

DIVERSIDAD DEL MICROFITOPLANCTON EN LAS AGUAS OCEÁNICAS ALREDEDOR DE CUBA

Sandra Loza Álvarez¹ y Gladys Margarita Lugioyo Gallardo^{1*}

RESUMEN

Se evalúa la diversidad de la comunidad microfitoplanctónica en las aguas oceánicas alrededor de Cuba durante cuatro cruceros (febrero-marzo de 1999, julio-agosto del 2003, marzo del 2005 y agosto del 2005). Las muestras se recolectaron con botellas Nansen de 10 L de capacidad, a nivel subsuperficial y se concentraron mediante filtración invertida, a través de una malla de 20 µm de diámetro de poro. El volumen de agua filtrado por estaciones osciló entre 5 y 10 L. Se reportan un total de 181 especies de microalgas ubicadas en las diferentes categorías taxonómicas. El microfitoplancton estuvo dominado en cuanto al número de especies por diatomeas 85 y dinoflagelados 47, seguidas por cianobacterias con 23 especies y las dictiocofitas y primnesiofitas con 23 especies (mayormente coccolitofóridos). De las diatomeas, las familias Bacillariaceae, Chaetoceraeae y Rhizosoleniaceae aportan el mayor número de especies con los géneros *Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*. En los dinoflagelados se distinguen las familias Ceratiaceae, Protoperidiniaceae y Oxytosaceae y los géneros *Ceratium*, *Protoperidinium* y *Oxytoxum*. Las aguas oceánicas al norte de Cuba presentan mayor diversidad de especies (136) con respecto a las del sur (103), como lo demuestra el índice de riqueza (R_1) que en el norte fue de 48.35, mientras en el sur fue de 28.19.

Palabras claves: Microfitoplancton, diversidad, taxonomía, aguas oceánicas, Cuba.

ABSTRACT

The structure of the microphytoplankton community was evaluated in oceanic waters around Cuba during four cruises (February-March 1999, July-August 2003, March 2005 and August 2005). Samples were collected with 10 L Nansen bottles sub-surface level and were concentrated by inverse filtration through a 20 µm mesh-size net. The volume of filtered water per station ranged from 5-10 L. A total of 181 species of microalgae belonging to different taxonomic categories are reported. The microphytoplankton community, in terms of number of species, was dominated by diatoms (85) and dinoflagellates (47). Cyanobacteria contributed 23 species and the dictiocophytes and primnesiophytes 23 species (mostly coccolithophorids). Among diatoms, the families Bacillariaceae, Chaetoceraeae and Rhizosoleniaceae contributed the greater number of species in the genera *Nitzschia*, *Chaetoceros* and *Rhizosolenia*. In dinoflagellates, the families Ceratiaceae, Protoperidiniaceae, and Oxytosaceae, and the genera *Ceratium*, *Protoperidinium*, and *Oxytoxum* are emphasized. The oceanic waters north of Cuba presented a greater diversity of species (136) compared to those in the south (103) as demonstrated by a higher richness index (48.35) in the north versus the one found in the south (28.19).

Keywords: Microphytoplankton, diversity, taxonomy, oceanic waters, Cuba.

1 Instituto de Oceanología, Ave. Ira., No. 18406, entre 184 y 186, Reparto Flores, Ciudad Habana, Cuba. E-mails: sandra@oceano.inf.cu, margarita@oceano.inf.cu*

Recibido 8-I-2009
Aceptado 16-IX-2009

INTRODUCCIÓN

En el Golfo de México y el Mar Caribe, entre 1960 y 1980, se realizaron diversas investigaciones oceanológicas integrales para el conocimiento de las características hidrológicas, hidroquímicas, planctonológicas y pesqueras de la región (Okolodkov, 2003). En estos estudios se caracterizó el fitoplancton marino a partir de la composición taxonómica, fundamentalmente, en muestras de red (Ivanov, 1966; Khromov, 1967; Zernova, 1970; López-Baluja y Vinogradova, 1972; Zernova, 1974; Zernova y Krylov, 1974; Zernova, 1975; López-Baluja, 1976).

En estas investigaciones se inventariaron alrededor de 700 especies y variedades con su distribución geográfica y se realizó el análisis taxonómico comparativo de los géneros y especies de las regiones del Golfo de México, el Mar Caribe y el Estrecho de la Florida, encontrándose en el Golfo de México la mayor diversidad (Roujyaynen *et al.* 1971; Margalef, 1978). Del total de especies reportadas en las tres regiones, 299 fueron diatomeas, 235 dinoflagelados, 90 crisofitas y primnesiofitas (mayormente cocolitofóridos), 52 cianofitas y 13 especies y variedades de clorofíceas, euglenofíceas y prasinofíceas (Okolodkov, 2003).

La región del Golfo de México se encuentra más estudiada hasta la

actualidad, en cuanto a la diversidad del fitoplancton marino y su relación con la dinámica de las aguas oceánicas (Hernández-Becerril, 1995; Licea *et al.* 1995; Moreno *et al.* 1996; Aké-Castillo *et al.* 1999; Hernández-Becerril y Bravo-Sierra, 2000; Hernández-Becerril, 2003).

