

DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS FRACCIONES PLANCTÓNICAS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA BIOMASA < 200 μm EN LAS AGUAS OCEÁNICAS ADYACENTES A CUBA.

Gladys M. Lugioyo *, Sandra Loza y María Victoria Orozco

Instituto de Oceanología, Ave. 1ra No. 18406, entre 184 y 186, Reparto Flores, Ciudad Habana, Cuba.

(*) Autor para correspondencia: calvarez@infomed.sld.cu

RESUMEN

Se analizó la distribución vertical y la contribución de las fracciones bacterioplanctónica, nanoplanctónica y microzooplanctónica a la biomasa menor de 200 μm en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba. Las muestras fueron obtenidas en los niveles de superficie, termoclina y final de la capa fótica en estaciones con diferente nivel de riqueza y en dos épocas del año (lluvia y seca). Las biomásas de las fracciones fueron calculadas por métodos estándar, incluyendo conteo celular y microscopía de epifluorescencia. Las aguas oceánicas al norte mostraron valores de biomasa superiores a los del sur en la época de lluvia con relación a la de seca. Las estaciones oceánicas (S 88 y N 18) presentaron, en general, biomásas menores que las encontradas en las estaciones con influencia costera (S 37 y N 57) para las tres fracciones analizadas. En las aguas oceánicas al norte, el nanoplancton y el microzooplancton fueron los que más contribuyeron a la biomasa < 200 μm en la capa fótica. En contraste, en las aguas oceánicas al sur, el bacterioplancton fue el mayor contribuyente a la biomasa < de 200 μm .

Palabras clave: bacterioplancton; nanoplancton; microzooplancton; distribución vertical; aguas oceánicas; ASW, Cuba.

ABSTRACT

Vertical distribution of bacterioplanktonic, nanoplanktonic and microzooplanktonic fractions and their contribution to < 200 μm biomass in oceanic waters around Cuba were analyzed. Samples were obtained at three levels (surface, the thermocline layer and the bottom of the photic layer) in four stations with different richness degree, in raining and dry seasons. Biomass was determined by standard methods, including cell counting and epifluorescence microscopy. The values of biomass were higher in the Northern than Southern oceanic waters as well as in the raining in relation with dry seasons. In general, the shallow stations (S 37 and N 57) showed higher biomass than oceanic stations in the three fractions analyzed. Nanoplankton and microzooplankton were the fractions that most contributed to the < 200 μm biomass at the photic layer in the northern oceanic waters. In contrast, the bacterioplankton was the largest contributor to the biomass < 200 μm in the southern zone

Key words: bacterioplankton; nanoplankton; microzooplankton; vertical distribution; oceanic waters; ASW, Cuba.

En los ecosistemas marinos oligotróficos la producción primaria es la principal fuente de carbono orgánico, y una parte significativa de esa materia orgánica es utilizada por los microorganismos lo que constituye una vía de transferencia de carbono y energía hacia los otros niveles tróficos de la trama alimentaria (Ducklow, 2000, Kirchman, 2000, Legendre y Le Fevre, 1995). Por tanto la contribución de la biomasa de las fracciones planctónicas debe ser considerada para poder evaluar las interacciones existentes entre los organismos que conforman el llamado “lazo microbiano” (Ducklow, 2000).

El bacterioplancton y el nanoplancton heterótrofo son los principales degradadores y reminera-

lizadores de la materia orgánica, siendo las poblaciones bacterianas y nanoplanctónicas reguladas por el pastoreo del microzooplancton (Bautista y col. 1994, Stoecker y col., 1994).

En sentido general, los patrones de distribución vertical de las diferentes fracciones planctónicas están relacionados con la variación temporal de la profundidad de la capa mezclada, la latitud, la depredación y la disponibilidad de nutrientes (Lande y col., 1989; Tobiesen, 1991; Booth, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el patrón de distribución vertical y la contribución del plancton menor de 200 μm a la biomasa

planctónica total en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba.

MATERIALES Y METODOS

Para el análisis de las variaciones de la distribución vertical se seleccionaron estaciones en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba con diferente nivel de riqueza y en dos épocas del año (lluvia y seca). En la Zona Exclusiva Económica (ZEE) al sur se realizó el análisis en dos estaciones: la S 37 ubicada cerca de tierra y otra oceánica (S 88) en julio de 1989 y enero de 1990; mientras en la ZEE N se escogieron las estaciones N 57 (con influencia terrestre) y la N 18 (alejada de la costa) en septiembre de 1996 y febrero de 1997 (Fig. 1).

