

# DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA DE LAS FRACCIONES PLANCTÓNICAS < 200 $\mu\text{m}$ Y SU CONTRIBUCIÓN RELATIVA A LA BIOMASA TOTAL EN LAS AGUAS OCEÁNICAS DE LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DE CUBA.

Sandra Loza Alvarez <sup>1\*</sup>, María Victoria Orozco <sup>2</sup> y Margarita Lugioyo Gallardo <sup>1\*</sup>

(1) Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Ave 1ra No. 18406, entre 184 y 186, Playa, Ciudad Habana, Cuba.

(2) Acuario Nacional de Cuba, Ave. 1ra y 60, Playa, CP 11300, Ciudad Habana, Cuba.

(\*) Autor correspondiente: Email: [sandra@oceano.inf.cu](mailto:sandra@oceano.inf.cu), [calvarez@infomed.sld.cu](mailto:calvarez@infomed.sld.cu)

## RESUMEN

Se evaluó el patrón de distribución espacial así como la contribución de las fracciones del plancton a la biomasa planctónica menor de 200  $\mu\text{m}$  en la región NW de las aguas oceánicas adyacentes a Cuba en muestreos realizados en época de invierno (febrero de 1997 y marzo 1999). Los valores de la biomasa bacteriana variaron entre 1.6 y 11.4  $\text{mgC m}^{-3}$ , del nanoplancton entre 5.2 y 20.8  $\text{mgC m}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 11.4 \pm 5.4 \text{ mgC m}^{-3}$ ) y la del microzooplancton entre 4.2 y 15.5  $\text{mgC m}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 7.9 \pm 3.2 \text{ mgC m}^{-3}$ ). El microfitoplancton presentó valores de biomasa que variaron entre 1.95 y 15.7  $\text{mgC m}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 8.8 \pm 3.7 \text{ mgC m}^{-3}$ ). Los mayores valores de biomasa de todas las fracciones estudiadas se encontraron en las aguas oceánicas adyacentes a la zona entre las bahías de Mariel y La Habana. El nanoplancton fue la fracción que más aportó a la biomasa menor de 200  $\mu\text{m}$  en la capa fótica, seguida del microzooplancton, tanto en la estación con influencia costera (N.57) como en la oceánica (N.18).

Palabras claves: biomasa; bacterias; nanoplancton; microfitoplancton; microzooplancton; aguas oceánicas; ASW, Cuba.

## ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the contribution and spatial distribution of plankton fractions smaller than 200  $\mu\text{m}$  in the NW region of the oceanic waters adjacent to Cuba, in winter season (February 1997 and March 1999). Bacterial biomass varied between 1.6 and 11.4  $\text{mgC m}^{-3}$ , those of nanoplankton between 5.2 and 20.8  $\text{mgC m}^{-3}$  (average = 11.4  $\pm$  5.4  $\text{mgC m}^{-3}$ ), and those of the microzooplankton between 4.2 and 15.5  $\text{mgC m}^{-3}$  (average = 7.9  $\pm$  3.2  $\text{mgC m}^{-3}$ ). The microphytoplankton biomass varied between 1.95 and 15.7  $\text{mgC m}^{-3}$  (average = 8.8  $\pm$  3.7  $\text{mgC m}^{-3}$ ). The highest biomass values for all the studied fractions were found in the oceanic waters adjacent to the area between Mariel and Havana bays. The nanoplankton was the fraction that made the greatest contribution to the biomass less than 200  $\mu\text{m}$  in the photic layer, followed by the microzooplankton, both in the station with coastal influence (N.57) and in the oceanic one (N.18).

Key words: biomass; bacteria; nanoplankton; microphytoplankton; microzooplankton; oceanic waters; ASW, Cuba.

Las aguas oceánicas que rodean a Cuba se caracterizan por ser muy pobres en nutrientes y por tanto se clasifican, desde el punto de vista trófico, como oligotróficas (Okolodkov, 2003; Lugioyo *et al.*, 2007). En estos ecosistemas pelágicos, las fracciones más pequeñas de los organismos microscópicos de vida libre (plancton) desempeñan un papel importante en el funcionamiento trófico de esta masa de agua como alimento para los organismos consumidores (larvas de peces y crustáceos) y constituyen los componentes fundamentales para el estudio integral de este ecosistema. Los estudios ecológicos funcionales han demostrado la relación trófica existente entre las

bacterias, las fracciones del fitoplancton y el microzooplancton, así como su función y su participación en la producción total, metabolismo y flujo energético en el ecosistema marino (Li y Dickie, 1998, Nagata, 2000, Pomeroy, 2003, Vargas y González, 2004).

En la capa fótica las bacterias heterótrofas desempeñan una importante función ya que intervienen en el reciclaje de los nutrientes mediante la degradación de la materia orgánica presente en el medio y garantizan la transferencia de energía hacia los otros niveles tróficos en el ecosistema (Heinänen, 1992; Kirchman, 2000;

Ducklow, 2000). La fracción nanoplanctónica, en general, aporta la materia orgánica disuelta utilizable por el bacterioplancton y su componente heterotrófica, en particular, constituye el consumidor primario de las poblaciones bacterianas, del picoplancton y del nanoplancton autótrofo, además de participar en la descomposición y remineralización de la materia orgánica (Stoecker *et al.*, 1994; Legendre and Le Fevre, 1995). Por su parte, el microzooplancton es el responsable de regular mediante el pastoreo el crecimiento de las poblaciones planctónicas de los niveles tróficos inferiores (Taylor, 1982, Ferrier y Rassoulzadegan, 1991; Putt *et al.*, 1991; Ning *et al.*, 1992; Peters, 1994).