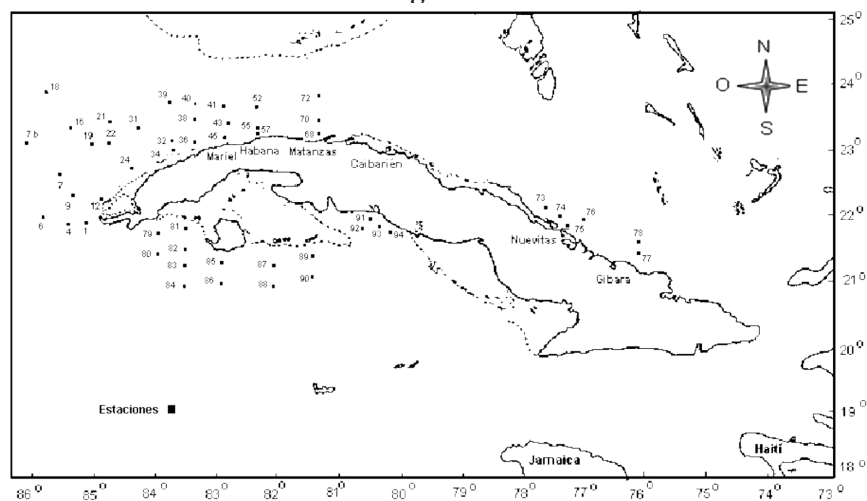
En las aguas oceánicas adyacentes a Cuba, entre las décadas de los 60 y los 80 se realizaron algunas investigaciones sobre la diversidad del fitoplancton por López-Baluja y Vinogradova, 1972; López-Baluja, 1976; López-Baluja *et al.* 1985 y Popowski y Campos, 1987. Sin embargo, en las últimas décadas, se carece de una información más completa sobre la composición taxonómica del microfitoplancton.

El objetivo del presente trabajo fue describir la composición taxonómica de la fracción microfitoplanctónica ($> 20 \mu\text{m}$) existente en las aguas oceánicas alrededor de Cuba durante cruceros realizados en diferentes épocas de los años 1999, 2003 y 2005.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron recolectadas en las aguas oceánicas al sur y al norte de Cuba, durante cruceros de investigación realizados en invierno (febrero-marzo de 1999 y marzo del 2005) y en verano (julio-agosto del 2003 y agosto del 2005) (Figura 1).

Figura 1



Ubicación de las estaciones de muestreo en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba.
Location of sampling stations in oceanic waters around Cuba.

Para el análisis cualitativo del fitoplancton mayor de 20 μm las muestras se recolectaron con botellas Nansen de 10 L de capacidad a nivel subsuperficial y se concentraron mediante filtración invertida (Sorokin, 1979) a través de una malla de 20 μm de diámetro de poro. El volumen de agua filtrado por estaciones osciló entre 5 y 10 L. Las muestras concentradas por filtración invertida se fijaron con lugol ácido y se centrifugaron.

El análisis al microscopio se realizó a partir de tres réplicas de 0.02 ml cada una, de las que se escogieron 28 líneas al azar empleando una cámara Sedgewick-Rafter.

Para establecer las diferentes categorías taxonómicas se adoptó el sistema de clasificación de Chrétiennot-Dinet *et al.* (1993) y Thronsdén (1993) y para su actualización se consultó el sitio algaebase.

org (Guiry y Guiry, 2009). La identificación de las especies se realizó según Tomas (1993), Licea *et al.* (1995), Moreno *et al.* (1996) y Sant'Anna *et al.* (2005).

Se calculó el índice de riqueza de especies (R_1) para las aguas oceánicas al norte y al sur de Cuba empleando el índice de Margalef (1951) o índice de Gleason (Frontier y Pichod-Viale, 1991), modificado mediante la sustitución del área muestreada por el número de estaciones muestreadas.

RESULTADOS

Se identificaron un total de 181 especies (Cuadro 1), de las cuales 57 fueron registradas en las aguas oceánicas de las regiones norte y sur, 79 se encontraron únicamente al norte y 44 sólo en el sur (Cuadro 1).

Cuadro 1

Lista de especies del microfitoplancton en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba.

Table 1

List of microphytoplankton species in oceanic waters around Cuba.

	Sur	Norte
Phylum CYANOBACTERIA Stainer ex Cavalier-Smith		
Clase Cyanophyceae Schaffner		
Orden Chroococcales von Wettstein, von Westerheim		
Familia Chroococcaceae Raberhorst		
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli		X
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	X	X
<i>Chroococcus</i> sp Nägeli	X	X
<i>Coccochloris</i> sp Sprengel	X	X
Familia Cyanobacteriaceae		
<i>Aphanothece elabens</i> (Brébisson) Elenkin	X	X
<i>Aphanothece</i> sp Nägeli		X
Familia Merismopediceae Elenkin		
<i>Merismopedia</i> sp Meyen		X
Familia Microcystaceae Elenkin		
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing		X
<i>Anacystis</i> sp Meneghini		X
<i>Gloeocapsa</i> sp Kützing	X	X
Orden Nostocales Cavalier-Smith		
Familia Nostocaceae Eichler		
<i>Richelia intracellularis</i> Schmidt	X	X
<i>Anabaena</i> sp Bory de Saint-Vincent ex Bornet & Flahault	X	
Orden Oscillatoriales Cavalier-Smith		
Familia Oscillatoriaceae Engler		
<i>Oscillatoria margaritifera</i> Kützing ex Gomont	X	
<i>Oscillatoria sancta</i> f. <i>tenuis</i> (Woronichin) Elenkin	X	X
<i>Oscillatoria</i> sp Vaucher ex Gomont		X
Familia Phormidiaceae		
<i>Phormidium mucicola</i> Huber-Pestalozzi & Naumann	X	X
<i>Spirulina major</i> Kützing	X	X
<i>Spirulina nodosa</i> Schiller	X	
<i>Spirulina princeps</i> West & West	X	X
<i>Spirulina subsalsa</i> Ørsted	X	
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont	X	X
Orden Synechococcales		
Familia Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis		
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli	X	
<i>Synechococcus</i> sp Nägeli	X	X
Phylum BACILLARIOPHYTA Engler & Gilg		

