

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON DE LA BAHÍA DE CIENFUEGOS, CUBA.

Ángel Moreira ^{1*}, Mabel Seisdedo ¹, Sylvia Leal ², Augusto Comas ¹, Gilma Delgado ³, Reinaldo Regadera ⁴, Carlos Alonso ¹, Alain Muñoz ¹ y Marianela Abatte ⁵

(1) Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Calle 17 esq. Ave 46 s/n. Rpto Reina, CP 55100, Cienfuegos, Cuba.

(2) Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Calle 16 No. 114, Playa, CP 11300, Ciudad Habana, Cuba.

(3) Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Pesquera, Avenida 5ta y 248, Playa, Ciudad Habana, Cuba.

(4) Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CIMAB), Ministerio del Transporte, Carretera del Cristo No. 3, Casablanca, Regla, Ciudad Habana, Cuba.

(5) Centro Ricerche Ambiente Marino ENEA, Santa Teresa, P.O. Box 224, I- 19 100, La Spezia, Italia.

(*) Autor correspondiente: Email: angel@gestion.ceac.cu

RESUMEN

La bahía de Cienfuegos, de características estuarinas, es uno de los recursos naturales más importantes de la región centro-sur de Cuba. Se estudió el fitoplancton de esta bahía durante el periodo de octubre/2003 a diciembre/2004. Se seleccionaron 10 estaciones representativas de las distintas condiciones de la bahía. Las muestras se tomaron a nivel subsuperficial. La concentración del fitoplancton se expresó en células/Litro. En cada estación de colecta se registró la temperatura, la salinidad, y algunos nutrientes. Durante el estudio se identificaron 54 taxa: 33 Bacillariophyceae, 17 Dinophyceae, 2 Cyanophyceae, 1 Chrysophyceae y 1 Cryptophyceae. En la comunidad fitoplanctónica las especies dominantes fueron las diatomeas *Thalassiosira* sp., *Cyclotella* sp., *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Meresckowsky y los dinoflagelados *Prorocentrum micans* Ehrenberg y *P. compressum* (Bailey) Abé. La mayor abundancia de fitoplancton se registró al final del periodo lluvioso, correspondiendo con un incremento de los valores de nutrientes en ese periodo. Se registraron especies tóxicas, sin embargo no fueron detectados crecimientos masivos de estos organismos.

Palabras clave: abundancia; eutrofización; fitoplancton; influencia estacional; ASW, Cuba,

ABSTRACT

Cienfuegos Bay, of estuarine characteristics, is one of the best natural resources of centre- south region of Cuba. Phytoplankton from this Bay was studied from Octubre/2003 to Diciembre/2004. Ten representative stations of the bay, including different conditions, were selected. The samples were collected at subsurface level. Phytoplankton concentration was expressed in cells/Litre. Data about temperature, salinity and concentration of some nutrients are also offered in this paper. During this study, 54 taxa were observed: 33 Bacillariophyceae, 17 Dinophyceae, 2 Cyanophyceae, 1 Chrysophyceae and 1 Cryptophyceae. Phytoplankton community was dominated by the diatoms *Thalassiosira* sp., *Cyclotella* sp., *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Meresckowsky and the dinoflagellate *Prorocentrum micans* Ehrenberg and *P. compressum* (Bailey) Abé. The higher abundance of phytoplankton was registered at the end of rainy season, corresponding with an increase of nutrients in this period. Toxic species were registered; however, blooms of these organisms were not detected.

Key words: abundance; eutrophication; phytoplankton; seasonal influence; ASW, Cuba,

Las microalgas, junto a macroalgas y fanerógamas, son los productores primarios en los ambientes acuáticos, por lo que constituyen en estos sistemas el primer eslabón de las cadenas tróficas. Las microalgas marinas planctónicas son fuente de alimentación directa para muchos bivalvos, larvas de crustáceos y peces de importancia económica.

El fitoplancton es utilizado como indicador biológico de la eutrofización, principalmente en estuarios y zonas costeras. En la mayoría de los casos el sobrecrecimiento algal del plancton, como consecuencia de la eutrofización, provoca serios efectos ambientales (Lam y Ho, 1989), los cuales

son aún más drásticos para la salud humana y en general para los ecosistemas si es producido por organismos tóxicos.

La bahía de Cienfuegos forma parte del complejo estuarino costero, el cual, según Baisre (1992), está limitado a unas pocas porciones de la plataforma cubana. Los trabajos acerca de la biodiversidad de la bahía han sido escasos, enfocados principalmente hacia a la fauna y macroalgas marinas. Los estudios de la fauna han incluido al meiobentos (Herrera y Sánchez, 1982), peces (Aguilar *et al.*, 1992) y aves (Lalana y Ortiz, 1990). Los trabajos sobre macroalgas han estado

dirigidos a la caracterización biológica y química de especies agarófitas del género *Gracilaria* (León *et al.*, 2002; Castellanos *et al.*, 2003) y al estudio de la composición y abundancia de la flora en general (Moreira *et al.*, 2003).

En la literatura existen varios estudios sobre fitoplancton de aguas adyacentes al archipiélago cubano (López-Baluja y Vinogradova, 1972, 1974; López-Baluja y Borrero, 1977; Popowski *et al.*, 1982; Borrero *et al.*, 1981, 1984). En cambio, no existían trabajos publicados relacionados con este grupo de organismos para la Bahía de Cienfuegos, por lo que conocer la composición de las microalgas planctónicas que habitan en la bahía puede ser de utilidad para actualizar el conocimiento sobre la biodiversidad del fitoplancton existente en la misma y serviría como indicador biológico de la calidad de las aguas de este acuario.