Las muestras fueron tomadas con botellas Nansen de 2 L de capacidad en los niveles de superficie, capa termoclina y final de la capa fótica, aproximadamente a los 200 m de profundidad.

Se realizó un ciclo diurno en la estación S 88 en el crucero de julio de 1989 para conocer las variaciones de la comunidad planctónica menor de 20 μm , durante el día y en la noche.

El conteo total de células de bacterias, pico y nanoplancton se realizó empleando microscopía de epifluorescencia utilizando como colorante Naranja de Acridina y Primulina, respectivamente (Hobbie y col., 1977; Caron 1983).

La biomasa bacteriana se calculó mediante el coeficiente de conversión 1.7×10^{-14} g C/cél (Alongi, 1988), la del pico y nanoplancton según la metodología propuesta por Sherr y Sherr (1984) y la microzooplanctónica según Beaver y Crisman (1982).

Se estimó la media y la desviación estándar de los datos. La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza a través de la prueba de Bartlett. Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple para probar la igualdad entre los promedios de los datos en los diferentes niveles y posteriormente si existía diferencias entre los grupos se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan, mediante el programa STATISTICA para Windows, versión 4.2 (Stat Soft, Inc., 1993).

RESULTADOS

En las aguas oceánicas adyacentes a Cuba el patrón de distribución vertical de la biomasa planctónica

menor de 200 μm mostró, en general, una tendencia al aumento hacia la termoclina y un posterior decrecimiento hacia el final de la capa fótica tanto en la época de seca como en la de lluvia (Fig. 2), lo que es característico de la distribución de los organismos de tallas pequeñas en el océano (Mishustina y col., 1985).

En la ZEE al sur, en la estación con influencia costera (S 37) en la época de seca, la fracción nanoplanctónica fue la que presentó el mayor valor de biomasa en el nivel superficial (28 mgC/m³) con una disminución brusca hacia los 100 m de profundidad, donde la biomasa del microzooplancton alcanzó el mayor valor (14 mgC/m³). Por su parte, la biomasa bacteriana mostró un patrón de distribución homogéneo hasta los 75 m y una disminución hacia el final de la capa fótica (Fig. 2). Sin embargo, en la estación oceánica (S 88), las biomasa de las tres fracciones en el nivel superficial se caracterizaron por presentar valores inferiores a los encontrados en la S 37 (Fig. 2). En la estación S 88, el bacterioplancton alcanzó el mayor valor de biomasa (11.5 mgC/m³) en la termoclina (100 m) (Fig. 2).

En la época de lluvia, en la S 37, el bacterioplancton y el nanoplancton fueron las fracciones que más aportaron a la biomasa de la capa fótica; mientras la biomasa microzooplanctónica mostró valores bajos en los tres niveles muestreados (Fig. 2). Por el contrario, en la estación oceánica (S 88) los valores de biomasa de las bacterias y del nanoplancton, en general, disminuyeron en toda la columna de agua hasta los 200 m con relación a la S 37. El microzooplancton mostró un significativo aumento de su biomasa (Fig. 2).

En general, los valores de biomasa de la fracción planctónica menor de 200 μm en la estación oceánica (S 88) en la época de lluvia fueron mayores con respecto a la época de seca; mientras la estación con influencia costera (S 37) mostró una mayor variabilidad en el comportamiento de las tres fracciones.

En la ZEE al norte, la estación con influencia costera (N 57) en la época de seca se caracterizó por presentar en el nivel superficial los menores valores de biomasa de las tres fracciones estudiadas con relación a la termoclina y final de la capa fótica (Fig. 3). En la estación oceánica (N 18), la distribución vertical de las biomasa del bacterioplancton y el microzooplancton fue similar, aunque los valores resultaron menores que los encontrados en la estación N 57 (Fig. 3). El nanoplancton presentó mayor variabilidad en el patrón de distribución en la

