseño experimental y análisis estadístico de datos biológicos. Para ello impartimos el curso en un aula de informática del campus de Móstoles de la URJC dotada del software Statistica 9.0. Asimismo la empresa Statsoft proporcionó a los alumnos y profesores una licencia de cortesía que pudo instalarse en los ordenadores personales de los participantes. Cuatro profesores me ayudaron haciéndose cargo de parte de las actividades del curso, quiero agradecer la colaboración del Marcos Méndez y Rosa Viejo, de la URJC, y Francisco Arenas del Centro Interdisciplinar de Investigación Marinha e Ambiental -CIIMAR (Portugal). La asistencia fue alta, con un total de 20 alumnos, y la sintonía entre alumnos y profesores excelente.

El objetivo principal que nos planteamos fue introducir a estudiantes, mayoritariamente predoctorales, en el planteamiento lógico del diseño de seguimientos de campo y experimentos, y el análisis estadístico de los resultados (datos diversos, ecológicos, fisiológicos, etc.). El curso se realizó como un taller en el se impartieron explicaciones generales sobre las herramientas estadísticas más comunes: estadística descriptiva y análisis exploratorio de los datos, detección de outliers, Correlación y Regresión, ANOVA, introducción a aproximaciones no paramétricas, y Análisis de

Ordenación Multivariante. Conjuntamente a las explicaciones teóricas los alumnos analizaron varios casos prácticos planteados por los profesores del curso. Finalmente los alumnos pudieron aplicar todos estos conocimientos en el análisis de sus propios datos obtenidos como resultado de sus investigaciones científicas. Esta última actividad fue fundamental para que los alumnos integraran los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos previamente y fueran capaces de aplicarlos a sus propios estudios. Además, para la mayoría supuso un avance considerable en la elaboración de los artículos o informes resultado de sus estudios, pues es precisamente el diseño experimental uno de las principales dificultades que los científicos encontramos al principio de nuestra formación.

Para finalizar el curso los alumnos expusieron una breve presentación resumiendo los objetivos de sus investigaciones, los análisis estadísticos realizados durante el curso, y las conclusiones preliminares que se desprendían de estos. Fue muy gratificante comprobar como fueron capaces de utilizar las herramientas estadísticas adecuadas a sus problemas, y en algunos casos obtener las primeras conclusiones sobre sus datos. Además en esta sesión final se discutieron multitud de temas científicos, vinculados con conocimientos básicos de la Ecología y la Biología, que se desprendían de los estudios científicos en los que los alumnos participan. Creo que ha sido una experiencia grata y fructífera para la mayoría de los que hemos participado.



INFLUENCIA DE LAS SURGENCIAS HIDROTÉRMICAS SOBRE LAS COMUNIDADES FITOBENTÓNICAS EN LAS ISLAS EOLIAS (MAR TIRRENO): RESULTADOS PRELIMINARES

Bellissimo G.^{1,2}, Rull Lluch J.¹ & Calvo S.²

¹Laboratori de Botànica, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Av. Joan XXIII s/n, 08028 Barcelona, España

²Laboratorio di Ecologia acquatica, Dipartimento di Ecologia, Università di Palermo, Viale delle Scienze, edificio 16, 90128 Palermo, Italia

INTRODUCCIÓN

En algunos fondos someros de los mares Egeo y Tirreno tienen lugar surgencias de gases consistentes en una mezcla de CO₂ y H₂S que provocan una disminución del pH del agua. Se trata de zonas de gran interés ya que permiten estudiar *in situ* el efecto de la acidificación del agua (según Hall-Spencer *et al.* (2008) se estima una disminución del pH del océano en 0.5 unidades en el año 2100) sobre los ecosistemas marinos. Sin embargo, hay pocos estudios sobre las algas bentónicas de estas zonas. Sartoni & De Biasi (1999) ofrecen una lista de macroalgas presentes sobre sustrato duro en una zona de surgencias próxima a la Isla de Milos (Grecia). Hall-Spencer *et al.* (2008) estudian la influencia de la acidificación sobre los organismos bentónicos en las costas de la isla de Ischia (Italia) influenciadas por la existencia de surgencias de CO₂. Por último, Acunto *et al.* (1996) y Acunto & Rindi (1997) estudian el efecto de las surgencias existentes en las proximidades de Panarea y Vulcano (islas Eolias) sobre las comunidades de algas bentónicas a partir de muestreos fotográficos.

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de las comunidades de algas bentónicas de una zona afectada por la existencia de surgencias de CO₂ y H₂S, así como presentar una evaluación preliminar del efecto de la acidificación sobre las comunidades.



Fig. 1 - Islote de Bottaro donde se ha realizado el muestreo.