	Sur	Norte
Clase Bacillariophyceae Haeckel		
Orden Bacillariales Hendey		
Familia Bacillariaceae Ehrenberg		
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin		X
<i>Nitzschia elegantula</i> Grunow		X
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs	X	X
<i>Nitzschia marina</i> Grunow	X	
<i>Nitzschia oceanica</i> Hasle		X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith		X
<i>Nitzschia</i> sp Hassall	X	X
Orden Lyrellales Mann		
Familia Lyrellaceae Mann		
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva 1978	X	
Orden Naviculales Bessey		
Familia Naviculaceae Kützing		
<i>Navicula ovalis</i> Hilse		X
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	X	
<i>Navicula rostrata</i> Ehrenberg		X
<i>Navicula</i> sp Bory de Saint-Vincent	X	X
<i>Haslea wawrikan</i> (Hustedt) Simonsen		X
Familia Pinnulariaceae Mann		
<i>Pinnularia bigibba</i> Gaiser & Johansen	X	
<i>Pinnularia</i> sp Ehrenberg		X
Familia Pleurosigma Mereschowsky		
<i>Gyrosigma</i> sp Hassall	X	X
Orden Surirellales Mann		
Familia Surirellaceae Kützing		
<i>Surirella</i> sp Turpin		X
Clase Coccinodiscophyceae Round & Crawford		
Orden Asterolamprales Round		
Familia Asterolampraceae Smith, Smith		
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg		X
<i>Asteromphalus</i> sp. Ehrenberg		X
Orden Biddulphiales		
Familia Biddulphiaceae Kützing		
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (Smith) Boyer	X	
Orden Chaetocerotales Round & Crawford		
Familia Chaetoceraceae Ralfs		
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve		X
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	X	X
<i>Bacteriastrum</i> sp Shadbolt		X
<i>Chaetoceros affine</i> Lauder	X	X
<i>Chaetoceros atlanticum</i> Cleve		X
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve		X
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	X	X

	Sur	Norte
<i>Chaetoceros decipiens f. singularis</i> Gran		X
<i>Chaetoceros delicatulum</i> Ostefeld	X	
<i>Chaetoceros didymum</i> Ehrenberg		X
<i>Chaetoceros diversum</i> Cleve	X	X
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs		X
<i>Chaetoceros lorenzianum</i> Grunow	X	X
<i>Chaetoceros messanense</i> Castracane		X
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann		X
<i>Chaetoceros pelagicus f. pelagicus</i> Gran	X	X
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell		X
<i>Chaetoceros</i> sp Ehrenberg	X	X
Orden Corethrales Round & Crawford		
Familia Corethraceae Lebour		
<i>Corethron cryophilum</i> Castracane		X
Orden Coscinodiscales Round		
Familia Coscinodiscaceae Kützing 1844		
<i>Coscinodiscus</i> sp. Ehrenberg	X	
Orden Hemiaulales Round & Crawford		
Familia Hemiaulaceae Heiberg		
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	X	X
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow		X
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck	X	X
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve		X
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville		X
<i>Cerataulina</i> sp Peragallo ex Schütt		X
<i>Eucampia</i> sp. Ehrenberg		X
Orden Leptocylindrales Round & Crawford		
Familia Leptocylindraceae Lebour		
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve		X
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Perigallo) Hasle		X
<i>Leptocylindrus</i> sp. Cleve		X
Orden Meloseirales Crawford		
Familia Melosiraceae Kützing		
<i>Hyalodiscus elegans</i> Strelnikova		X
<i>Melosira normanii</i> Arnott ex Van Heurck	X	
<i>Melosira</i> sp Agardh		X
Orden Rhizosoleniales		
Familia Rhizosoleniaceae De Toni		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle		X
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle	X	X
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo	X	
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sündström		X
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sündström		X
<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo		X
<i>Rhizosolenia clevei</i> var <i>communis</i> Sündström		X

	Sur	Norte
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey		X
<i>Rhizosolenia pungens</i> (Cleve-Euler) Brunel		X
<i>Rhizosolenia sigma</i> Shütt		X
<i>Dactilosolen</i> sp Castracane	X	X
<i>Rhizosolenia</i> sp Brightwell		X
Orden Thalassiosirales		
Familia Thalassiosiraceae		
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran		X
<i>Thalassiosira</i> sp Cleve		X
Familia Skeletonemaceae		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve		X
<i>Streptotheke</i> sp Greville	X	X
Clase Fragilariophyceae Round		
Orden Fragilariales Silva		
Familia Fragilariaceae Greville		
<i>Asterionellopsis glaciales</i> (Castracane) Round	X	X
<i>Asterionella notata</i> Grunow ex Van Heurck		X
<i>Diatoma vitrea</i> Kützing		X
<i>Fragilaria</i> sp Lyngbye		X
<i>Synedra</i> sp Ehrenberg	X	X
Orden Licmophorales Round, Round		
Familia Licmophoraceae Kützing		
<i>Licmophora argenescens</i> Agarth		X
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow	X	
<i>Licmophora</i> sp Agardh		X
Orden Rhabdonematales Round & Crawford		
Familia Rhabdonemataceae Round & Crawford		
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing		X
Orden Striatellales Round, Round		
Familia Striatellaceae Kützing		
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing		X
Orden Thalassionemales Round		
Familia Thalassionemataceae Round		
<i>Thalassionema nitzschiodes</i> (Grunow) Mereschkowsky		X
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow		X
<i>Thalassionema</i> sp Peragallo	X	X
<i>Thalassiothrix</i> sp Cleve & Grunow		X
Orden Toxariales Round		
Familia Toxariaceae Round		
<i>Toxarium undulatum</i> Bailey	X	
Phylum CHLOROPHYTA Pascher		
Clase Chlorophyceae Wille		
Orden Volvocales Oltmanns		
Familia Chlamydomonadaceae Stein		
<i>Chlamydomona coccoides</i> Butcher	X	