El presente trabajo ofrece los resultados del estudio de la composición y abundancia del fitoplancton de la Bahía de Cienfuegos durante periodos de seca y lluvia comprendidos entre el año 2003 y 2004.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La bahía de Cienfuegos está localizada en los 22°09' Latitud Norte y 80°27' Longitud Oeste, en la región central y costa Sur de Cuba; posee un área de 88.46 km² y un volumen total de 1.84 km³. Su forma es ovalada y está orientada de noroeste a sureste. Posee 19 km de longitud máxima y 7.5 km. en su parte más ancha, con una profundidad promedio de 9.5 m. La línea costera posee alrededor de 142 km. de largo. De forma natural está dividida en dos lóbulos delimitados por el bajo "Las Cuevas", que tiene una profundidad promedio de 1.5 m, el cual ejerce gran influencia en la circulación de las masas de agua dentro de la bahía. Presenta un estrecho y sinuoso canal de acceso, con una longitud de 3 600 m, un ancho de 250 m y profundidades entre 30 y 50 m en el centro (Anónimo, 1990) (Fig. 1).

En la bahía desembocan los ríos Caunao, Arimao, Damují y Salado. Estos dos últimos, riegan con sus aguas grandes extensiones de tierras sembradas, en su mayor parte, de caña de azúcar y colectan además, la mayor parte de los residuales industriales de la provincia, concentrándose en la región noroeste de la bahía.

Los ríos Caunao y Arimao colectan en sus aguas, fundamentalmente, residuales agrícolas.

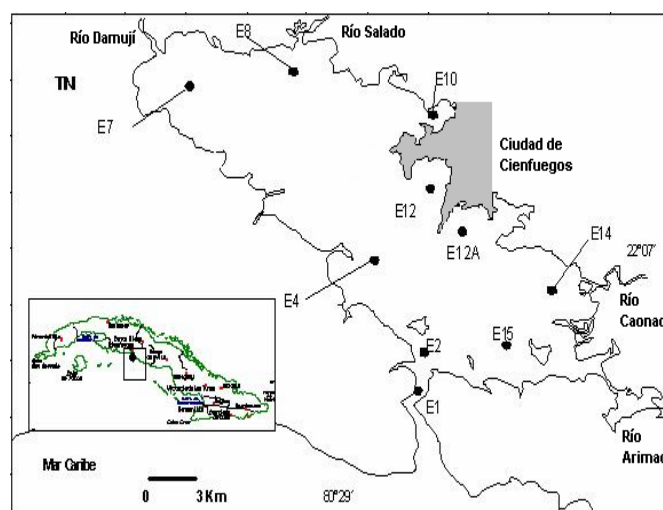


Fig. 1. Zona de estudio ubicada en la bahía de Cienfuegos, Cuba.

Los principales usos de la bahía según su importancia y área costera que ocupan, son los siguientes: agrícola (2%), industrial (4%), urbano (4%), pesquero (6%), marítimo – portuario (7%) y conservacionista (70%) (León, *et al.*, 2000). El principal asentamiento urbano que se encuentra directamente rodeando la bahía es la ciudad de Cienfuegos, el cual presenta una población de 106 504 habitantes.

Estaciones de colecta

De los 16 puntos que conforman la red de monitoreo hidroquímico de la bahía se seleccionaron 10 estaciones, teniendo en cuenta para sus localizaciones los principales rasgos morfológicos de este ecosistema, sus diferentes usos y las fuentes contaminantes presentes. Las estaciones 1, 2, 14 y 15 corresponden al Lóbulo Sur de la bahía, mientras que las estaciones 4, 7, 8, 10, 12, 12A corresponden al Lóbulo Norte (Fig. 1).

Colecta, preparación e identificación de las muestras

Las muestras fueron colectadas durante los dos periodos climáticos, los meses correspondientes al periodo lluvioso fueron octubre de 2003, agosto y octubre de 2004 y los correspondientes al periodo seco fueron marzo y diciembre de 2004. La colecta se realizó durante las horas claras del día al nivel

subsuperficial (0.15 m de profundidad) con la ayuda de un batómetro. El volumen de muestra total fue de 1 litro y la fijación se efectuó inmediatamente con lugol ácido (Parson *et al.*, 1984). Se empleó el método de sedimentación, dejando reposar las muestras por 10 días; posteriormente se centrifugaron a 3000 r.p.m. Para el análisis de las muestras se utilizó una cámara de conteo Rigosha y un microscopio biológico OLYMPUS BH-2, con aumento ocular de 12X y objetivos de 16X, 40X y 100X. La concentración de los organismos se expresó en células por litro. Para la identificación de las especies se consultaron: Balech, 1988; Hallegraeff *et al.*, 1995; Hasle y Syverstsen, 1997.

Mediciones hidroquímicas

En cada estación de colecta se registró la temperatura, la salinidad y algunos nutrientes ($P-PO_4^{3-}$, $N-NO_2^-$ y $Si-SiO_3^{2-}$). La salinidad y la temperatura se determinaron *in situ* mediante una sonda digital modelo YSI-30. El $Si-SiO_3^{2-}$ se determinó por la técnica del ácido silicomolibdico y el $P-PO_4^{3-}$ por el método de Murphy y Riley, ambos según la UNEP (1991). Para la cuantificación del $N-NO_2^-$ se utilizó la metodología de la UNESCO (1983).

Análisis de datos

A los resultados hidroquímicos se les determinó la media, los valores máximos y mínimos, agrupando los meses analizados en cada estación climática (seca y lluvia) y el conjunto de puntos de muestreo.

Se determinó la riqueza de especies, dado por el número de especies. A partir de los valores de abundancia ($cél.L^{-1}$) se calculó el índice de diversidad por la fórmula de Shannon – Weaver (Margalef, 1977).

Con el objetivo de analizar la asociación entre estaciones y meses de colecta se construyó una matriz de similitud bidimensional utilizando el coeficiente de Bray-Curtis, seguido por un escalado multidimensional no métrico. Los datos de abundancia fueron transformados por la expresión $\log(x+1)$ para reducir la contribución de las especies dominantes en la matriz de similitud. El análisis de los datos se realizó a través del programa PRIMER 5.2.9 (Clarke y Warwick, 2001).

RESULTADOS

Resultados hidroquímicos

Entre los resultados hidrológicos encontramos que la salinidad en el periodo de seca osciló entre 32.7 y 33.6 ups, mientras que en el periodo lluvioso el rango de fluctuación fue mayor, de 22.0 a 30.8 ups. Los valores de temperatura estuvieron entre 25.6 y 27.5 °C en seca y en la estación lluviosa, entre 29.5 y 32.95 °C (Tabla 1).