El microfitoplancton en las aguas oceánicas oligotróficas de Cuba se caracteriza por una productividad primaria muy baja y está compuesto fundamentalmente por cianobacterias y dinoflagelados (López-Baluja y Vinogradova, 1972; Baisre, 2004). Su papel en el ecosistema resulta importante ya que la producción fotosintética puede aportar hasta el 50% de la materia orgánica disuelta que soporta la producción de las bacterias heterótrofas (Ducklow, 2000). Algunos autores han informado que los microorganismos de las aguas templadas y tropicales usan frecuentemente la mitad o más de la energía fijada por el fitoplancton (Pomeroy y Wiebe, 1988).

La región noroccidental de Cuba presenta una dinámica compleja caracterizada por giros ciclónicos y anticiclónicos, además de la presencia de la corriente de Lazo (Centurioni y Niiler, 2003). La existencia de estos giros constituye un factor importante en el transporte, dispersión y mantenimiento de la diversidad biológica en las aguas cubanas y su influencia sobre otras regiones del Gran Caribe (Claro *et al.*, 2007).

Por lo antes expuesto el objetivo de este trabajo fue evaluar el patrón de distribución espacial de la biomasa del bacterioplancton, del nanoplancton, del microfitoplancton y del microzooplancton, así como la contribución relativa de cada una de estas fracciones a la biomasa planctónica menor de 200  $\mu\text{m}$  en la región NW de las aguas oceánicas adyacentes a Cuba, en época de invierno.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en la región NW de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Cuba en la

cual se muestrearon 18 estaciones, en la época de invierno (febrero de 1997 y marzo 1999) (Fig. 1).

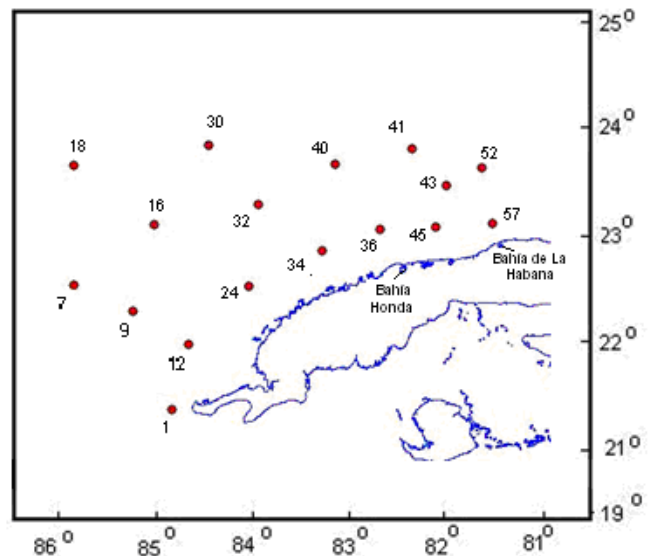


Fig. 1 Ubicación de las estaciones de muestreo en la región NW de la ZEE de Cuba

Las muestras de agua para la determinación de la biomasa de las fracciones menores de 200  $\mu\text{m}$  se colectaron en el nivel subsuperficial mediante botellas de 10 L de capacidad. Las fracciones del bacterioplancton y nanoplancton fueron cuantificadas por microscopía de epifluorescencia, utilizando como colorante Naranja de Acridina y Primulina, y filtros de membrana nucleoporo de 0.2 y 0.4  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro, respectivamente (Hobbie *et al.* 1977; Caron 1983). Para el cálculo de la biomasa de estos organismos en  $\text{mgC m}^{-3}$  se emplearon las metodologías propuestas por Alongi (1988) y Sherr y Sherr (1984), respectivamente.

El análisis del microzooplancton y microfítoplancton se realizó mediante la concentración de un volumen de agua que osciló entre 5 y 10 L por filtración invertida (Sorokin, 1979; Zamudio, 2000). Para la fracción del microzooplancton se empleó un filtro nucleoporo de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro y las muestras se cuantificaron sin utilizar fijador (Sorokin, 1983) y para el microfitoplancton las muestras se concentraron mediante una malla de 20  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro y se fijaron con lugol ácido.

La biomasa microzooplanctónica y del microfitoplancton expresada en  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$  se determinó según Beaver y Crisman (1982) y Strathmann (1967), respectivamente.

La contribución relativa de las fracciones planctónicas estudiadas se determinó en dos estaciones con características ambientales diferentes: una con influencia costera (N.57) y otra oceánica (N.18). Las muestras fueron recolectadas de tres niveles de profundidad: superficie, inicio de la termoclina y final de la capa fótica.

Para el análisis de las relaciones existentes entre los factores bióticos estudiados y los abióticos: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, nitratos + nitritos, amonio y fosfatos (tomados de las bases de datos del Departamento de Oceanografía del Instituto de Oceanología), se empleó el coeficiente de correlación lineal de Pearson, empleando el programa Statistica 6.0 (© Statsoft, Inc., 1984-2001).

Los mapas fueron confeccionados con el programa MAPINFO professional 6.5 (© 1985-2001, Mapinfo Corporation).