	Sur	Norte
Phylum HAPTOPHYTA Hibberd ex Eduardsen & Eikren		
Clase Haptophyta incertae sedis		
Orden Haptophyta incertae sedis		
Familia Calyptosphaeraceae Boudreaux & Hay		
<i>Calyptosphaera oblonga</i> Lohmann	X	
<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamptner) Loeblich Jr. & Tappan	X	X
Clase Prymnesiophyceae Hibberd		
Orden Coccolithales Schwarz		
Familia Calcidiseaceae Young & Brown		
<i>Oolithotus fragilis</i> (Lohmann) Martini & Müller	X	
<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder	X	X
Familia Coccolithaceae Poche		
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller	X	X
Orden Isochrysidales Pascher		
Familia Noëlaerhabdaceae Jerkovic		
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lochmann) Hay & Mohler	X	X
Orden Phaeocystales Medlin		
Familia Phaeocystaceae Lagerheim		
<i>Phaeocystis</i> sp Lagerheim		X
Orden Prymnesiales Papenfuss		
Familia Prymnesiaceae Conrad ex Schmidt		
<i>Chrysochromulina</i> sp Lackey	X	
Orden Syracosphaerales Hay		
Familia Calciosoleniaceae Kamptner		
<i>Calciosolenia</i> sp Gran	X	X
Familia Rhabdosphaeraceae Lemmermann		
<i>Discosphaera tubifera</i> (Murray & Blackman) Ostefeld	X	X
<i>Rhabdosphaera stylifer</i> Lohmann	X	
<i>Discosphaera</i> sp Haeckel	X	X
Familia Syracosphaeraceae (Lohmann) Lemmermann		
<i>Michaelsarsia elegans</i> Gran	X	
<i>Syracosphaera corii</i> Schiller	X	X
<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann	X	
<i>Michaelsarsia</i> sp Gran	X	
<i>Syracosphaera</i> sp Lohmann	X	X
Orden Zygodiscales Joung & Bown		
Familia Pontosphaeraceae Lemmermann		
<i>Pontosphaera borealis</i> Ostefeld	X	X
<i>Scythosphaera apsteini</i> Lohmann	X	
<i>Pontosphaera</i> sp Lohmann	X	
Phylum HETEROKONTOPHYTA Moestrup		
Clase Cryptophyceae Fritsch		
Orden Cryptomonadales Pascher		
Familia Chryptomonadaceae Ehrenberg		
<i>Cryptomona</i> sp Ehrenberg		X

	Sur	Norte
Clase Dictyochophyceae Silva		
Orden Dictyochales Haeckel		
Familia Dictyochaceae Lemmermann		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	X	X
<i>Distephanus speculum</i> (Ehrenberg) Haeckel		X
<i>Mesocena polymorpha</i> Lemmermann	X	
Clase Raphidophyceae Chadeffaud ex Silva		
Orden Chattonellales Thronsen		
Familia Chattonellaceae Thronsen		
<i>Chattonella antiqua</i> (Hada) Ono		X
Phylum MYZOOA Cavalier-Smith & Chao		
Clase Dinophyceae Fritsch		
Orden Gymnodiniales Apstein		
Familia Gymnodiniaceae Lankester		
<i>Amphidinium crassum</i> Lohmann		X
<i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka		X
<i>Amphidinium</i> sp Claparède & Lachmann	X	X
<i>Gymnodinium</i> sp Stein	X	X
<i>Gyrodinium</i> sp Kofoid & Swery	X	X
Orden Peridinales Haeckel		
Familia Ceratiaceae Kofoid		
<i>Ceratium arietinum</i> Cleve		X
<i>Ceratium breve</i> (Ostenfeld & Smidt) Schröder	X	
<i>Ceratium buceros</i> (Zacharias) Schiller		X
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i> (Ehrenberg) Jorgensen	X	X
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	X	
<i>Ceratium longissimum</i> (Schröder) Kofoid	X	
<i>Ceratium pentagonum</i> Gourret	X	
<i>Ceratium pulchellum</i> Schröder	X	X
<i>Ceratium teres</i> Kofoid	X	X
<i>Ceratium</i> sp Schrank		X
Familia Ceratocoryaceae Lindemann		
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein	X	X
Familia Gonyaulacaceae Lindemann		
<i>Gonyaulax kofoidii</i> Pavillard	X	
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	X	
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing	X	
<i>Gonyaulax</i> sp. Diesing	X	
Familia Oxytoxaceae Lindemann		
<i>Corythodinium diploconus</i> (Stein) Taylor	X	
<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller		X
<i>Oxytoxum reticulatum</i> (Stein) Schütt		X
<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein		X
<i>Oxytoxum turbo</i> Kofoid		X
<i>Oxytoxum variabile</i> Schiller	X	