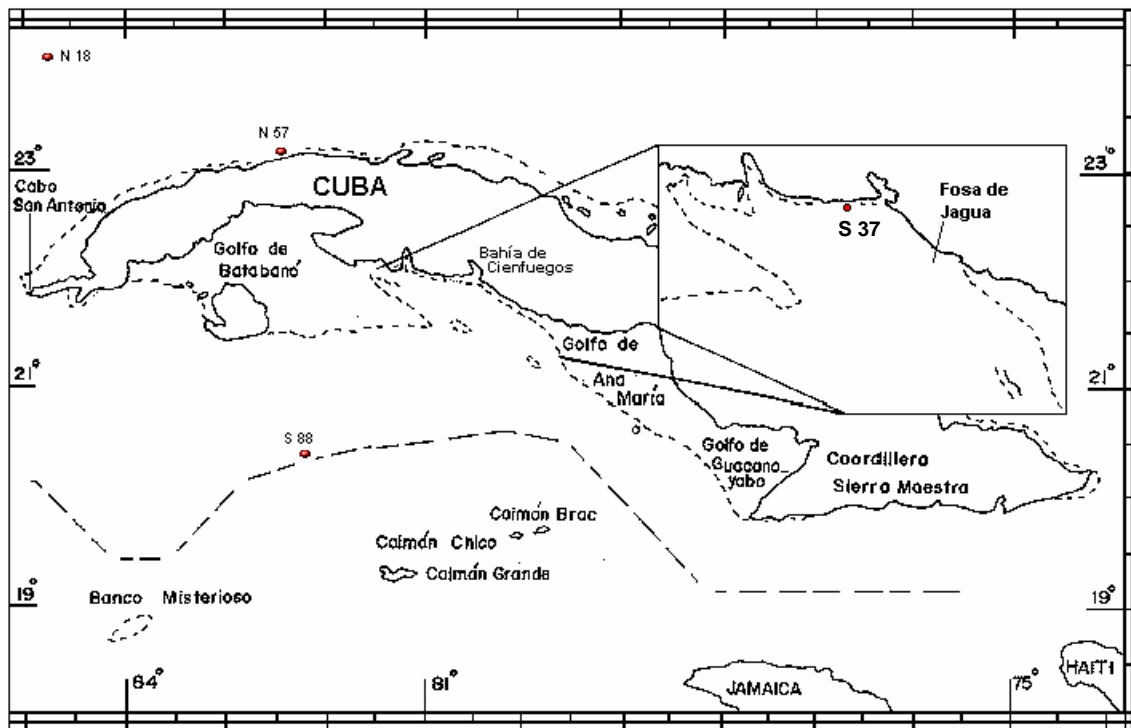


Fig. 1 Ubicación de las estaciones de muestreo.

capa fótica, y en general fue el que más aportó a la biomasa planctónica, tanto en la estación con influencia costera como en la oceánica (Fig. 3). Por otro lado, se comprobó que, tanto en la estación con influencia costera (N 57) como en la oceánica (N 18), existían diferencias significativas entre los niveles.

En la época de lluvia, la estación con influencia costera (N 57) mostró los mayores valores de biomasa de las tres fracciones estudiadas en toda la capa fótica con respecto a la estación oceánica (N 18) y a la época de seca. Por su parte, en la N 18, la biomasa del microzooplancton fue la que más aportó a la biomasa planctónica menor de 200 μm (Fig. 3).

El ciclo diurno mostró que la biomasa bacterioplanctónica fue la que más aportó a la biomasa total de la fracción menor de 20 μm , tanto en el día (> 60%) como en la noche (> 70%), mientras el nanoplancton sólo aportó un 27 % (Fig. 4).

Durante el día la biomasa del bacterioplancton fue mayor en los 25 m de profundidad y la fracción nanoplanctónica presentó un incremento de su biomasa en la superficie y a los 125 m (Fig. 5). En la noche, los valores de biomasa del

bacterioplancton y del nanoplancton mantuvieron un patrón de distribución más homogéneo con una tendencia al aumento de la biomasa bacteriana en los 125 m (Fig. 4).

Al analizar la contribución de las componentes menores de 200 μm a la biomasa planctónica en la ZEE al sur se observó que tanto en la estación con influencia costera (S 37) como en la oceánica (S 88), la biomasa bacteriana fue la que más aportó en toda la columna de agua, con un 52% y 44% respectivamente. Se distingue que en la estación S 37, el mayor aporte del bacterioplancton se obtuvo a partir de los 25 m y contrariamente en la S 88 fue desde el nivel superficial hasta la termoclina (Fig. 5). El aporte de la biomasa del nanoplancton en la S 37 fue mayor en la superficie (44 %), acompañada con una disminución brusca hacia los 25 m. Por su parte, el microzooplancton presentó una baja contribución relativa en ambas estaciones en toda la capa fótica (Fig. 5).