Los resultados obtenidos de los nutrientes en el periodo seco reflejaron variaciones para el $N-NO_2$ de 0.01 a 0.11 $\mu mol.L^{-1}$, para el $P-PO_4$ de 0,1 a 0,61 $\mu mol.L^{-1}$ y para el $Si-SiO_4$ de 1,22 a 22,2 $\mu mol.L^{-1}$. En el periodo lluvioso los rangos obtenidos fueron: para el $N-NO_2$ entre 0,06 y 0,21 $\mu mol.L^{-1}$, para el $P-PO_4$ entre 0,35 y 2,77 $\mu mol.L^{-1}$ y para el $Si-SiO_4$ entre 6,29 y 100,6 $\mu mol.L^{-1}$ (Tabla 1, Fig. 2).

Composición de especies.

Se identificaron 54 taxa: 33 Bacillariophyceae, 17 Dinophyceae, 2 Cyanophyceae, 1 Chrysophyceae y 1 Cryptophyceae. Las diatomeas y dinoflagelados fueron los grupos de mayor riqueza de especies (Tabla 2). La mayoría de las especies registradas fueron formas grandes (30 - 1000 μm) donde se incluyen géneros que exhiben elaborada morfología como: espinas (*Prorocentrum* y *Rhizosolenia*), proyecciones (*Ceratium*, *Dinophysis*) y setas (*Chaetoceros* y *Bacteriastrum*).

Variación espacio-temporal de la diversidad y abundancia fitoplanctónica.

En términos de número de células, la mayor abundancia fitoplanctónica fue registrada durante el periodo lluvioso (Fig. 2). El análisis con el escalado multidimensional no métrico (Fig. 3) evidenció un marcado componente estacional donde se observaron tres agrupamientos principales: uno donde se asocian las estaciones a finales de la época de lluvia y comienzo de seca, periodo de mayor abundancia; otro agrupamiento en el mes típico de seca (marzo) y de menor abundancia de todo el periodo estudiado y un último agrupamiento en agosto, mes de abundancia media.

Los valores de diversidad, de forma general, no fueron altos, encontrándose la mayoría por debajo de 2.5 bits. La mayor riqueza de especies se registró al final del periodo lluvioso del año 2004, sin embargo, en lluvia los valores de diversidad fueron bajos en comparación con la seca (Fig. 4).

La distribución espacial evidenció que la mayor abundancia y diversidad fitoplanctónica, tanto en

Tabla 1. Resultados de los indicadores hidrológicos por estación climática (seca y lluvias).

INDICADOR	UNIDAD	MEDIA		MÍNIMO		MÁXIMO	
		seca	lluvias	seca	lluvias	seca	lluvias
Salinidad	ups	33.27	26.63	32.70	22.0	33.60	30.8
Temp	° C	26.44	30.94	25.60	30.80	27.45	32.95
pH	uds	8.18	8.21	8.04	7.91	8.24	8.43
Si-SiO ₃ ²⁻	µmol.L ⁻¹	7.16	45.05	1.22	6.29	22.18	100.57
N-NO ₂	µmol.L ⁻¹	0.06	0.12	0.01	0.06	0.11	0.21
P-PO ₄	µmol.L ⁻¹	0.28	1.11	0.10	0.35	0.61	2.77

Tabla 2. Lista de especies registradas en cada uno de los meses de colecta.

ESPECIES	OCT. 2003	MAR. 2004	AGO. 2004	OCT. 2004	DIC. 2004
DINOPHYCEAE					
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias		x	x	x	x
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent		x		x	x
<i>D. cf. rotundata</i>				x	x
<i>Gymnodinium</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Cochlodinium</i> sp.				x	x
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	x	x	x	x	x
<i>C. fusus</i> Sournia		x		x	x
<i>Oxytoxum</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Peridinium quinquecorne</i>		x	x	x	x
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech	x	x		x	x
<i>P. fatulipes</i> (Kofoid) Balech		x		x	x
<i>P. divergens</i> (Ehrenberg) Balech					
<i>Pyrophacus</i> sp.			x	x	x
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	x	x	x	x	x
<i>P. compressum</i> (Bailey) Abé	x	x	x	x	x
<i>P. minimum</i> (Pavillard) Schiller	x		x	x	x
<i>P. lima</i> (Ehrenberg) Dodge			x		
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	x			x	x
<i>Hemiaulus</i> sp.				x	
<i>Biddulphia</i> sp.			x	x	x
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve		x			
<i>B. furcatum</i> Shadbolt		x			
<i>B. hyalinum</i> Lauder		x			
<i>B. comosum</i> Pavillard		x			
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder		x		x	x
<i>C. danicus</i> Cleve		x			
<i>C. didymus</i> Ehrenberg		x		x	x
<i>C. peruvianus</i> Brightwell		x		x	x
<i>C. subtilis</i> Cleve		x			
<i>Coscinodiscus</i> sp.	x	x	x		
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran		x		x	x
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle		x			x
<i>Skelotonema costatum</i> (Greville) Cleve			x	x	x

ESPECIES	OCT. 2003	MAR. 2004	AGO. 2004	OCT. 2004	DIC. 2004
<i>Melosira nummoloides</i> (Dillwyn) Agardh				x	
<i>Thalassiosira</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Cyclotella</i> sp.				x	x
<i>Amphora</i> sp.				x	x
<i>Cocconeis</i> sp.				x	
<i>Licmophora</i> sp.				x	x
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg			x	x	x
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky		x	x	x	x
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow		x			
<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i>	x	x			
<i>Navicula</i> sp.	x	x		x	x
<i>Nitzschia longissima</i> (Brèbisson) Ralfs		x			x
<i>N. sigma</i> W. Smith					x
<i>N. reversa</i>					x
<i>Nitzschia</i> sp.	x	x	x		
<i>Pseudonitzschia</i> sp.		x	x		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith		x			x
CYANOPHYCEAE					
<i>Oscillatoria</i> sp.	x		x	x	
<i>Spirulina</i> sp.				x	
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dictyocha fibula</i> (Haeckel et Peters) Lemm		x			
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas</i> sp.				x	x

seca como en lluvia, se registró en las estaciones cercanas a las desembocaduras de los ríos de ambos lóbulos como son el Damuji (estación 7), Salado (estación 8), Caunao (estación 14) y Arimao (estación 15), así como en estaciones próximas a vertimientos de residuales urbanos de la ciudad de Cienfuegos, pertenecientes al lóbulo Norte (estaciones 10, 12 y 12 A) (Fig. 2).