	Sur	Norte
<i>Corythodinium</i> sp. Loeblich & Loeblich III	X	X
<i>Oxytoxum</i> sp Stein		X
Familia Peridiniaceae Ehrenberg		
<i>Glenodinium paululum</i> Lindemann	X	X
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemmermann	X	
<i>Peridinium quinquecorne</i> Abé	X	X
<i>Glenodinium</i> sp. Ehrenberg ex Ralfs	X	X
Familia Podolampadaceae Lindemann		
<i>Podolampas palmipes</i> Stein	X	
<i>Podolampas spinifera</i> Okamura	X	X
Familia Protoperidiniaceae Bujak & Davies		
<i>Protoperidinium bispinum</i> (Schiller) Balech	X	
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech	X	
<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech	X	
<i>Protoperidinium</i> sp. Bergh	X	X
Orden Prorocentrales Lemmermann		
Familia Prorocentraceae Stein		
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe ex Dodge		X
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt		X
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Dodge		X
<i>Prorocentrum marinum</i> (Cienkowski) Loeblich III	X	X
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg		X
<i>Prorocentrum scutellum</i> Schröder	X	
<i>Prorocentrum</i> sp. Ehrenberg	X	X
Orden Pyrocystales Apstein		
Familia Pyrocystaceae (Schütt) Lemmermann		
<i>Pyrocystis fusiformis</i> (Wyville-Thomson ex Haeckel) Blackman	X	
Orden Thoracosphaerales Tangen		
Familia Thoracosphaeraceae Schiller		
<i>Thoracosphaera</i> sp Kamptner	X	

De las diatomeas, las familias Bacillariaceae, Chaetoceraceae y Rhizosoleniaceae aportan la mayor riqueza de especies distribuidas con los géneros *Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*, fundamentalmente. En los dinoflagelados fueron importantes los organismos de las familias Ceratiaceae, Protoperidiniaceae y Oxytosaceae con los géneros *Ceratium*, *Protoperidinium* y *Oxytoxum* (Cuadro 1).

En general, se observó que del total de especies reportadas, las diatomeas fueron el grupo más abundante con 85 especies, seguidas por los dinoflagelados (47). Las cianobacterias contribuyeron con 23 especies y las dictiocofitas y primnesiofitas con 23 especies, con un mayor aporte de los coccolitofóridos (11%) (Cuadro 2).

Cuadro 2

Número total de especies identificadas por categorías taxonómicas en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba.

Table 2

Total number of species identified, by taxonomic category, in oceanic waters around Cuba.

Clases Taxonómicas	Aguas Oceánicas	ZEE Sur	ZEE Norte
Fragilariophyceae	15	5 (4.8%)	13 (9.5%)
Bacillariophyceae	17	8 (7.8%)	13 (9.5%)
Coccinodiscophyceae	53	18 (17.5%)	48 (35.3%)
Dinophyceae	47	33 (32%)	29 (21.3%)
Cyanophyceae	23	17 (16.5%)	18 (13.2%)
Prymnesiophyceae	20	19 (18.4%)	11 (8.1%)
Dictyochophyceae	3	2 (1.9%)	2 (1.5%)
Chlorophyceae	1	1 (0.9%)	-
Cryptophyceae	1	-	1 (0.7%)
Rhaphidophyceae	1	-	1 (0.7%)
Total	181	103	136
Índice de Riqueza		28.19	48.35

El análisis de la riqueza de especies en el norte y el sur de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) mostró que, la comunidad fitoplanctónica mayor de 20 μm en el norte resultó más rica (136), con un valor del índice de riqueza (R_1) de 48.35, mientras en el sur el número de especies encontradas fue menor (103), con un

valor de $R_1 = 28.19$ (Cuadro 2). Es de resaltar que en la ZEE norte las diatomeas tuvieron la mayor contribución (74 especies), lo que representó el 54.3% del total de las especies de la zona. Por su parte, en la ZEE sur los cocolitofóridos (Prymnesiophyceae) representaron el 18.4%, mientras en el norte sólo fueron el 8.1%. El resto

de los grupos, en general, mostró un aporte similar a la diversidad en ambas regiones (Cuadro 2).

En el análisis estacional de la diversidad del microfitoplancton en la ZEE, se observó que en el norte las diatomeas fueron el grupo mejor representado, con un incremento del número de especies en el crucero de marzo de 1999 (Cuadro 3). Sin embargo, en el sur se encontró que tanto en marzo como en agosto del año 2005

fueron los dinoflagelados y las diatomeas los que más contribuyeron a la riqueza específica de la región, con un aporte similar de ambos grupos en cada una de las épocas, aunque en el invierno el número de especies de diatomeas resultó superior con respecto al verano (Cuadro 3). Por su parte, las cianobacterias mostraron una disminución en el número de especies en la época de invierno tanto en el norte como en el sur (Cuadro 3).

Cuadro 3

Número total de especies del microfitoplancton por grupos taxonómicos fundamentales en las aguas oceánicas al norte y al sur de Cuba en época de invierno y verano.

Table 3

Total number of microphytoplankton species, by fundamental taxonomic group, from oceanic waters in northern and southern Cuba during winter and summer.

Norte			
Grupos del fitoplancton	Marzo de 1999	Julio-Agosto del 2003	Agosto del 2005
Diatomeas	31	23	20
Dinoflagelados	10	7	12
Cianobacterias	3	8	7
Otros grupos*	5	7	3

Grupos del fitoplancton	Sur	
	Marzo del 2005	Agosto del 2005
Diatomeas	18	13
Dinoflagelados	19	14
Cianobacterias	5	12
Otros grupos*	16	6

* En otros grupos se encuentran las clases Chlorophyceae, Dictyochophyceae, Prymnesiophyceae, Cryptophyceae y Raphidophyceae.

DISCUSIÓN

La diversidad del fitoplancton marino generalmente se describe y se mide en términos de riqueza de especies (John, 1994; Hernández-Becerril, 2003). La inmensa mayoría de las especies de microalgas planctónicas marinas han sido definidas como especies morfológicas, con muy poca información sobre los procesos y mecanismos de reproducción (Hernández-Becerril, 2003). Es por ello que la evaluación sobre la diversidad del microfitoplancton realizada en este estudio se basó en la separación de las especies de acuerdo con las características morfológicas de las células.