En la ZEE al norte, la contribución de las fracciones a la biomasa menor de 200 μm fue diferente a la encontrada en las dos estaciones estudiadas en el sur. Tanto en la estación con influencia costera (N 57) como en la oceánica (N

SP33

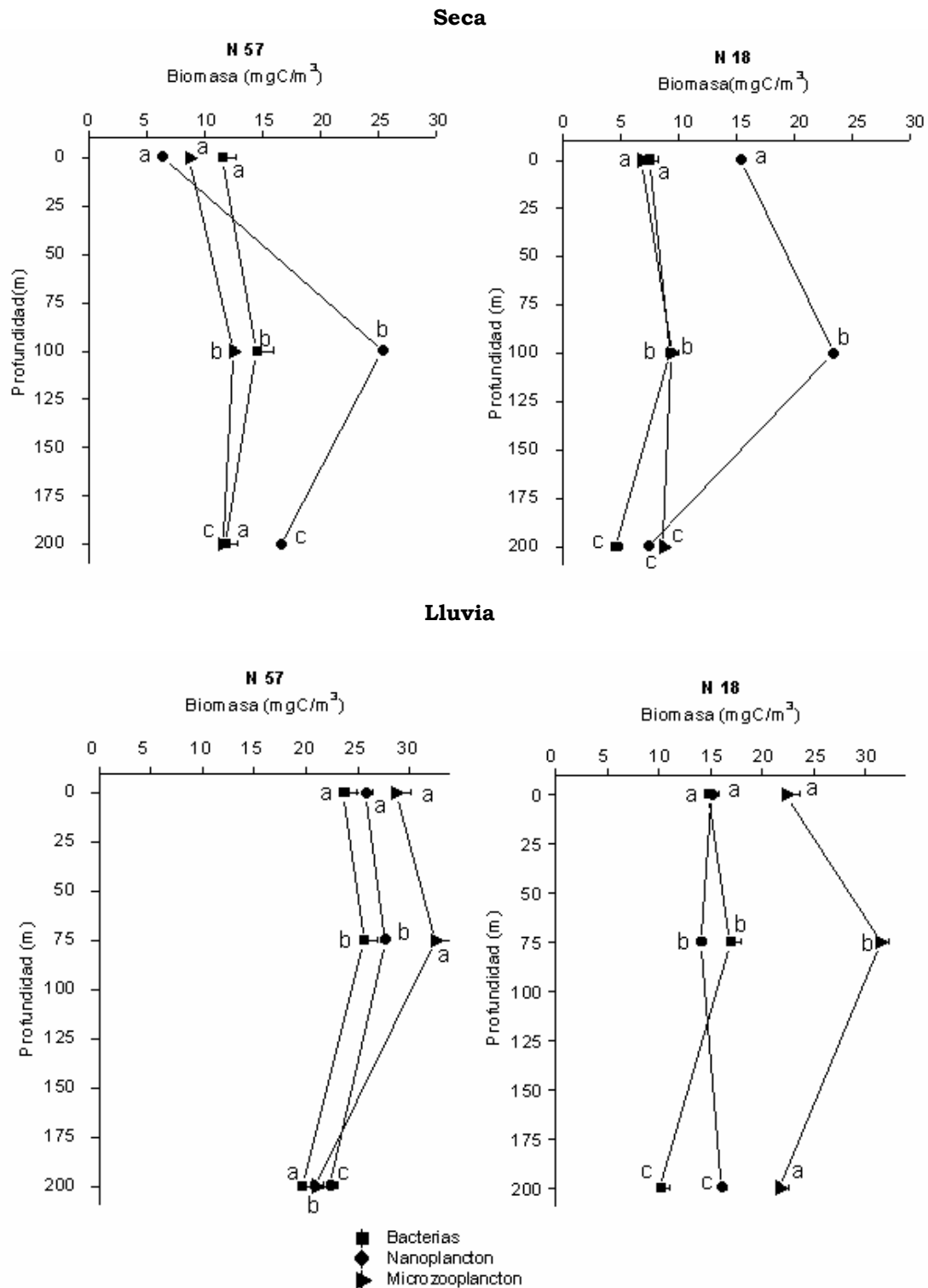


Fig. 3. Distribución vertical de la biomasa planctónica menor de 200 μ m en las épocas de seca y lluvia en las aguas oceánicas al norte de Cuba. Letras diferentes expresan que existen diferencias significativas entre los niveles comparados. N 57: Estación con influencia costera, N 18: Estación oceánica