**RESULTADOS**

En la región NW de las aguas oceánicas de Cuba la biomasa bacteriana, en general, mostró un patrón de distribución homogéneo con un predominio de valores que variaron entre 1.6 y 7.6  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$ . No obstante, se debe señalar que en las aguas adyacentes entre las bahías Honda y La Habana se localizó un área de mayor biomasa cuyos valores oscilaron entre 8.5 – 11.4  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$  (Fig. 2).

Por su parte, la fracción nanoplanctónica presentó valores de biomasa que oscilaron entre 5.2 y 20.8  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$  y un promedio de  $11.4 \pm 5.4 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3}$ . Se observó un patrón de distribución horizontal de la biomasa heterogéneo, con valores elevados localizados hacia el extremo más occidental de la zona y en el área oceánica comprendida entre las bahías Honda y La Habana ( $15.9 - 20.8 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3}$ ), mientras en la parte central se registraron los valores menores que oscilaron entre 5.2 – 7.4  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$  (Fig. 3).

La biomasa del microzooplancton también mostró un patrón de distribución horizontal homogéneo en la zona de estudio. Los valores de biomasa variaron entre 4.2 y 15.5  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$  con un promedio de  $7.9 \pm 3.2 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3}$ . Al igual que para las bacterias como para el nanoplancton, en la zona

adyacente localizada entre las bahías Honda y La Habana se encontraron los valores más elevados de biomasa ( $10.9 - 15.5 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3}$ ) (Fig. 4).

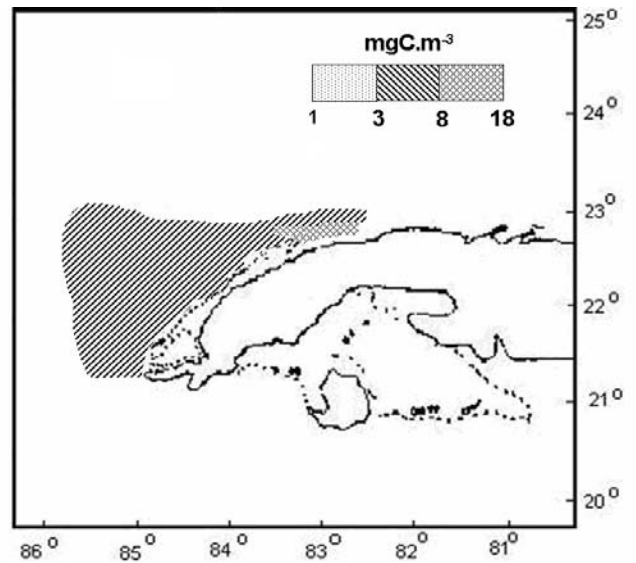


Fig. 2. Distribución de la biomasa bacterioplanctónica en la región NW de la ZEE de Cuba.

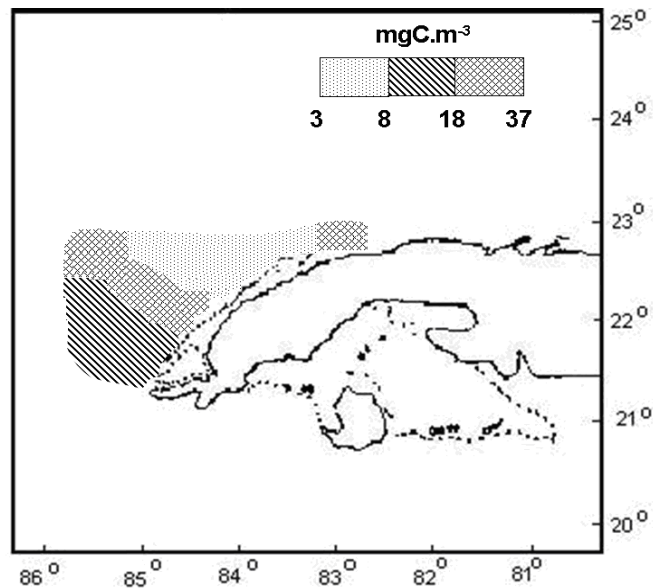


Fig. 3. Distribución de la biomasa nanoplanctónica en la región NW de la ZEE de Cuba.

La fracción microfitoplanctónica presentó valores de biomasa que variaron entre 1.95 y 15.7  $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 8.8 \pm 3.7 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3}$ ). En general, los mayores valores se localizaron, en las estaciones

aledañas a la plataforma noroccidental (10.1 y 15.2  $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}$ ). No obstante, es de resaltar el valor elevado de biomasa (15.7  $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}$ ) que se obtuvo en la estación N.18 ubicada en los límites de las aguas oceánicas de la región noroccidental (22° 79' 83" lat N y 85° 14' 00" long W) (Fig. 5).