La riqueza de especies del fitoplancton mayor de 20 μm en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba y su distribución en las diferentes categorías taxonómicas resultó similar a lo informado por Popowski y Campos (1987) y Loza (2007) para la misma zona, a pesar de que

se conoce únicamente un porcentaje de las especies que existen en el medio natural (Sournia *et al.* 1991; Sournia, 1995; Tett y Barton, 1995) y de las discrepancias entre los autores en el número de clases taxonómicas (Chrétiennot-Dinet *et al.* 1993). Popowski y Campos (1987) refirieron un total de 167 especies distribuidas en 91 diatomeas, 66 dinoflagelados, 3 primnesiofíceas, 4 cianofitas, 2 crisofíceas y una clorofíceas, y Loza (2007) informó un total de 151 especies, de las cuales los dinoflagelados y las diatomeas fueron los mejores representados.

Sin embargo, López-Baluja *et al.* (1992), a partir del análisis realizado en el período de 1965 y 1985 para el Golfo de México y el Mar Caribe, incluyendo las aguas cubanas de la plataforma insular y las oceánicas adyacentes, informan un listado de 529 especies, de ellas 264 fueron dinoflagelados, 230 diatomeas, 21 primnesiofíceas, 8 cianobacterias y 3 especies de criptofíceas y de clorofíceas.

Este incremento en el número de especies registrado por estos autores puede estar relacionado con la mayor diversidad de especies del microfitoplancton que existe en el Golfo de México (Okolodkov, 2003), además de que también incluyen las aguas más enriquecidas de la plataforma.

Algunas de las especies de microfitoplancton encontradas en esta investigación como *Ceratium furca*, *Rhizosolenia* sp, *Hemiaulus membranaceus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Emiliania huxleyi*, *Oxytoxum variabile*, están distribuidas principalmente en mares tropicales y algunas de ellas son características de aguas afloradas y coinciden con las reportadas por Margalef (1969) en un estudio realizado en el Mar Caribe.

El grupo de las diatomeas aportó el mayor número de especies, lo que concuerda con lo informado por Popowski y Campos (1987) para la ZEE de Cuba. Hernández-Becerril (2003) plantea que este grupo es el más conocido y diverso de las microalgas planctónicas marinas y que está distribuido en todos los mares, pero su contribución está relacionada con la disponibilidad de nutrientes.

En las aguas oceánicas de Cuba se encontraron 20 especies de cocolitofóridos, lo que concuerda con el estudio de López-Baluja *et al.* (1992), que encontró 21 primnesiophyta. La clase Primnesiophyceae incluye un número aproximado de 280 especies, de ellas los cocolitofóridos contribuyen mayoritariamente al fitoplancton

marino (Thomsen *et al.* 1994; Sourina, 1995). Gaarder y Hasle (1971) informan para el Golfo de México 29 taxones de cocolitofóridos; mientras Bravo-Sierra y Hernández-Becerril (2000) reportan 38 especies para el Pacífico mexicano.

Al comparar la diversidad de especies del microfitoplancton en las aguas oceánicas del norte con las del sur, se observó que en el norte la diversidad fue mayor y que en los meses correspondientes a la época de invierno, el grupo que más aportó a la riqueza de especies fue el de las diatomeas. Este resultado podría estar relacionado con el hecho de que a pesar de la oligotrofia que caracteriza a las aguas oceánicas adyacentes a Cuba, la zona norte se distingue por presentar un mayor enriquecimiento relativo de nutrientes y materia orgánica (Lugioyo, 2003), lo que al parecer favorece, en términos generales, la diversidad de especies y en particular de las diatomeas, las cuales en general presentan elevados requerimientos de nutrientes (Moreno *et al.* 1996).

Este enriquecimiento relativo de la ZEE norte podría estar relacionado con una mayor exportación de nutrientes desde las estrechas plataformas, si tenemos en cuenta que en esta región, el movimiento de las corrientes, por efecto del viento, provoca divergencia y afloramiento costero, que conlleva a un relativo incremento del contenido de sales minerales (Arriaza *et al.* 2007), además de que existen procesos de afloramientos orográficos

sustentados en las elevadas concentraciones de silicio (superiores a 5 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) encontradas en esta zona (Penié, 1991). Por otra parte, el tráfico continuo de embarcaciones por el Canal Viejo de las Bahamas podría favorecer también el aporte de nutrientes y materia orgánica en zonas más alejadas de la costa. Estas características de un mayor enriquecimiento relativo en las aguas al norte se refuerzan en el invierno, cuando, producto de los frentes fríos, se debilita la estratificación térmica y ocurre una entrada adicional de nutrientes proveniente de las aguas profundas.

Sin embargo, en la ZEE sur, el mayor aporte de los dinoflagelados a la riqueza de especies, tanto en el invierno como en el verano, con respecto al norte, podría estar favorecido por las características fisiológicas de este grupo, al presentar bajos requerimientos de nutrientes y una variada nutrición (autótrofa, heterótrofa y mixotrófica) (Gamboa-Márquez *et al.* 1994; Licea *et al.* 1995) que le permite adaptarse a las aguas empobrecidas en compuestos biogénicos, como son las aguas oceánicas del sur de Cuba (Fernández *et al.* 1990). Por otra parte, el hecho de que se haya encontrado una riqueza de especies de diatomeas similar a la de los dinoflagelados podría obedecer a la existencia en estas aguas oligotróficas de zonas puntuales enriquecidas en nutrientes, producto del intercambio con las aguas provenientes de las bahías y por el ingreso de nutrientes

de las capas profundas hacia las superficiales en el invierno.