Período lluvioso

En el mes de octubre, tanto de 2003 como de 2004, se observaron florecimientos (superior al 10^6 cél.L⁻¹) de una pequeña microalga (Chlorophyceae o Eustigmatophyceae, de 1-2 μ m de diámetro) similar a *Chlorella*.

En octubre de 2003, siguiendo en orden de abundancia a las clorofíceas, las diatomeas predominaron en el lóbulo Norte y los dinoflagelados en el lóbulo Sur (Fig. 5). Entre las diatomeas, *Thalassionema nitzschioides* y *Hemiaulus hauckii* Grunow fueron las especies dominantes, y entre los dinoflagelados, *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller, *P.*

compressum y *P. micans*. Es de notar que en la estación 15 la especie tóxica *P. minimum* presentó valores moderados de densidad (6.7×10^4 cél.L⁻¹).

La abundancia del fitoplancton en agosto del 2004 fue menor en comparación con octubre, aunque superiores a los valores medios registrados para el período de seca. Los dinoflagelados fueron los organismos dominantes en la mayoría de las estaciones de la bahía, siendo *P. micans* la especie más abundante. Sin embargo, en la estación 7, la diatomea *T. nitzschioides* fue la especie dominante. En agosto, el organismo tóxico registrado, *P. minimum*, presentó concentraciones bajas (540 cél.L⁻¹).

En octubre de 2004, siguiendo en orden de abundancia a la pequeña clorofíceas, las diatomeas resultaron ser más abundantes que los dinoflagelados en ambos lóbulos; las especies dominantes fueron *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (Hensen) Gran, *Cyclotella* sp. y *H. hauckii* (Fig. 5). Se registraron especies tóxicas en concentraciones promedio bajas como *Dinophysis caudata* Saville-Kent (24 cél.L⁻¹) y en concentración moderada como *P. minimum* (7.4×10^3 cél.L⁻¹).

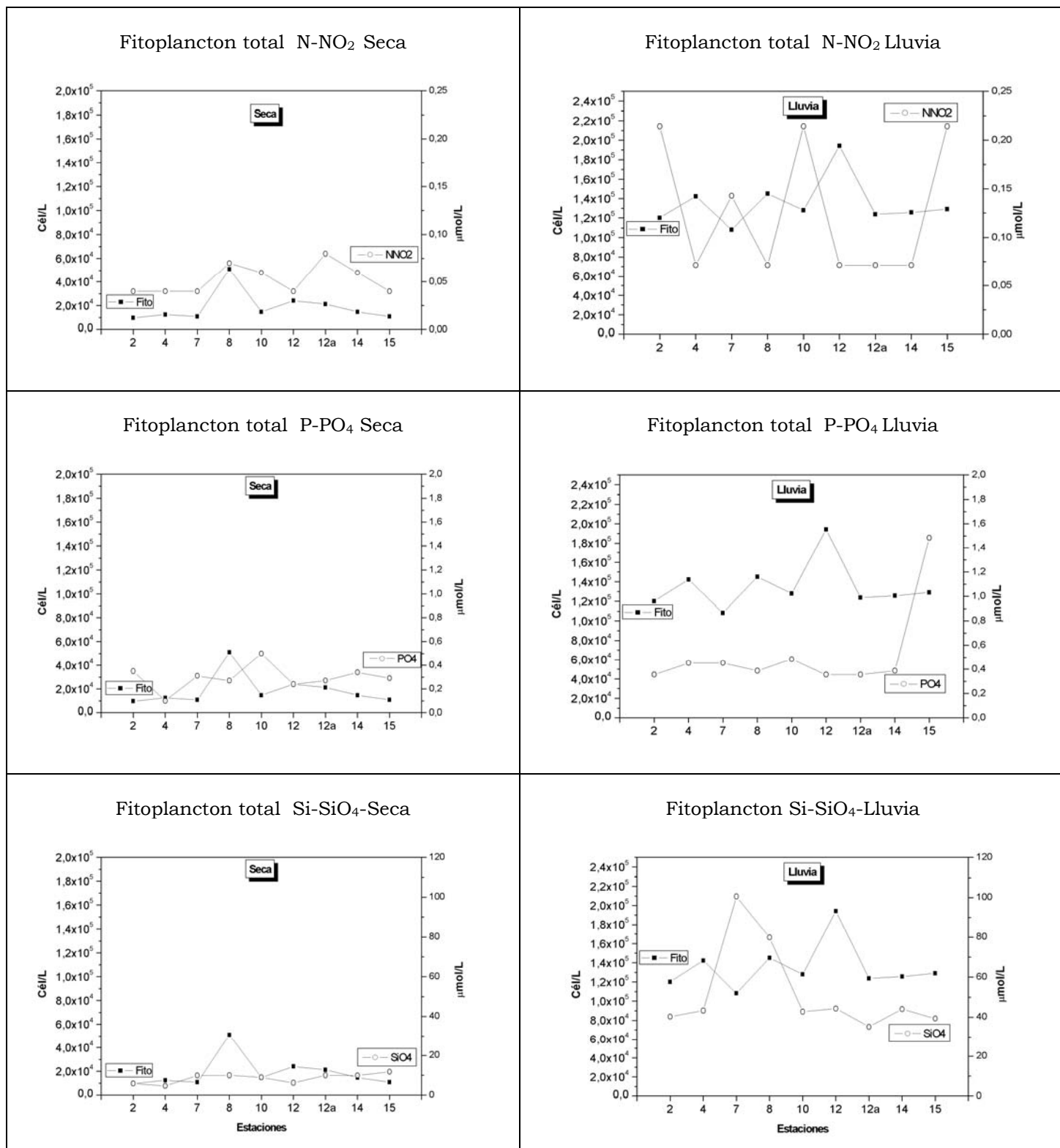


Fig. 2. Variación de los valores de abundancia de fitoplancton total y nutrientes en los dos períodos climáticos estudiados en las diferentes estaciones ubicadas en la Bahía de Cienfuegos, Cuba.