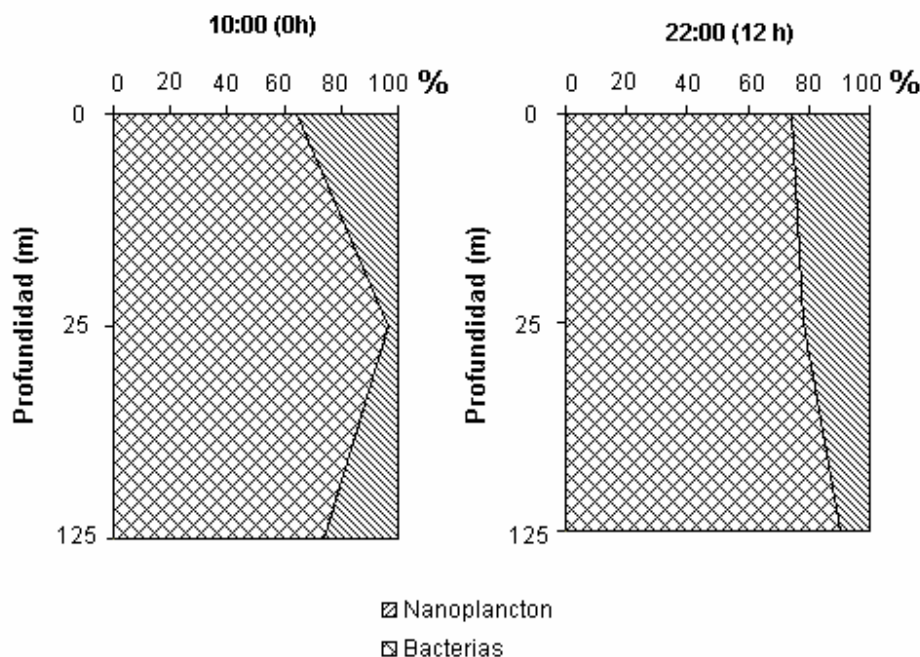


Fig. 4. Contribución relativa de las fracciones planctónicas a la biomasa menor de 20 μm en la estación oceánica S 88, durante el día y la noche en época de lluvia.

18), el nanoplancton fue el que más aportó a la biomasa menor de 200 μm en la capa fótica, con un 44% y 55% respectivamente, seguido del microzooplancton (33% y 49%) y por último del bacterioplancton (22 y 14%) (Fig. 5).

DISCUSION

El patrón de distribución vertical de las fracciones planctónicas menores de 200 μm en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba fue similar, tanto en las estaciones con influencia costera como en las oceánicas, observándose un aumento de la biomasa hacia la termoclina independientemente de la zona y de la época del año. Este incremento parece guardar relación con las características de dicha capa, donde se acumula materia orgánica y nutrientes.

En la termoclina el desarrollo de los componentes heterotróficos del plancton es estimulado por el fitoplancton que produce materia orgánica y por el zooplancton que se acumula a causa de la elevada concentración de alimento (bacterias, fitoplancton, etc). El zooplancton no sólo consume una parte de la población fitoplanctónica, sino que excreta al medio metabolitos que a su vez estimulan el desarrollo del fitoplancton y de las bacterias (Stoecker y col., 1994; Pinet, 1998).

Al analizar los resultados sobre la contribución relativa de cada una de las fracciones planctónicas en la ZEE sur se pudo comprobar que el bacterioplancton fue la componente que más aportó a la biomasa de la fracción menor de 200 μm , tanto en la estación con influencia costera como en la oceánica. Sin embargo, en la región norte la contribución de las bacterias fue la menor en toda la capa fótica.

Las aguas oceánicas al norte de Cuba, presentan una mayor riqueza biológica y de nutrientes (Penié y col., 1991; Lugioyo y col., 1999) con respecto a las del sur lo que favorece el desarrollo de todas las fracciones heterotróficas del plancton dentro de las que se encuentran el nanoplancton y el microzooplancton que ejercen un control por depredación sobre las bacterias (Stoecker y col., 1994). La elevada capacidad del bacterioplancton de aprovechar y adaptarse a las condiciones rápidamente cambiantes del ambiente (Hagstrom, 2000) posibilita que éste reaccione más rápido que el nanoplancton y el microzooplancton a los pequeños incrementos de nutrientes que ocurren en el sur.