El grupo de las cianobacterias mostró una disminución del número de especies en la época de invierno tanto en el norte como en el sur; esto podría guardar relación con el hecho de que durante el invierno aumenta el oleaje y la oxigenación del agua, lo que afecta la capacidad de fijar el nitrógeno molecular que tienen las formas filamentosas de este grupo, ya que para la fijación del nitrógeno molecular se necesitan condiciones de microaerofilia (Carpenter y Price, 1976; Corredor, 1977; Sant'Anna *et al.* 2005).

En las cianobacterias, se distinguió la especie *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont por su elevada frecuencia de aparición. López-Baluja y Vinogradova (1972) y Popowski y Campos (1987), en estudios sobre la estructura comunitaria del plancton de red en las aguas oceánicas alrededor de Cuba, también encontraron un predominio de esta especie.

CONCLUSIONES

En las aguas oceánicas adyacentes a Cuba, en el período comprendido entre 1999 y 2005, se identificaron un total de 181 especies del microfitorplancton. Las diatomeas fueron el grupo más diverso con 85 especies, seguido por los dinoflagelados con 47. Las cianobacterias contribuyeron con 23 especies y las dictiocofitas y primnesiofitas con 23 especies, con un mayor aporte de los cocolitofóridos.

En el norte, la comunidad fitoplanctónica mayor de 20 µm resultó más rica en cuanto al número de especies (136) con un valor del índice de riqueza (R_1) de 48.35, mientras en el sur el número de especies encontradas fue menor (103), con un valor de $R_1 = 28.19$.

En la ZEE norte, se observó durante el invierno un incremento del número de especies de diatomeas. Sin embargo, en la ZEE sur, tanto en el invierno como en el verano, fueron los dinoflagelados y las diatomeas los que más contribuyeron a la riqueza de especies de la región con un aporte similar de ambos grupos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aké-Castillo, J. A., Hernández-Becerril, D. U. & Meave del Castillo, M. E. (1999). Species of the genus *Thalassiosira* (Basillariophyceae) from the Gulf of Tehuantepec. *Bot. Mar.*, 42, 487-503.
- Arriaza, L., Rodas, L., Ramírez, O., Simanca, J. & García, R. (2007). *Cartas de corrientes superficiales alrededor de Cuba a partir de la modelación numérica*. (CD-ROOM) (ISBN 978-959-298-010-5).
- Bravo-Sierra, E. & Hernández-Becerril, D. U. (2000). Coccolithophorids from various locations of the Mexican Pacific. In: *Proceedings 8th International Nannoplankton Association (INA)*. Bremen, Alemania. 7 p.
- Carpenter, E. J. & Price, C. C. (1976). Marine *Oscillatoria trichodesmium*: exploration for aerobic nitrogen fixation without heterocysts. *Sci.*, 191, 1278-1280.
- Chrétiennot-Dinet, M. J., Sournia, A., Ricard, M. & Billard, C. (1993). A classification of the marine phytoplankton of the World from class to genus. *Phycology*, 32, 159-179.
- Corredor, J. E. (1977). Aspects of phytoplankton dynamics in the Caribbean sea and adjacent regions. In: *Symposium on progress in marine research in the Caribbean and adjacent regions*. FAO. *Fish. Rep.*, 200, 101-114.
- Fernández, M., Hidalgo, R. M., López, D., García, I. & Penié, I. (1990). *Caracterización hidroquímica de la Fosa de Jagua y la Zona Económica Exclusiva al S de Cuba*. (Inédito). Informe final de tema, Archivo Científico Instituto de Oceanología. 24 p.
- Frontier, S. & Pichod-Viale, D. (1991). *Ecosystèmes: structure, fonctionnement, evolution*. Collection d'écologie. Masson, Paris, 21, p. 392.
- Gaarder, K. R. & Hasle, G. R. (1971). Coccolithophorids of the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 21, 519-544.
- Gamboa-Márquez, J. F., Sánchez-Suárez, I. G. & La Barbera-Sánchez, A. (1994). Dinoflagelados (Pyrrophyta) del Archipiélago Los Roques (Venezuela): Familias Prorocentraceae y Ostreopsidaceae. *Acta Cient. Venezolana. Biol. Mar.*, 45, 140-152.

- Guiry, M. D. & Guiry G. M. (2009). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Hernández-Becerril, D. U. (1995). Planktonic diatoms from the Gulf of California and coast off Baja California: the genera *Rhizosolenia*, *Proboscia*, *Pseudosolenia*, and former *Rhizosolenia* species. *Diatom Res.*, 10, 251-267.
- Hernández-Becerril, D. U. (2003). Diversidad del fitoplancton marino de México. Un acercamiento actual. Cap. 1. En: *Planctonología Mexicana*. Barreiro-Güemes M. T., M. E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon & M. G. Figueroa-Torres (eds.). Sociedad Mexicana de Planctonología, A. C. México, 1-18.
- Hernández-Becerril, D. U. & Bravo-Sierra, E. (2000). Cuatro nuevos registros de dinoflagelados planctónicos para el Pacífico mexicano. En: *Estudios sobre Plancton en México y el Caribe*. Ríos Jara, E., E. Juárez Carillo, M. Pérez Peña, E. López Uriarte, E. G. Robles Carero, D. U. Hernández-Becerril & M. Silva Briazo (eds.). Sociedad Mexicana de Planctonología (SOMPAC) y Universidad de Guadalajara (CUCBA), 79-80.
- Ivanov, A. I. (1966). Some data on the phytoplankton of the Gulf of Mexico and the Florida strait. In: *Studies on the Central American seas*, 1. Kiev, 81-91.
- John, D. M. (1994). Biodiversity and conservation: an algal perspective. *The Phycologist*, 38, 3-15.
- Khromov, N. S. (1967). Studies on plankton in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. In: *Soviet-Cuban Fishery*. Research (VNIRO-CIP), Moscow, 2, 39-57.
- Licea, S., Moreno, J. L., Santoyo, H. & Figueroa, G. (1995). *Dinoflagelados del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 165 p.
- López-Baluja, L. (1976). Phytoplankton of Cuban waters. Synopsis of PhD Thesis in Biology, Institute of Oceanology, URSS, Academy of Sciences, Moscow.
- López-Baluja, L. & Vinogradova, L. (1972). El fitoplancton en aguas adyacentes al archipiélago cubano. *Serie Oceanológica*, 13, 1-24.
- López-Baluja, L., Zernova, V. V. & Semina, H. J. (1985). Flora planctónica del Mediterráneo Americano. Contribuciones al Simposio de Ciencias Marinas y VII Jornada Científica del Instituto de Oceanología: XX Aniversario de la Academia de Ciencias de Cuba, Palacio de las Convenciones, La Habana, 1, 111-115.
- López-Baluja, L., Zernova, V. V. & Semina, G. I. (1992). *El fitoplancton de aguas cubanas y del Golfo de México* (en ruso). Nauka Press, Moscow, Rusia. 215 p.
- Loza, S. (2007). Las microalgas. En: *La biodiversidad marina de Cuba*. Claro, R. (ed.) (CD-Room). Instituto de Oceanología, Ministerio