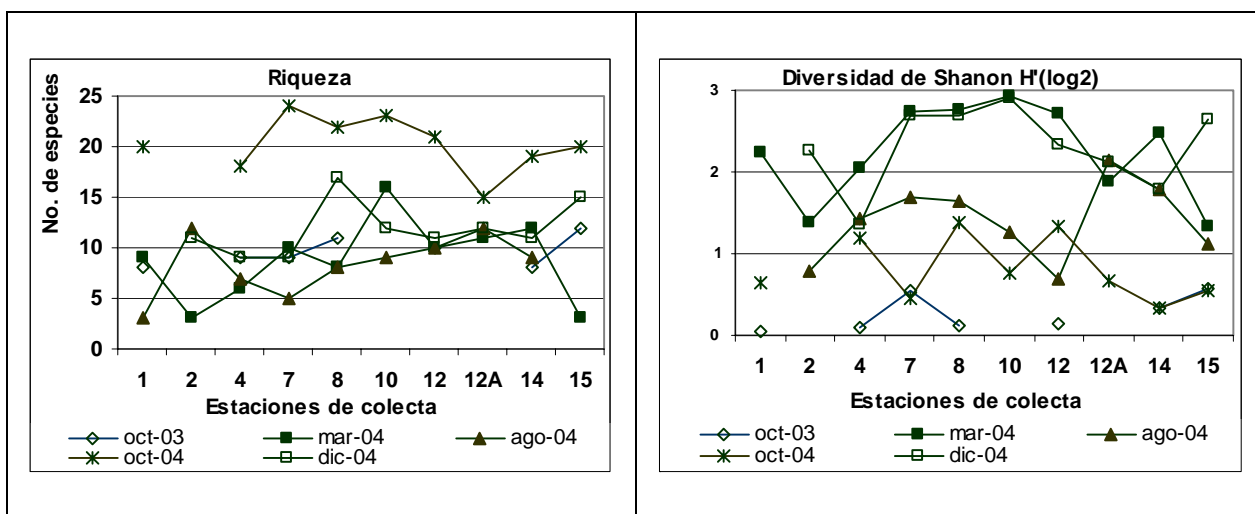


Fig. 4. Variación espacio-temporal de la riqueza de especies y diversidad de Shanon por estaciones y meses de colecta.

el desarrollo de las diatomeas, el incremento de éstas podría atribuirse a la presencia en lluvia de mayores concentraciones de este elemento con respecto a la seca.

El incremento de la abundancia de dinoflagelados con el aumento de la concentración de nutrientes producto del drenaje fluvial y residuales domésticos ha sido observado en otras zonas estuarinas de Cuba y del mundo (Regadera *et al.*, 2004; Heil *et al.*, 2005; Oguz, 2005). El dinoflagelado tóxico *Prorocentrum minimum*, encontrado en muchas regiones afectadas por fuentes de nutrientes antropogénicos, es un buen ejemplo de una especie que prolifera en habitats enriquecidos con nutrientes (Heil *et al.*, 2005); precisamente esta especie fue registrada en la bahía de Cienfuegos con concentraciones moderadas al final del periodo lluvioso de 2003, lo cual, podría estar asociado a la obtención de valores ligeramente altos de $P-PO_4^{3-}$ en esta temporada con respecto a la seca. Seisdedo y Muñoz (2004) demostraron la relación positiva de los aportes fluviales durante la época lluviosa con la incorporación de este nutriente en la bahía de Cienfuegos.

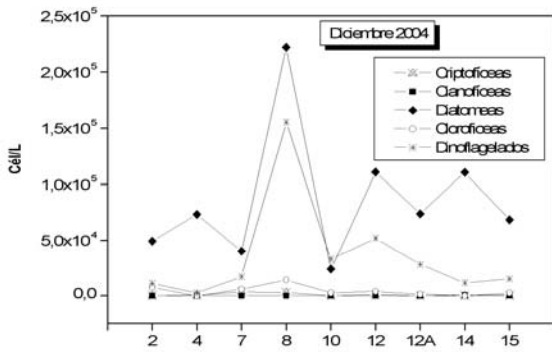
La temperatura es otro de los parámetros que influye en el desarrollo del fitoplancton. Varios autores han observado el incremento de dinoflagelados oportunistas en meses de altas temperaturas asociado al incremento de nutrientes por los aportes fluviales (Vila *et al.*, 2000; Lee *et*

al., 2000). Algo similar se observó en la bahía de Cienfuegos cuando el dinoflagelado *Prorocentrum micans* dominó en toda la bahía en agosto de 2004, mes perteneciente a la temporada lluviosa y uno de los más calurosos del año.

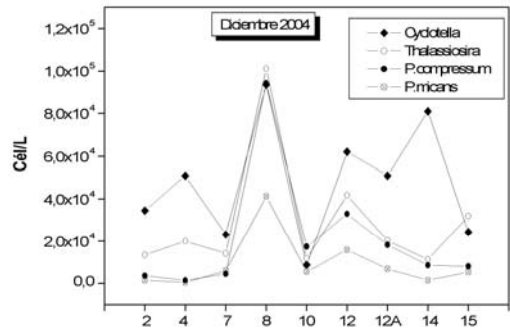
La distribución espacial mostró un comportamiento similar a otros estudios realizados en zonas estuarinas (Malone *et al.*, 1988; Wagey *et al.*, 2000), en los cuales se han registrado altas densidades de fitoplancton en áreas de mayor influencia fluvial y zonas próximas a vertimientos humanos. En el caso de la bahía de Cienfuegos, estas áreas coinciden con los ríos que fluyen hacia la misma y con las zonas de salida de residuales albañales de la ciudad de Cienfuegos, ambas vías ricas en aporte de nutrientes y materia orgánica. Varios estudios (Kemp y Boynton, 1984; Boynton *et al.*, 1995), han demostrado la utilización por algunas especies de fitoplancton (ej: *Chlorella* y algunos dinoflagelados) de varias fuentes de materia orgánica.