RESULTADOS

En este periodo (setiembre) la comunidad fotófila estudiada se encuentra poco desarrollada, presentando un escaso número de especies (43 táxones en total; 21 táxones por inventario en promedio) y un bajo recubrimiento total medio (199.6 cm²); se encuentra básicamente dominada por *Cystoseira sauuageana*, *Anadyomene stellata*, *Dictyota mediterranea* y *Derbesia tenuissima*. Se caracteriza por la ausencia total de coralináceas y por presentar un número relativamente elevado de especies fotófilas infralitorales de modo calmado (23.3%) aunque cuantitativamente también son destacables las especies termófilas y tionitrofilas. Asimismo, presenta un elevado número de especies cosmopolitas y de afinidad tropical (39.5% y 20.9%, respectivamente) (Tabla 1). Las inmediaciones de las surgencias de gas están pobladas únicamente por un revestimiento bacteriano blanquecino constituido principalmente por bacterias del azufre y la cianobacteria *Calothrix scopulorum* (Fig. 4).

La comunidad de algas epifitas de las hojas de *Posidonia oceanica* se encuentra también escasamente desarrollada en esta época del año (27 táxones epifitos en total; 8.1 táxones por haz), presentando un recubrimiento medio total muy bajo (menos de 0.5 cm²). Como especies más representativas cabe destacar *Ascoecyclus orbicularis*, *Phaeophyta dendroides*, *Sphacelaria cirrosa*, *Blastophysa rhizopus*, *Ulvella lens* y *Ceramium diaphanum*; las coralináceas faltan por completo (Fig. 5). En general, las hojas de *Posidonia* están colonizadas principalmente por especies de amplia distribución ecológica (22.2%) y especies típicamente epifitas de las hojas de *Posidonia* (18.5%). Desde un punto de vista biogeográfico, las especies cosmopolitas son las mejor representadas (Tabla 2).



Fig. 4 - Detalle de una surgencia. Se observa el revestimiento bacteriano blanquecino que tapiza las rocas circundantes (flecha).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio preliminar muestran que ambas comunidades están constituidas por un bajo número de especies y presentan un escaso recubrimiento. Esto podría ser debido a un efecto homogéneo de la actividad hidrotermal sobre toda el área de estudio y/o a la época del año en que se ha realizado el muestreo. El efecto hidrotermal se deja sentir especialmente en las rocas cercanas a las surgencias, donde únicamente se desarrollan bacterias y faltan por completo las macroalgas. Esto concuerda con las observaciones de Acunto *et al.* (1996) quienes además, junto con Acunto & Rindi (1997), encuentran un efecto negativo de las surgencias sobre el recubrimiento de diversas especies de algas. Por otra parte, no se han detectado diferencias entre las comunidades epifitas de *P. oceanica* situadas a diferente grado de exposición a las surgencias. Coincidiendo con Hall-Spencer *et al.* (2008) cabe señalar la ausencia total de coralináceas en ambas comunidades, hecho que se relaciona con los bajos valores de pH, que evitarían la precipitación de carbonato.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUNTO S., MALTACIOTTI F. & CINELLI F. (1996) - Osservazioni sui popolamenti bentonici di un'area interessata da attività idrotermale nei pressi dell'isola di Panarea (Isole Eolie). *Biologia Marina Mediterranea*, 3 (1): 434-436.
- ACUNTO S. & RINDI F. (1997) - Variabilità spaziale di popolamenti fitobentonici in relazione ad attività idrotermali nella Baia di Levante dell'isola di Vulcano (Isole Eolie): studio preliminare. *Biologia Marina Mediterranea*, 4 (1): 351-352.
- ALCOVERRO T., PÉREZ M. & ROMERO J. (2004) - Importance of within-shoot epiphyte distribution for the carbon budget of seagrasses: the example of *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina*, 47: 307-312.
- BALLESTEROS E. C. (1992) - Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influïxen en la seva distribució. *Arx. Sec. Ciències*, 101. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona: 616 pp.
- BOUDOURESQUE C. F. (1984) - Groupes écologiques d'algues marines et Phytococenes benthiques en Méditerranée Nord-Occidentale: une revue. *Giornale Botanico Italiano*, 118 (2): 7-42.
- CORMACI M., DURO A. & FURNARI G. (1982) - Considerazioni sugli elementi fitogeografici della flora algale della Sicilia. *Naturalista Siciliano*, 6: 7-14.
- HALL-SPENCER J.M., RODOLFO-METALPA R., MARTIN S., RANSOME E., FINE M., TURNER S.M., ROWLEY S.J., TEDESCO D. & BUIA M.-C. (2008) - Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, 454: 96-99.
- SARTONI G. & DE BIASI A.M. (1999) - A survey of the marine algae of Milos Island, Greece. *Cryptogamie Algologie*, 20 (3): 271-283.