- de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Lugioyo, G. M. (2003). *Distribución, relaciones tróficas y diversidad del bacterioplancton de las aguas oceánicas de Cuba*. Tesis Doctoral, Universidad de La Habana, Cuba. 140 p.
- Margalef, R. (1951). *Diversidad de especies en las comunidades naturales*. Publicación Instituto Biología Aplicada, Barcelona, 9, 5-27.
- Margalef, R. (1969). El ecosistema pelágico del mar Caribe. En: *Memoria, Fundación "La Salle"*, 29, 5-36.
- Margalef, R. (1978). Regularidad en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe. *Invest. Pes.*, 36(2), 241-264.
- Moreno, J. L., Licea, S. & Santoyo, H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California Sur*. Universidad Autónoma de Baja California Sur Press, México. 272 p.
- Okolodkov, Y. B. (2003). Una revisión de investigaciones rusas de plancton en el Golfo de México y Mar Caribe en los años 1960-1980. *Hidrobiol.*, 13(3), 207-221.
- Penié, I. (1991). *Caracterización hidroquímica de las aguas de la Zona Económica Exclusiva al norte de Cuba*. Informe Archivo Científico Instituto de Oceanología, Cuba. 40 p.
- Popowski, C. G. & Campos, A. (1987). Estructura comunitaria del plancton oceánico alrededor de Cuba en marzo de 1981. *Rep. Invest.*, 64, 1-15.
- Roujjiyaynen, M. I., Senichkina, L. G. & Georgieva, L. V. (1971). Review of the taxonomic composition of phytoplankton in the Central American seas. In: *Studies on the Central American seas*, Kiev, 3, 16-49.
- Sant'Anna, C., Azevedo, M. T., Agujaro, L., Carvalho, M. C. & Souza, R. C. (2005). *Manual ilustrado para identificación y conteo de cianobacterias planctónicas de aguas continentales brasileiras*. Sant'Anna C., M. T. Azevedo, L. Agujaro, M. C. Carvalho & R. C. Souza (eds.). Interciencia Press, Sao Paulo, Brasil. 135 p.
- Sorokin, Yu. I. (1979). Métodos para la concentración del fitoplancton (en ruso). *Hydrobiol.*, 15, 71-76.
- Sournia, A. (1995). Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into diversity. In: *Harmful Marine Algal Blooms*. Lassus, P., G. Arzul, E. Erand, P. Gentien & C. marcaillou (eds.). Lavoisier, Intercept Ltd., 103-112.
- Sournia, A., Chrétiennot-Dinet, M. J. & Ricard, M. (1991). Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *J. Plankton Res.*, 13, 1093-1099.
- Tett, P. & Barton, E. D. (1995). Why are there about 5000 species of phytoplankton in the sea? *J. Plankton Res.*, 17, 1693-1704.

- Thomsen, H. A., Buck, K. B. & Chavez, F. P. (1994). Haptophytes as components of marine phytoplankton. In: *The haptophyte algae*. Green, J. C. & B. S. C. Leadbeater (eds). Syst. Assoc., Spec., Clarendon Press, Oxford, 51, 187-208.
- Thronsen, J. (1993). The planktonic marine flagellates. In: *Marine phytoplankton: a guide to naked flagellates and coccolothophorids*. Tomas, C. R. (ed.). Academic Press, 7-145.
- Tomas, C. R. (1993). *Marine phytoplankton: a guide to naked flagellates and coccolothophorids*. Academic Press, London.
- Zernova, V. V. (1970). Acerca de las algas planctónicas del Golfo de México y el Mar Caribe (en ruso). *Okeanology Issled.*, Moscú, 20, 69-104.
- Zernova, V. V. (1974). Species structure of phytocene in the southern Gulf of Mexico. In: *Soviet-Cuban Fishery Research (VNIRO-CIP)*, Moscow, 4, 117-131.
- Zernova, V. V. (1975). *Phytoplankton in some areas of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico. Proceeding of the Institute of Oceanology*. URSS Academy of Sciences, 101, 41-51.
- Zernova, V. V. & Krylov, V. V. (1974). Species of unicellular algae new to the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. In: *Soviet-Cuban Fishery Research (VNIRO-CIP)*, 2, Moscow, 132-134.