En la bahía se observaron especies tóxicas como *Dinophysis caudata*, *Prorocentrum minimum*, y *P. lima*, aunque no se registraron crecimientos masivos de estos organismos. Además, se registró una especie del género *Pseudonitzschia*, potencialmente tóxico, así como especies formadoras de mareas rojas del género *Prorocentrum*. Si bien las concentraciones de nutrientes y de fitoplancton no son tan elevadas como en otras bahías eutrofizadas del país, por

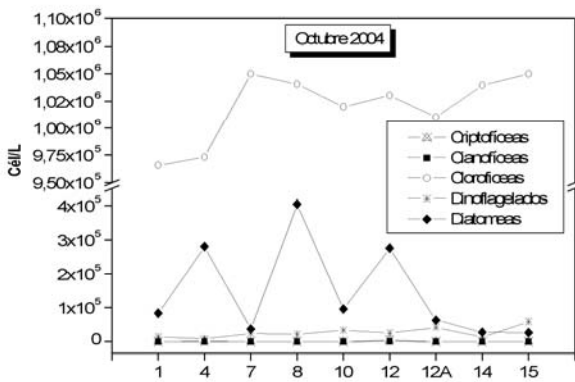
Grupos Diciembre 2004



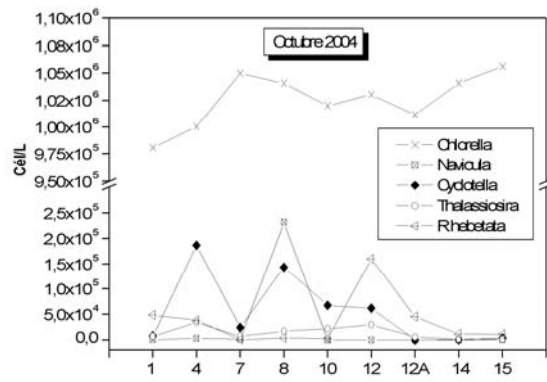
Especies Diciembre 2004



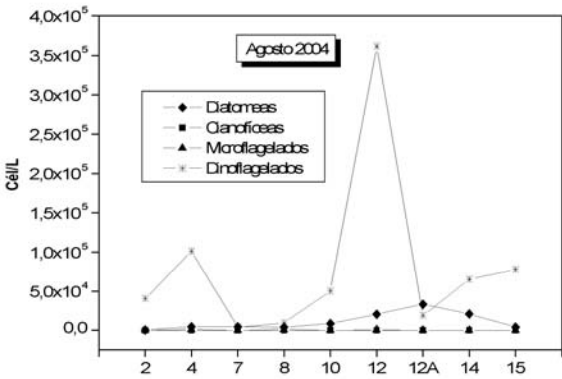
Grupos Octubre 2004



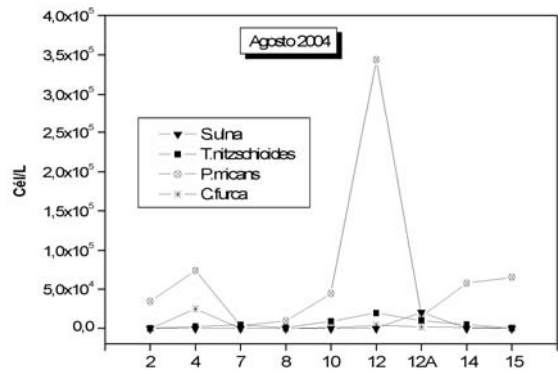
Especies Octubre 2004



Grupos Agosto 2004



Especies Agosto 2004



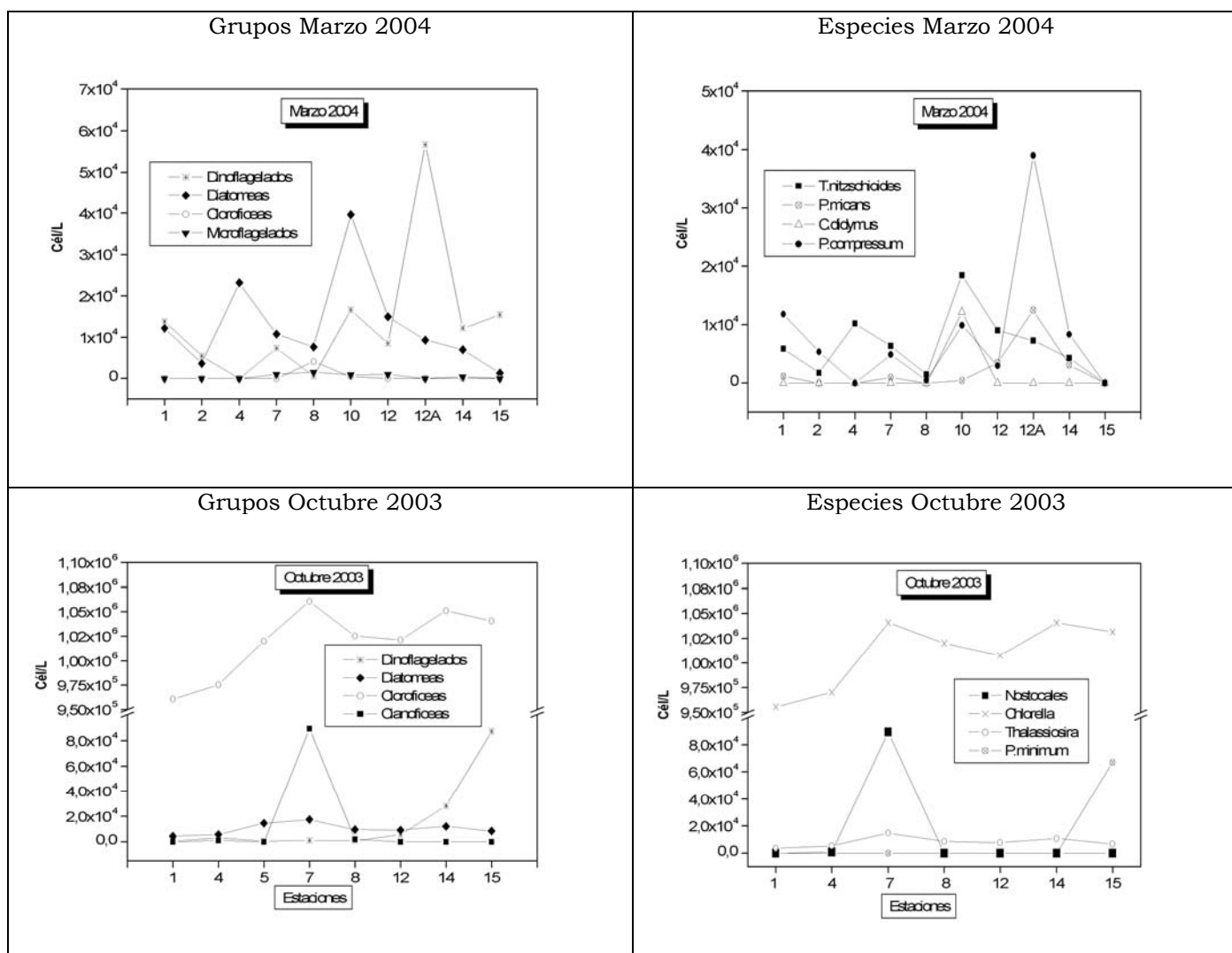


Fig. 5. Variación de la densidad fitoplanctónica (cél.L⁻¹) de los diferentes grupos y especies dominantes en los diferentes meses estudiados, en las distintas estaciones muestreadas en la Bahía de Cienfuegos, Cuba.

ejemplo, la de Santiago de Cuba (Gómez *et al.*, 2001), se observó una tendencia a incrementar sus valores durante y al final del periodo lluvioso. Por tanto, se recomienda seguir la vigilancia de especies tóxicas y eventos de mareas rojas, principalmente en áreas de mayor entrada de nutrientes.

CONCLUSIONES

1. Los grupos más diversos del fitoplancton fueron las diatomeas y los dinoflagelados, registrándose especies dominantes como las diatomeas: *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira* sp.,

Cyclotella sp., y los dinoflagelados: *Prorocentrum micans* y *P. compressum*.

2. Los mayores valores de abundancia fitoplanctónica se registraron al final del periodo lluvioso. Este comportamiento está estrechamente relacionado con el incremento de los valores de nutrientes en esta época. Los valores de abundancia de fitoplancton y de concentración de nutrientes para el periodo de seca fueron bajos.

3. Los mayores valores de abundancia fitoplanctónica para todas las épocas del año se registraron en áreas cercanas de vertimientos de residuales domésticos- industriales y en áreas

próximas a influencia fluvial, demostrando la importancia de estas dos vías en la entrada de nutrientes y materia orgánica al ecosistema.

4. La Bahía de Cienfuegos en comparación con otras bahías eutrofizadas del país muestra mejor calidad en cuanto a mayor riqueza del fitoplancton y menor concentración de nutrientes.

5. Las concentraciones de microalgas tóxicas fueron bajas, no obstante se recomienda mantener la vigilancia de estas especies sobre todo en zonas cercanas a fuentes de entrada de nutrientes y materia orgánica, donde se registró a *Prorocentrum minimum* con una abundancia moderada.

REFERENCIAS

- Aguilar C., G. González-Sansón, E. Guevara, y A. Bosch (1992): Estructura de las comunidades de peces en la Bahía de Cienfuegos y la Laguna Guanaroca, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 13(3): 222 – 232.
- Anónimo (1990): *Resumen de Investigaciones: Bahía de Cienfuegos y Litoral Adyacente, 1988-1990*. Programa Nacional para la Bahía de Cienfuegos y Área Litoral Adyacente. Academia de Ciencias de Cuba. 68 pp.