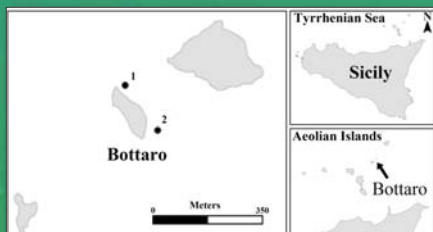


Fig. 2 - Mapa de las islas Eolias mostrando la localización de las zonas de muestreo: 1. Comunidad fotófila; 2. Pradera de *Posidonia oceanica*.



Fig. 3 - Muestreo de la comunidad fotófila.

Tablas 1-2 - Relación de inventarios realizados en la comunidad fotófila y en la de los epifitos de *P. oceanica* (pradera 1 situada próxima a las surgencias). Para cada especie se indica su grupo ecológico (Boudouresque, 1984) y biogeográfico (Cormaci *et al.*, 1982). El recubrimiento se expresa en cm² (Ballesteros, 1992).

Fecha		03/09/2009										05/09/2009									
Profundidad (m)		11,2										12									
Pradera		1										2									
Número de haz		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HP	SC	Ascoecyclus orbicularis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LRE	SC	Phaeophyta dendroides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PhI	SC	Sphacelaria cirrosa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
AP	AB	Blastophysa rhizopus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LRE	SC	Ulvella lens	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ISR	SC	Ceramium diaphanum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HP	IA	Gracilaria sphacelarioides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HP	M	Cladophora cylindrica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LRE	M	Cladophora irregularis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HP	SC	Chondria mairii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SC	SC	Ceramium codii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LRE	C	Acrochaete viridis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ISR	SC	Colaconema daviesii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ETN	C	Erythrarchia carnea	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LRE	M	Polysiphonia dichotoma	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ISR	C	Sylonema alsidii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PhI	SC	Asperococcus bulluosus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PhI	IA	Cladophora echinus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PhI	LRE	Lophosiphonia obscura	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PhI	SC	Pringshiemiella scutata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SCI	P	Pseudochlorodesmis furcellata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SCI	C	Acrochaetium sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SCI	P	Lejailia mediterranea	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SCI	P	Polysiphonia scopulorum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SCI	Ab	Spermothamnion flabellatum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LRE	Ab	Pseudoclonium submarinum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Número de especies		7	5	5	7	8	8	10	9	14	10	9	8	10	7	6	8	7	8	9	

Abreviaturas: HP= Pradera de *Posidonia oceanica*; PhIB= Fotófilo Infralitoral batido; PhIT= Fotófilo Infralitoral termófilo; PhIC= Fotófilo Infralitoral relativamente calmado; PhI= Fotófilo Infralitoral; SSB= Esciáfilo Infralitoral batido de afinidades templadas; SIC= Esciáfilo Infralitoral y Circulitoral; SCI= Esciáfilo Infralitoral de modo relativamente calmado; SC= Esciáfilo de modo relativamente calmado; AS= Antiesciáfilas; ISR= Infralitoral de sustratos duros; ETN= Eutrófico y tionitrofilo; LRE= Sin significación ecológica o con un amplio rango; CE= Concrecionamiento Coralígeno.

A= Atlántico; Ab= Atlántico boreal; AP= Atlántico-Pacífico; AT= Atlántico tropical; C= Cosmopolita; IA= Indo-Atlántico; IAT= Indo-Atlántico tropical; IATc= Indo-Atlántico templado frío; IP= Indo-Pacífico; M= Mediterráneo; P= Pantropical; SC= Sub-Cosmopolita.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se está llevando a cabo en Bottaro (38°38'24"N, 15°06'69"E), un pequeño islote próximo a la isla de Panarea (Islas Eolias, Italia), en una zona con una elevada actividad hidrotermal caracterizada por un burbujeo continuo de CO₂ y H₂S (Figs. 1-2). Se han escogido dos comunidades, una dominada por algas fotófilas y la comunidad de epifitos de las hojas de *Posidonia oceanica*. La comunidad de algas fotófilas se encuentra sobre un sustrato rocoso horizontal a unos 6-7 m de profundidad. Para su muestreo se escogieron 3 zonas al azar y en cada una de ellas se tomaron dos muestras de 400 cm² mediante raspado total con martillo y escarpa; además, se tomaron otras dos muestras muy próximas a una surgencia (Fig. 3).