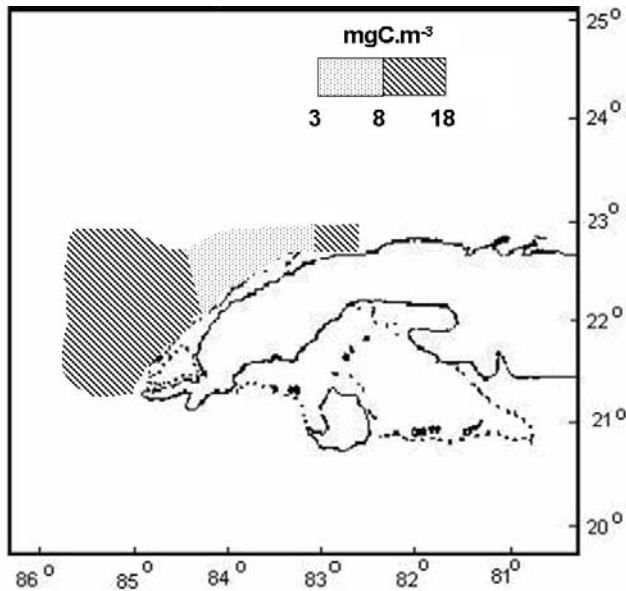


Fig. 4. Distribución de la biomasa microzooplancónica en la región NW de la ZEE de Cuba.

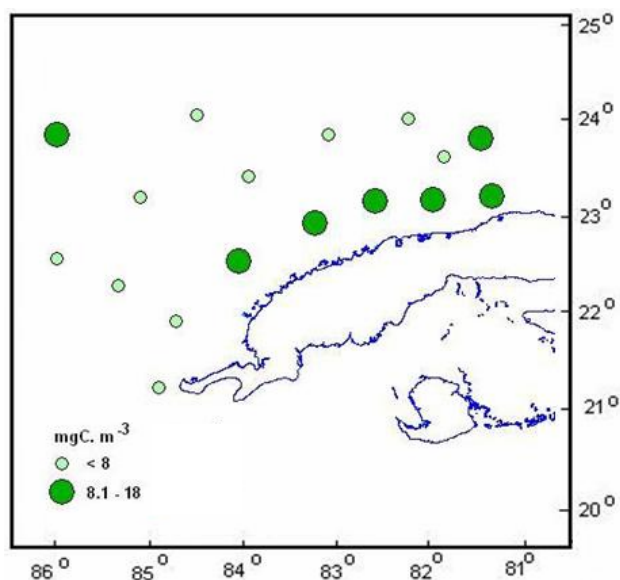


Fig.5. Distribución de la biomasa del micrófitoplancton en la región NW de la ZEE de Cuba.

Al analizar los resultados sobre la contribución relativa de cada una de las fracciones planctónicas < 200  $\mu\text{m}$  en las aguas oceánicas de la región noroccidental de Cuba se pudo comprobar que el nanoplancton fue la fracción que más aportó a la biomasa menor de 200  $\mu\text{m}$ , tanto en la estación con influencia costera (N.57) como en la oceánica (N.18) (Fig. 6).

En la estación N.57, el nanoplancton representó el 44.5% de la biomasa total <200  $\mu\text{m}$  en la capa fótica, seguido por el microzooplancton con un 33.2% y por último el bacterioplancton (22.3%) (Fig. 6), mientras en la estación N.18, localizada en los límites de las aguas oceánicas de Cuba, se obtuvo una contribución relativa de las fracciones nanoplanctónica y microzooplanctónica más elevada con relación a la estación con influencia costera (N. 57) (54.8% y 49.3%, respectivamente), mientras el aporte del bacterioplancton en la capa 0-150 m resultó bajo (14.1%) (Fig. 6).

Es de destacar que tanto en la estación N.57 como en la N.18 se obtuvo un aumento de la biomasa del nanoplancton a partir de los 50 m y hacia el final de la capa fótica (150 m). En ambas estaciones este aumento coincidió con una disminución del bacterioplancton a los 50 m (Fig. 6). Por su parte, a esta misma profundidad en la N.18 se observó un incremento de la biomasa del microzooplancton con la consiguiente disminución de la biomasa del nanoplancton (Fig. 6).

Al realizar el análisis de correlación entre las fracciones del plancton menor de 200  $\mu\text{m}$  y algunos factores abióticos en las aguas oceánicas al NW de Cuba en la época de invierno, se encontró que existía correlación positiva entre la biomasa del bacterioplancton con la del nanoplancton ( $r = 0.47$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 18$ ), con el microzooplancton ( $r = 0.33$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 18$ ) y con la concentración de nitratos ( $r = 0.61$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 18$ ). También se encontró correlación positiva entre el micrófitoplancton y los nitratos ( $r = 0.36$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 18$ ). Finalmente, la concentración de nitratos correlacionó inversamente con el oxígeno disuelto ( $r = -0.37$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 18$ ).

## DISCUSIÓN

El patrón de distribución horizontal observado para los grupos planctónicos estudiados, en general, fue similar con una coincidencia de un área de mayor riqueza de la biomasa planctónica en la zona oceánica comprendida entre las bahías