- Areces, A. (1986): Bahía de Cienfuegos: Eutrofización y planeamiento ambiental. *Rep. Invest. Inst. Oceanología*. 51:1-36.
- Baisre, J.S. (1992): Marine Resources of the Antilles. *FAO. Fish. Tech. Pap.* 326: 182-235.
- Balech, E. (1988): Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 1, 310 pp.
- Boynton, W.R., J.H. Garber, R. Summers y W.M. Kemp (1995): Inputs, transformations, and transport of nitrogen and phosphorus in Chesapeake Bay and selected tributaries. *Estuaries* 18: 285-314.
- Borrero, N., L. López-Baluja y G. Popowski (1981): Distribución del fitoplancton en la región nororiental de la plataforma de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 6:15-44.
- Borrero, N., L. López-Baluja y G. Popowski (1984): Distribución del fitoplancton en la región SE de la plataforma de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Oceanología, *Reporte de Investigación*, 27: 29 pp.
- Castellanos, M.E., A. León y A. Moreira (2003): Caracterización química de la agarófita *Gracilaria blodgettii* Harvey en la bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(3) 185-192.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick (2001): *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. PRIMER-E. Plymouth.
- García-Galocha, R., H. Quintana, F. Palacios, A. Tur, J. Beltrán, A. Martín, H. Mancebo y R. Regadera (2002): *Diagnóstico de la calidad ambiental del Ecosistema Bahía de Mariel*. Programa Científico-Técnico Ramal: Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano. Proyecto: Evaluación y Control de la Contaminación Marina en las Bahías de Cienfuegos, zona Cárdenas-Varadero, Matanzas, Mariel, Nuevitás, Nipe, Puerto Padre y Santiago de Cuba. Resultado 11. Informe final del PRCT "Protección del Medio Ambiente y el desarrollo sostenible cubano", 69 pp.
- Gómez, L., Y. Larduet y N. Abrahantes (2001): Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 22 (3): 191-197.
- Gomís, C, J. Alcober y A. Bernabeu (1993): Resumen seguimiento Bateas del Puerto de Valencia. Actas de la 3ª Reunión Ibérica sobre fitoplancton tóxico y biotoxinas, Vilaxoán, Pontevedra, 194 pp.
- Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson y A.D. Cembella (1995): Manual on Harmful Marine Microalgae. *IOC Manuals and Guides* Nº 33, UNESCO, 551 pp.
- Hasle, G.R. y E.E. Syverstsen (1997): Marine Diatoms. In: *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates* (C.R. Tomas, ed.). Academic Press, Diego, California, pp: 5-385.
- Heil, C.A., P.M. Glibert y C. Fan (2005): *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller – A review of a harmful algal bloom species of growing worldwide importance. *Harmful Algae* 4: 449-470.
- Herrera, M.A. y G.J. Sánchez (1982): Características de la meiofauna bentónica en la Bahía de Cienfuegos y algunos aspectos de su ecología. *Ciencias Biológicas*. No.7, 32 pp.
- Kemp, W.M. y W.R. Boynton (1984): Spatial and temporal coupling of nutrients inputs to estuarine primary production: the role of particulate