Una de las vías de entrada de nutrientes a las aguas oligotróficas como son las oceánicas adyacentes a Cuba, es el aporte terrígeno y de las aguas de

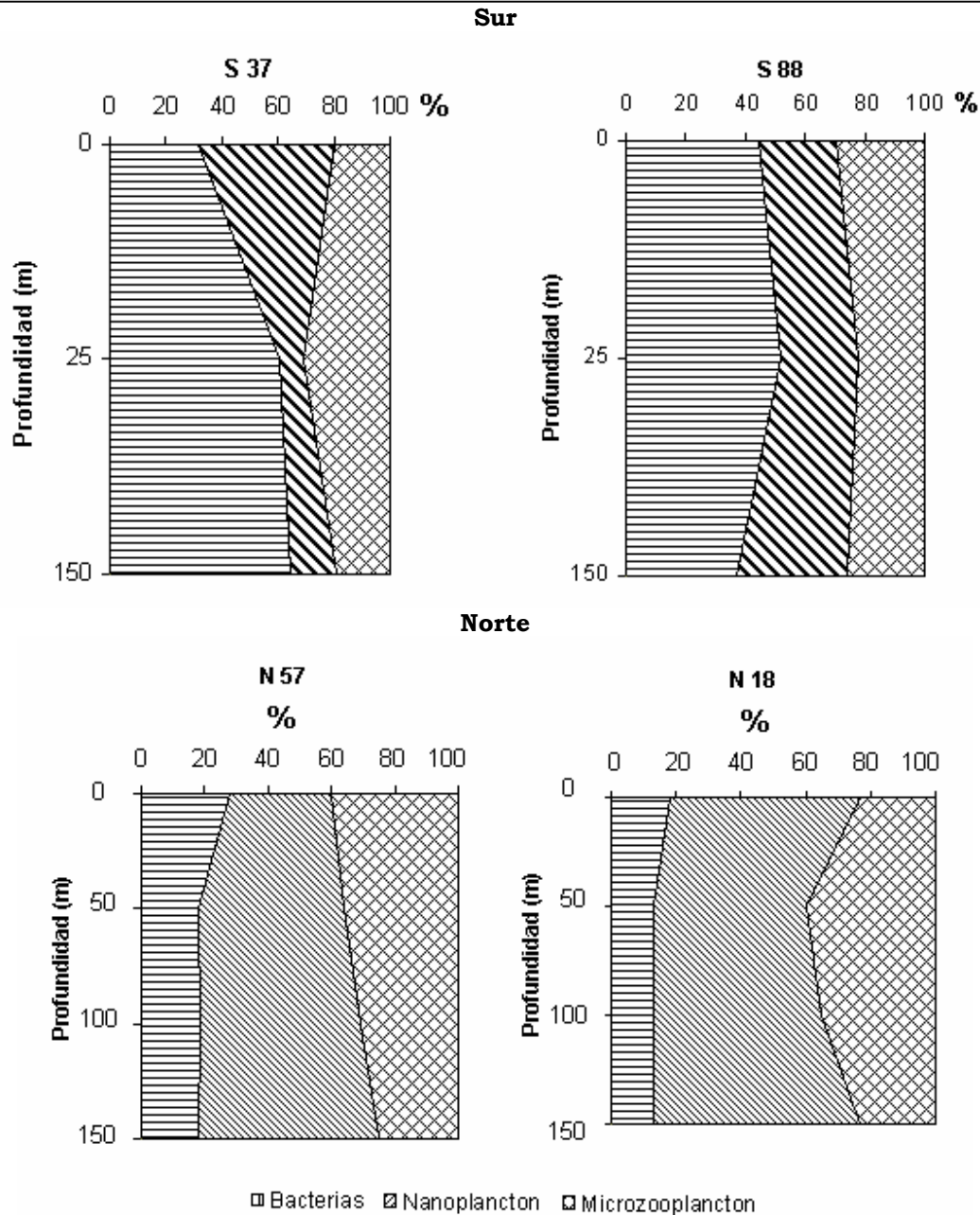


Fig. 5. Contribución relativa de las componentes del plancton a la biomasa menor de 200 μ m en estaciones con diferente grado de riqueza en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba. S 37 y N 57: Estaciones con influencia costera S 88 y N 18: Estaciones oceánicas

plataforma (Lugioyo, 2003). Esto pudiera explicar el hecho de que tanto en el norte como en el sur las biomásas de las tres fracciones analizadas fueran mayores en las estaciones con influencia costera con relación a la oceánica.