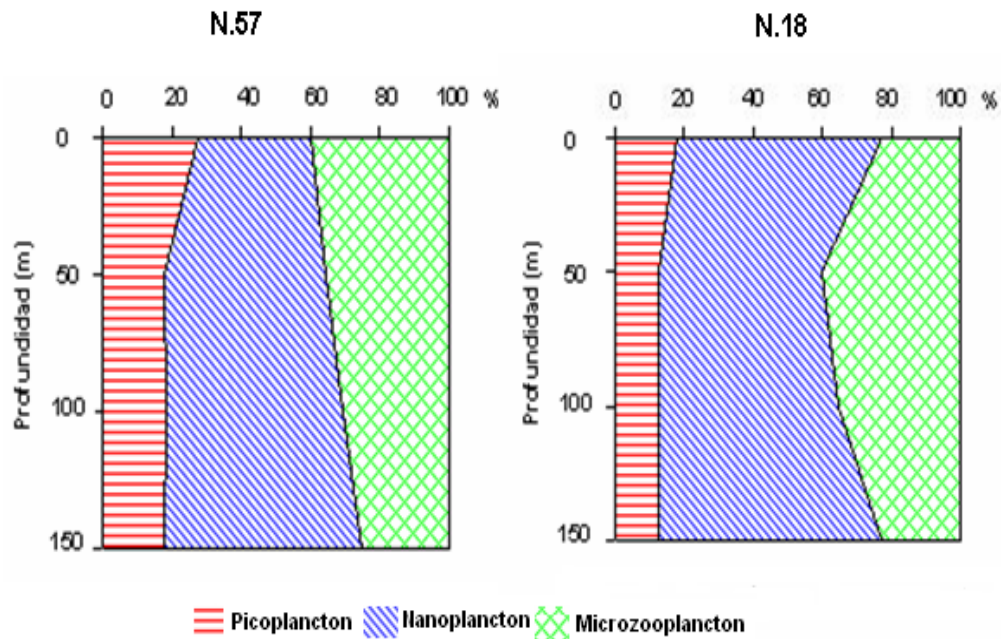


Fig. 6. Contribución relativa de las componentes del plancton a la biomasa total menor de 200 µm en dos estaciones con diferentes grados de riqueza en la región NW de la ZEE de Cuba en invierno. N. 57: estación con influencia costera; N.18: estación oceánica.

Honda y La Habana, donde se localizan cuatro ecosistemas de bahías. Este comportamiento está relacionado con las características físicas que presentan las aguas oceánicas adyacentes a Cuba en el invierno.

En esta época, la ocurrencia de los frentes fríos hace posible el debilitamiento de la estratificación térmica que favorece la mezcla vertical y la entrada de nutrientes a la capa fótica proveniente de las capas profundas de la columna de agua (Penié, 1991).

Se plantea que en aguas oceánicas, la mezcla y la advección generadas por el viento, son los principales factores físicos que determinan la producción y distribución del plancton y animales más pequeños del necton, que constituyen el alimento de los niveles tróficos superiores (Baisre, 2004), así la fuerte dependencia que se establece de los organismos planctónicos respecto a la hidrodinámica de las aguas, garantiza un adecuado funcionamiento del ecosistema oceánico.

Por otra parte, el enriquecimiento de la biomasa planctónica menor de 200 µm en las aguas oligotróficas adyacentes a las bahías se ve estimu-

lado por el aporte de nutrientes proveniente de estos ecosistemas, ya que la estrechez de la plataforma insular en esta región noroccidental de Cuba favorece un mayor intercambio con la zona oceánica. Lo anterior se pudo corroborar por los elevados valores de  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  ( $2,79 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) y  $\text{PO}_4$  ( $0,35 \mu\text{mol L}^{-1}$ ) detectados en las aguas oceánicas adyacentes a esta zona por Penié (1991).

Legendre (1981) informa que las relaciones que se establecen entre los diferentes organismos planctónicos, los nutrientes, la irradiancia, unido a la entrada de energía auxiliar, traducida en turbulencia, favorece la simultaneidad espacio-temporal de los elementos mencionados.

Por otra parte, a pesar de que las aguas oceánicas adyacentes a Cuba se caracterizan por ser pobres en nutrientes y riqueza biológica, las del norte, en particular, se distinguen de las del sur por presentar un mayor enriquecimiento de nutrientes, materia orgánica y valores de biomasa planctónica (Penié, 1991; Orozco, 1997; Loza, 1998; Lugioyo, 2003). Los valores de nutrientes informados por Penié (1991) en las aguas oceánicas al Norte de Cuba para los  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  oscilaron entre  $0.5 - 1.76 \mu\text{mol L}^{-1}$  y para el  $\text{PO}_4$   $0.03 - 0.62 \mu\text{mol L}^{-1}$ , mientras en

el Sur los valores de  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  variaron entre 0.03 – 0.68  $\mu\text{mol L}^{-1}$  y los  $\text{PO}_4$  fueron de 0.01 – 0.2  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (Fernández *et al.*, 1990).

En las aguas oceánicas al Norte de Cuba al parecer ocurre un efecto combinado de una exportación de nutrientes desde la plataforma y procesos de afloramientos orográficos (Penié, 1991). Lo anterior se sustenta en el hecho de que los valores de silicio obtenidos por este autor en la capa 0-200 m resultaron superiores a 5  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Además, el tráfico continuo de embarcaciones por el Canal Viejo de las Bahamas pudiera favorecer también el aporte de nutrientes y materia orgánica en zonas más alejadas de la costa.

Pérez *et al.* (1990) informaron que en el invierno las aguas oceánicas de la región NW se caracterizan por tener una biomasa fitoplanctónica mayor que durante el verano con la existencia de zonas de mayor riqueza biológica que no varían estacionalmente su posición. Estas zonas están ubicadas principalmente en las áreas oceánicas aledañas a las bahías y están directamente relacionadas con la intensa dinámica de las aguas y un enriquecimiento permanente de materia orgánica y nutrientes que estimulan el desarrollo de las comunidades planctónicas. Los valores de nutrientes ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  y  $\text{PO}_4$ ) registrados en la región NW en el invierno con respecto al verano resultaron 8 veces y 1.3 veces mayor, respectivamente. Mientras, Lugioyo (2003) encontró un patrón de distribución de la biomasa del bacterioplancton similar en ambas épocas del año, sin embargo, en el verano la biomasa resultó mayor que en invierno, relacionado fundamentalmente con las mayores temperaturas que favorecen el desarrollo de las bacterias, en general y de los organismos heterótrofos, en particular (Kirchman, 2000).