- transport and decomposition. *Bull. Mar. Sci.* 35: 242-247.
- Lam, C.W.Y. y K.C.Ho (1989): Red tides in Tolo Harbour, Hong Kong. In: *Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology* (T. Okaichi, D.M. Anderson & T. Nemoto, eds.), Elsevier Science Publishing, New York, pp: 49-52.
- Lalana, R. y M. Ortiz (1990): Lista de aves de la laguna Guanaroca, Provincia de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Inv. Mar.* 11(2):169-173.
- Lee, J.B., M.H. Lee, J.A. Lee y J.B. Park (2000): Seasonal dynamics of dinoflagellates and Raphidophytes and distribution of their resting cysts in Kaneoke Bay, Korea. In: *Harmful Algal Blooms 2000* (G.M. Hallegraeff *et al.*, Eds.) Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO 2001, 518 pp.
- León, A., M. Araujo, M. Castellanos, C. Serra, I. Figueroa, A. Muñoz y M. Caraballo (2000): *Informe Final del Proyecto: Manejo Integrado de la Bahía de Cienfuegos*. Programa Territorial Científico - Técnico de Medio Ambiente de la provincia de Cienfuegos, 95 p.
- León, A.R., M.E. Castellanos y A.R. Moreira (2002): Algunas consideraciones para la explotación sostenida de la agarófita *Gracilaria blodgettii* de la bahía de Cienfuegos. *Rev. Invest. Mar.* 23(3): 159 - 166.
- López-Baluja, L. y L.A. Vinogradova (1972): Fitoplancton de las aguas adyacentes al archipiélago cubano. Academia de Ciencias de Cuba, *Serie Oceanológica* (13): 1-24.
- López-Baluja, L. y L.A. Vinogradova (1974): Fitoplancton de la plataforma suroccidental de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, *Serie Oceanológica* (24): 1-17.
- López-Baluja, L. y N. Borrero (1977): Lista de especies de algas unicelulares para las aguas de la plataforma cubana. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Oceanología, *Informe Científico-Técnico* (11):1-20.
- Margalef, R. (1977): *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona, 951pp.
- Malone, T.C., L.H. Crocker, S.E. Pike y B.W. Wendler (1988): Influences of river flow in the dynamics of phytoplankton production in a partially stratified estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (48): 235-249.
- Moreira, A., M. Gómez, A.M. Suárez, A.R. León y M.E. Castellanos (2003): Variación de la composición y abundancia de macroalgas en la bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(2): 83-94.
- N.C. 25: 1999 (1999): Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. República de Cuba.
- Oguz, T. (2005): Long-term impacts of anthropogenic forcing on the Black Sea ecosystem. *Oceanography*. 18 (2): 112-121.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C.M. Lalli (1984): *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. New York. Pergamon, 14, 173 pp.
- Popowski, G., L. López-Baluja y N. Borrero (1982): Distribución del fitoplancton en la región noroccidental de la plataforma de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 7: 33-51.
- Regadera, R., G. Delgado y G. Popowski (2001): Estudio de las comunidades fitoplanctónicas en la bahía de Matanzas, Cuba. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental, Cátedra de Medio Ambiente, Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares, *Memorias de VII Taller*, CD, vol. 2, 11 pp.
- Regadera, R., J. Beltrán, F. Solar, M. Ramírez y H. Mancebo (2002): Calidad del ecosistema marino de la zona Varadero-Cárdenas, Cuba. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental, Cátedra de Medio Ambiente, Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares, *Memorias de VIII Taller*, CD, vol. 1, 13 pp.
- Regadera, R., M. Carmenate y G. Delgado (2004): Evolución de los niveles de eutrofización en la Bahía de La Habana según los análisis del fitoplancton y la clorofila *a*. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* Número especial 2004. III Taller Internacional CONyMA 2004.
- Seisdedo, M. y A. Muñoz. (2004): Influencia de la estacionalidad en el comportamiento fisicoquímico de las aguas de la Bahía de Cienfuegos. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. Número

especial 2004. III Taller Internacional CONyMA 2004.

UNEP (1991): Standard chemical methods for marine environmental monitoring. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No.50, 318 pp.

UNESCO (1983): *Chemical Methods for use in Marine Environmental Monitoring. Manual and Guides*. IOC. No. 12, 358 pp.

Vila, M., M. Delgado y J. Camp (2000): First detection of widespread toxic events caused by *Alexandrium catenella* in the Mediterranean Sea. In: Harmful Algal Blooms 2000, Hallegraeff, G. M.

et al (Eds.) Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO 2001.

Wagey, G.A., F.J.R. Taylor y P.J. Harrison (2000): Bloom of the dinoflagellate *Alexandrium affine* (Inoue and Fukuyo) Balech, in Tropical Ambon Bay, Indonesia. In: Harmful Algal Blooms 2000, Hallegraeff, G. M. *et al* (Eds.) Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO 2001.

Aceptado: 12 de enero de 2007