En términos de la variación temporal a corto plazo, en la estación oceánica no se observaron

diferencias notables entre el día y la noche para la biomasa bacteriana lo cual pudiera ser explicado por el corto tiempo de duplicación de las bacterias ya que aun existiendo una depredación por el nanoplancton, la población bacteriana logra recuperarse en un corto tiempo. En sentido general la biomasa del nanoplancton disminuyó en la noche, principalmente a los 125 m de

profundidad lo que pudiera estar relacionado con la presión de pastoreo ejercido por sus depredadores potenciales. Lo anterior pudiera sustentarse por la relación inversa y significativa entre la biomasa bacteriana y la nanoplanctónica ($r = -0.96$, $p < 0.05$) de la fracción planctónica menor de 20 μm en la estación oceánica S 88 encontrada por Lugioyo (2003).

Relevante y Gilmartin (1990) postularon que los máximos valores de concentración de plancton heterótrofo encontrados en la columna de agua están relacionados con la elevada disponibilidad de biomasa de la presa. El fenómeno es sumamente complejo y todo parece indicar que la combinación de ambos efectos: la limitación de nutrientes y la depredación son los determinantes más importantes en la distribución y la estructura de la comunidad planctónica (Thingstad, 2000; Matz y Jürgens, 2003).

La distribución espacio-temporal a una escala de tiempo mayor mostró, en general, que en la época de lluvia los valores de biomasa de las fracciones planctónicas menores de 200 μm fueron más elevados con relación a la época de seca lo que guarda relación con el efecto enriquecedor que ejerce el intercambio continuo de las aguas provenientes de las plataformas y las bahías (Fernández y col., 1990). Tal es el caso de la estación S 37 que recibe la influencia de la Bahía de Cienfuegos y de los Golfos de Ana María y Guacanayabo y de la N 57 cercana a la Bahía de La Habana.

El incremento de la biomasa del bacterioplancton en época de lluvia, pudo haber estado influido por las elevadas temperaturas del verano ($X_{\text{media}} = 29.4$ °C) (Victoria y col., 1990) lo que pudiera haber favorecido una mayor mineralización de la materia orgánica disuelta poniendo a disposición los nutrientes para el desarrollo de los otros organismos planctónicos. En ecosistemas oligotróficos, el carbono biogénico en la trama trófica puede producirse principalmente a través de la remineralización por la actividad de las bacterias dentro de la capa fótica o por el aporte de nutrientes de las capas profundas, lo cual está relacionado con dos factores claves: la talla de los productores primarios y el grado de acoplamiento entre los productores y los consumidores (Legendre y Rassoulzadegan, 1996).

Como parte del “lazo microbiano” las células del bacterioplancton son consumidas por el nanoplancton heterótrofo y por ciliados y rotíferos del microzooplancton, los que a su vez son

consumidos por el zooplancton y otros metazoos. Estas relaciones tróficas constituyen la base del funcionamiento de los primeros niveles en ambientes marinos oligotróficos (Foong, 1995).

En sentido general, los resultados obtenidos de la distribución vertical y la contribución de las fracciones del plancton menor de 200 μm , en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba, sugieren la existencia de estrechas relaciones tróficas. Lugioyo (2003) para la ZEE de Cuba encontró que existía correlación inversa entre la biomasa bacteriana, y el nanoplancton ($r = -0.88$, $p < 0.05$).

CONCLUSIONES

1. La biomasa de las fracciones planctónicas menor de 200 μm en las aguas oceánicas adyacentes a Cuba fueron superiores en el norte con relación al sur así como en la época de lluvia con relación a la de seca, para ambas zonas.
2. Las estaciones oceánicas (S 88 y N 18) mostraron, en general, valores de biomasa menores que los encontrados en las estaciones con influencia costera (S 37 y N 57) para las tres fracciones analizadas.
3. En las aguas oceánicas al norte, el nanoplancton y el microzooplancton fueron los que más contribuyeron a la biomasa total < 200 μm en la capa fótica. En contraste, en las aguas oceánicas al sur, el bacterioplancton fue el mayor contribuyente a la biomasa < 200 μm .