La región noroccidental de Cuba se caracteriza por una dinámica compleja de sus aguas determinada por giros ciclónicos y anticiclónicos, relacionados a los procesos de afloramientos y hundimientos de las aguas en la zona que provocan interrupciones del flujo de agua que corre en dirección E, además de la existencia de un giro ciclónico ubicado entre el Norte de la bahía de Mariel y el Norte de La Habana (Gutiérrez *et al.*, 1998; Arriaza *et al.*, 2007).

Otro factor físico a tener en cuenta es el movimiento de las corrientes por efecto del viento. Investigaciones recientes concluyeron que en el

sector NW de la región Norte de Cuba, la dirección del transporte de Ekman está orientado hacia el Norte, lo cual provoca de modo general, divergencia y afloramiento costero (Arriaza *et al.*, 2007) que se caracteriza por un relativo incremento del contenido de sales minerales lo cual favorece una activa producción biológica (Hernández y Piñeiro, 2003). Por otra parte, en dicha zona se crean las condiciones más propicias para que se exporten los organismos planctónicos hacia mar afuera, los que constituyen el alimento necesario para las larvas de especies de interés económico (Alfonso *et al.*, 1995).

Lindeman *et al.* (2001) y Paris *et al.* (2005) informan que el complejo sistema de corrientes existente en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba puede facilitar que los huevos y larvas sean transportados y retenidos en zonas de la plataforma, o contribuir al reclutamiento en otras regiones del Gran Caribe.

Los elevados valores de la biomasa de las cuatro fracciones planctónicas menores de 200  $\mu\text{m}$ . encontrados en los límites de las aguas oceánicas al NW de Cuba se relacionan con la intensa dinámica vertical que caracteriza esta zona. Esta región recibe la influencia de las aguas provenientes de la Corriente de Lazo donde existen frentes asociados a la generación de giros y los movimientos verticales turbulentos que se producen incrementan los procesos de interacción océano-atmósfera (Centurioni y Niiler, 2003). Según Lee *et al.* (1995) los anillos de circulación ciclónica que se forman en la Corriente de Lazo alcanzan dimensiones espaciales que pueden alcanzar hasta los 200 Km.

Pérez *et al.*, (1996) informan que cuando las masas de agua que interactúan presentan diferentes características físicas y químicas, los fuertes gradientes horizontales y verticales que aparecen favorecen el incremento de la riqueza biológica.

El nanoplancton presenta tasas de asimilación de nutrientes muy rápidas y niveles de saturación bajo, lo que le confiere ventajas competitivas en las aguas oceánicas (Revelante y Gilmartin, 1990; Fernández, 1999), así la biomasa generada aporta la materia orgánica particulada que es remineralizada, fundamentalmente, por las bacterias y el picoplancton heterótrofo y contribuye al incremento relativo de los niveles de nutrientes en la zona para el desarrollo del fitoplancton.

El mayor aporte de las fracciones nanoplanctónica y microzooplanctónica observado tanto en la estación con influencia costera como en la oceánica también pudiera estar relacionado con el enriquecimiento relativo observado en el Norte que favorece, en general, la producción de biomasa de las fracciones menores de 200  $\mu\text{m}$ . No obstante, hacia los 50 m de profundidad fue observada una disminución de la biomasa del picoplancton (integrado fundamentalmente por el bacterioplancton) y del nanoplancton que al parecer esta relacionada con el control que ejerce la depredación sobre cada una de estas fracciones.

El control por pastoreo que ejerce el nanoplancton heterótrofo (formado principalmente por pequeños flagelados) sobre el crecimiento de las poblaciones autótrofas del pico y nanoplancton y de las bacterias; así como por el microzooplancton sobre el nanoplancton, responsables de la producción secundaria y primaria, respectivamente, ha sido intensamente estudiado (Ferrier y Rassoulzadegan, 1991; Potapova, 1993; Stoecker *et al.*, 1994).

La relación existente entre las bacterias, la concentración de nitratos y la biomasa del nanoplancton y el microzooplancton sugiere que los nutrientes, fundamentalmente el nitrato, en esta región oceánica estimula la producción de biomasa de estas fracciones, las que aportan materia orgánica disuelta utilizable por el bacterioplancton en particular por las bacterias heterótrofas. Por otra parte, las concentraciones de nitratos en el medio también favorecen la producción de biomasa del microfitoplancton y la liberación de oxígeno mediante la fotosíntesis.