La comunidad de epifitos de las hojas de *Posidonia* estudiada se encuentra en una pradera fragmentada a 11-12 m de profundidad. Para su muestreo se escogieron 20 haces al azar en dos fragmentos de pradera afectados por un distinto grado de exposición a la emisión de gases (10 haces por fragmento); de cada haz sólo se han estudiado los epifitos de la parte apical interna (10 cm apicales) de las dos hojas externas (Alcoverro *et al.*, 2004). Las especies se han cuantificado en términos de recubrimiento (Ballesteros, 1992). El muestreo se realizó mediante escafandra autónoma a principios de setiembre de 2009 y las muestras se conservaron en una solución de agua de mar y formol al 4% hasta su estudio.

Tabla 1

		Fecha	03/09/2009									
		Superficie muestreada(cm²)	400									
		Exposición	NE									
		Profundidad (m)	7,6	7,4	6,7	6,5	6,1	6,5				
		Número de muestra	1	2	3	4	5	6				
PhIC	M	<i>Cystoseira sauuageana</i>	255	173	165	0,8	7,4	35,2				
PhIT	P	<i>Anadyomene stellata</i>	25,9	6,2	0,1	2,2	0,3	5,8				
PhIC	M	<i>Dictyota mediterranea</i>	5,8	0,8	6,4	37,5	45,6	39,8				
ETN	SC	<i>Derbesia tenuissima</i>	1,3	1,9	37,1	28,6	40,4	14,3				
ISR	IA	<i>Peyssonellia dubyi</i>	12,3	3,2	12,5	+	1,3	+				
PhI	SC	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	+	0,1	+	0,4	1,7	15,2				
SC	M	<i>Acrochaetium hauckii</i>	+	0,4	+	0,2	+	+				
AS	Ab	<i>Flabellia petiolata</i>	15,1		23,3	0,3	0,4	1,7				
LRE	SC	<i>Lophosiphonia obscura</i>		+	+	1,1	1,3	0,8				
PhIC	SC	<i>Chondria capillaris</i>	0,3	+	0,4	+		0,8				
PhIB	Ab	<i>Boergesenella fruticulosa</i>	0,6	+	+		0,1	0,4				
PhI	SC	<i>Cladophora albidia</i>	+	+	+	+	+	+				
PhIT	IA	<i>Rytidophlaea tinctoria</i>	4,5	8,2	64,3			0,5				
PhIC	P	<i>Padina pavonica</i>			1,6	4,1	15,2	17,3				
PhIB	P	<i>Lophosiphonia cristata</i>				+	+	0,6				
SC	Ab	<i>Irvinea boergesii</i>	2,7	+	+		0,6					
LRE	C	<i>Chaetomorpha linum</i>				0,9	0,3	0,3				
SC	SC	<i>Dictyota linearis</i>	0,2				0,1	0,2				
SC	SC	<i>Ceramium codii</i>				+	+	+				
SIC	SC	<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>		+	+		+	+				
ISR	C	<i>Sylonema alsidii</i>	+	+			+	+				
PhIC	M	<i>Cystoseira brachycarpa</i>						5,6	16,3			
PhIT	Ab	<i>Dasycladus vermicularis</i>						3,6	4,2			
PhI	P	<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>cylindracea</i>						5,2	1,8			
PhIC	P	<i>Womersleyella setacea</i>	+	7,8								
SIC	M	<i>Polysiphonia flexella</i>				+			+			
PhI	SC	<i>Sphacelaria fusca</i>					+	+	+			
SSBe	IA	<i>Botryocladia botryoides</i>								0,8		
SC	M	<i>Cutleria chilosa</i>	0,3									
PhIC	SC	<i>Dictyota fasciola</i>								0,3		
PhIC	C	<i>Dictyota dichotoma</i>									0,1	
PhIC	SC	<i>Sypocaulon scoparium</i>									0,1	
LRE	C	<i>Acrochaete viridis</i>	+									
		<i>Acrochaetium sp.</i>								+		
ISR	IA	<i>Antithamion cruciatum</i>								+		
CC	Ab	<i>Blasoplangium rhyzopus</i>		+								
SIC	IP	<i>Discosporangium mesarthrocarpum</i>	+									
ETN	C	<i>Erythrotrichia carnea</i>								+		
LRE	M	<i>Polysiphonia dichotoma</i>								+		
SCI	P	<i>Polysiphonia scopulorum</i>								+		
PhI	SC	<i>Pringsheimella scutata</i>				+						
PhIC	Ab	<i>Spermathamnion repens</i>	+									
LRE	AP	<i>Sylenomena cornu-cervi</i>	+									
Número de especies			20	16	18	16	22	34				
Recubrimiento total			323,7	193,6	318,8	76,1	129,1	156,2				