## CONCLUSIONES

1. En la región NW de las aguas oceánicas de Cuba, en la época de invierno, los valores de la biomasa bacteriana variaron entre 1.6 y 11.4  $\text{mgC m}^{-3}$ , del nanoplancton entre 5.2 y 20.8  $\text{mgC m}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 11.4 \pm 5.4 \text{ mgC m}^{-3}$ ) y la del microzooplancton entre 4.2 y 15.5  $\text{mgC m}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 7.9 \pm 3.2 \text{ mgC m}^{-3}$ ). El microfitoplancton presentó valores de biomasa que variaron entre 1.95 y 15.7  $\text{mgCm}^{-3}$  ( $X_{\text{media}} = 8.8 \pm 3.7 \text{ mgCm}^{-3}$ ).
2. Las aguas adyacentes entre las bahías Honda y La Habana presentaron los mayores valores de la biomasa de las fracciones planctónicas < 200  $\mu\text{m}$ .
3. En las aguas oceánicas de la región noroccidental de Cuba, en el invierno, el nanoplancton fue la fracción que más aportó a la biomasa menor de 200  $\mu\text{m}$  en la capa fótica, seguida del microzooplancton, tanto en la estación con influencia costera (N.57) como en la oceánica (N.18).

## REFERENCIAS

- Alfonso, I., M.P., Frías, J., Baisre y A., Campos (1995): Distribución y abundancia de larvas de la langosta (*Panulirus argus*) en aguas alrededor de Cuba. *Rev. Cub. Inv. Pesq.* 19(1): 10-15.
- Alongi, D. (1988): Bacterial productivity and microbial biomass in Tropical mangrove sediments. *Microb. Ecol.* 15: 59-79.
- Arriaza, L.; L. Rodas; O. Ramírez; J. Simanca y R. García (2007): Cartas de corrientes superficiales alrededor de Cuba a partir de la modelación numérica. (CD-ROOM)
- Baisre, J. (2004): Marco Ecológico. *En: La pesca marítima en Cuba*. Ed. Científico-Técnica, La Habana, 372 pp.
- Beaver, J. and T. Crisman (1982): The trophic response of ciliated protozoans in freshwater Lakes. *Limnol and Oceanogr.* 27(2): 246 - 253.
- Caron, D.A. (1983): Technique for enumeration of Heterotrophic and Phototrophic Nanoplankton, using epifluorescence microscopy, and comparison with other procedures. *Appl. Environ. Microbiol.* 46(2): 491 - 498.
- Centurioni, L. and P. Niiler (2003): On the surface currents of the Caribbean Sea. *Geophysical Research Letters.* 30 (6): 1279 pp.
- Claro, R. (ed.) (2007): *La Biodiversidad marina de Cuba*. Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba. (CD-ROM)
- Ducklow, H.W. (2000): Bacterial Production and Biomass in the Oceans. *In: Microbial Ecology of the Oceans* (D.L. Kirchman, Wiley-Liss, eds), Chapter 4, New York, pp: 85-120.
- Fernández, M., R.M. Hidalgo, D. López, I. García e I. Penié (1990): *Caracterización hidroquímica de la Fosa*

de Jagua y la ZEE al S de Cuba. Inf. Final Tema. Arch. Cient. Inst. Oceanol. Cuba, 17pp.

Ferrier, C. and F. Rassoulzadegan (1991): Density dependent effects of protozoans on specific growth rates in pico and nanoplankton assemblages. *Limnol. Oceanogr.* 36(4): 657 - 669.

Gutiérrez, A., J. Pérez, R. Barbeito y P. Moreau (1998): *Estudio de las características hidrológicas y de la circulación de las aguas alrededor de Cuba durante septiembre de 1998*. GEOCUBA, La Habana. 100 pp.

Heinänen, A. (1992): Measuring thymidine incorporation in the open Baltic Sea, a brackish water estuary: comments in saturation level of thymidine 1-2. In: *Bacterioplankton in the open Baltic Sea. Finnish Marine Research*. 260: 145 - 156.

Hernández, B. y R. Piñero (2003): Hundimiento de las aguas al sur de Cuba. *Investigaciones Marinas*. 31(1): 13 - 19.

Hobbie, J.H., R.J. Daley y S. Jasper (1977): Use of nucleopore filters for counting bacteria by epifluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.* 33: 1225-1228.

Kirchman, D.L. (2000): Uptake and Regeneration of Inorganic Nutrients by Marine Heterotrophic Bacteria. In: *Microbial Ecology of the Oceans* (D.L. Kirchman, Wiley-Liss, eds), Chapter 9, New York, pp: 262-288.

Lee, T.N., K. Leaman, E. Williams, T. Berger and L. Atkinson (1995): Florida Current meanders and gyre formation in the southern Straits of Florida. *Journal of Geophys Res.* 100(5): 8607-8620.

Legendre, P. (1981): Hydrographic control of marine phytoplankton production: the paradox of stability. In: *Ecohydrodynamics* (Nihoul, J. ed.). Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, pp: 191-207.

Legendre, L and J. Le-Fevre (1995): Microbial food webs and the export of biogenic carbon in oceans. *Aquat. Microb. Ecol.* 9(1): 69-77.

Li, W.K.W. and P.M. Dickie (1998): Distribution and abundance of bacteria in the ocean. *Biennial Science Review 1996-1997. Sci. Rev.* 1-11.

Lindeman, K.C., T.N. Lee, W.D. Wilson, R. Claro and J.S. Ault (2001): Transport of larvae originating in southwest Cuba and the Dry Tortugas: Evidence for partial retention in grunts and snappers. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 52: 732-747.

López-B, L. y L. Vinogradova (1972): El fitoplancton en aguas adyacentes al archipiélago cubano. *Ser. Oceanol., ACC*, 13: 1 - 24.

Loza, S. (1998): *El nanoplankton y el picoplankton en las aguas oceánicas al S de Cuba y al N-NE de la Península de Yucatan*. Tesis de Maestría, Instituto de Oceanología, Cuba, 73 pp.

Lugioyo, G.M. (2003): Distribución, relaciones tróficas y diversidad del bacterioplankton de las aguas oceánicas de Cuba. Cuba, Universidad de La Habana, Tesis doctoral, 140 pp.

Lugioyo, G.M., M.E. Miravet, R. Pérez, C. Álvarez y G. Espinosa (2007): Evaluación del estado trófico de las aguas oceánicas adyacentes al sur de Cuba a partir de indicadores microbiológicos y fitoplanctónicos. *Rev. Invest. Mar.* 28(3): 201-207.

Nagata, T. (2000): Production mechanisms of dissolved organic matter. In: *Microbial Ecology of the Oceans*. (D.L. Kirchman, Wiley-Liss, eds), Chapter 5, New York, pp:121-152.

Ning, X. and D. Vaultot (1992): Estimating *Synechococcus* spp. growth rates and grazing pressure by heterotrophic nanoplankton in the English Channel and the Celtic Sea. *Acta. Oceanol.* 11(2): 255-273.

Okolodkov, Y.B. (2003): Una revisión de investigaciones rusas de plancton en el Golfo de México y Mar Caribe en los años 1960-1980. *Hidrobiológica* 13(3): 207-221.

Orozco, M.V. (1997): Microzooplancton en las aguas oceánicas al sur de Cuba. Tesis de Maestría, Universidad de la Habana, Ciudad de la Habana, Cuba, 73 pp.

Paris, C., R.K. Cowen, R. Claro and K.C. Lindeman (2005): Larval transport pathways from Cuban snapper (Lutjanidae) spawning aggregations based on biophysical modeling. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 296:93-106

- Penié, I. (1991): Caracterización hidroquímica de las aguas de la Zona Económica Exclusiva al norte de Cuba. *Informe Archivo Científico Instituto de Oceanología*, Cuba (inédito), 40 pp.
- Pérez, R., C. Gil y S. Loza (1990): Variaciones estacionales de fitoplancton en aguas oceánicas al sur de Cuba. *Inf.Final Tema.Arch.Cien.Inst.Oceanol., Cuba* (inédito), 21pp.
- Pérez R., I. Victoria, M. Signoret, A. Gallegos, I. Penié, C. Gil, C. Bulit, M. Melo, F.E. Müller-Karger, S. Cerdeira, M. Ibarra (1996): Reporte de un Frente Hidrológico al NE de la Península de Yucatán. Manifestaciones Físicas, Químicas e Hidrobiológicas. *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*. 2(1).
- Peters, F. (1994): Prediction of planktonic protistan grazing rates. *Limnol. Oceanogr.* 39 (1): 195-206.
- Pomeroy, L.R. and W.J. Weibe (1988): Energetics of microbial food webs. *Hydrobiologia* 159: 7-18.
- Pomeroy, L.R. (2003): Building bridges across subdisciplines in marine ecology. *Sci. Mar.*, 67 (3): 1-8.
- Potapova, N.A. (1993): Destruction of organic matter in different size fractions of plankton in lower Dniester and Deniester liman. *Gidrobiol. Zh. Hydrobiol. J.* 29(2):12-22.
- Putt, M; D. Stockner and J. Altstatt. (1991): Bacterivory in Mc Murdo Sound: Grazing by heterotrophic nanoflagellates. *Antarct J.U.S.* 26(5):139-140.
- Revelante, N. and M. Gilmartin (1990): Vertical water column resource partitioning by a ciliated protozoan population under stratified conditions in the northern Adriatic. *J. Plankton. Res.* 12 (1): 89 - 107.
- Sherr, B. and E. Sherr (1984): Epifluorescence method for enumerating aquatic protozoa. *Appl. Environ. Microbiol.* 46: 1388-1393.
- Sorokin, Y.I. and T.I. Mamaeva, (1979): Microbial production and decomposition of organic matter of Pacific Ocean near Peruvian upwelling. In: *Ecosystems of pelagic areas of Peruvian upwelling*, Nauka, Moscú, 137 pp. (en ruso).
- Sorokin, Y. (1983): Métodos para concentrar muestras de fitoplancton. *Hidrobiol.* 15 (2): 71 - 76, (en ruso).
- Stoecker, D.K., M.E. Sieracki, P.G. Verity, A.E. Michaels, E. Haugen, P.H. Burkill and E. Eduards (1994): Nanoplankton and protozoan microzooplankton during the J60FS North Atlantic bloom experiment: 1989 and 1990. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 74:427-443.
- Strathmann, R.R. (1967): Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.* 12(3): 411 - 418.
- Taylor, G.T. (1982): The role of pelagic heterotrophic protozoa in nutrient cycling: A view. *Ann. Inst. Oceanogr.* Paris. 58(5): 227-241.
- Vargas, C.A and H.E. González (2004): Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. I. Bacteria, microprotozoans and phytoplankton in the diet of copepods and appendicularians. *Aquat. Microb. Ecol.* vol. 34: 151-164.
- Zamudio, M.E. (2000): Muestreo del fitoplancton. En: *Métodos de muestreo en la investigación Oceanográfica* (A. Granados, V. Solís. y R. de G. Bernal, eds.), postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, pp:217 - 252.

Aceptado: 21 de diciembre de 2008