REFERENCIAS

- Alongi, D. (1988): Bacterial productivity and microbial biomass in Tropical mangrove sediments. *Microb. Ecol.*, 15: 59-79.
- Bautista, B., V. Rodríguez y F. Jiménez-Gómez (1994): Trophic interactions in the microbial food web at a coastal station in the Alboran Sea (western Mediterranean) in winter: Microplankton grazing impact on nanoplankton and free bacteria. En: The size structure and metabolism of the pelagic ecosystem. Barcelona. España. *Inst. Cienc. Mar.* 58(1-2):143-152.
- Beaver, J. y T. Crisman (1982): The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 27(2): 246-253

- Booth, B. (1993): *Estimating cell concentration and biomass of autotrophic plankton using microscopy*. Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology. 896 p.
- 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.
- Ducklow, H.W. (2000): *Bacterial Production and Biomass in the Oceans* (Chapter 4). En: *Microbial Ecology of the Oceans*. Ed. D.L. Kirchman, Wiley-Liss, 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*. Cuba, Informe Final del Tema, Archivo Científico del Instituto de Oceanología, 17 pp.
- Foog, G.E. (1995): Some comments on picoplankton and its importance in the pelagic ecosystem. *Aquat. Microb. Ecol.* 9 (1): 33-39.
- Hagstrom, A. (2000): Marine bacterioplankton diversity and activity. En: *Investigating Marine Microbial Loops: New tools and perspectives*. CIESM Workshop Series No. 16, 35-36, Zichron Yaakov, May 2000.
- 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 (Chapter 9). En: *Microbial Ecology of the Oceans*. Ed. D.L. Kirchman, Wiley-Liss, New York. 262-288.
- Lande, R., W.K. Li., E.P. Horne y A.M. Wood (1989): Phytoplankton growth rates estimated from depth profiles of cell concentration and turbulent diffusion. *Deep. Sea. Res.* 36 (8): 1141 - 1159.
- Legendre, L. y J. Le Fèvre (1995): Microbial food webs and the export of biogenic carbon in oceans. *Aquat. Microb. Ecol.* 9: 69-75.
- Legendre, L. y F. Rassoulzadegan (1996): Food-web mediated export of biogenic carbon in oceans: hydrodynamic control. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 145: 179-193.
- Lugioyo, M., S. Loza y M.V. Orozco (1999): Distribución espacial del plancton < 200 µm en las aguas oceánicas al norte de Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 47 (supl. 1): 65-70.
- Lugioyo, M. (2003): Distribución, relaciones tróficas y diversidad del bacterioplancton de las aguas oceánicas de Cuba. Cuba, Universidad de La Habana, Tesis doctoral, 140 pp.
- Matz, C. y K. Jürgens (2003): Interaction of Nutrient Limitation and Protozoan Grazing Determines the Phenotypic Structure of a Bacterial Community. *Microb Ecol.*, 45: 384-398.
- Mishustina, I. E., I.K. Wegloba e I. N. Miskevich (1985): Distribución de Microorganismos en el mar. En: *Microbiología Marina*, 62- 73, Ed. Idaltebo. 184 p. [en Ruso].
- Penié, I. (1991): *Caracterización hidroquímica de las aguas de la Zona Económica Exclusiva al norte de Cuba*. Cuba, Informe Archivo Científico Instituto de Oceanología, 20 pp.
- Pinet, P.R. (1998): The properties of seawater Chapter 4. En: *Invitation to Oceanography.*, 118-165, Jones and Barthett Publishers International, London, 439 pp.
- Revelante, N. y 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. y E. Sherr (1984): Epifluorescence Method for enumerating aquatic protozoa. *App. Environ. Microb.* 46: 1388 - 1393.
- Stoecker, D.K., M.E. Sieracki, P.G. Verity, A.E. Michaels, E. Haugen, P.H. Burkill y 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.
- Thingstad, F. (2000): Control of bacterial growth in idealized food webs. En: DL Kirchman (ed) *Microbial Ecology of the Oceans*. Wiley-Liss, New York, 229-261.
- Tobiesen, A. (1991): The sucesion of microheterotrophs and phytoplankton within the microbial loop in Oslofjorden, May-October 1984. *J. Plankton. Res.* 13 (1): 197-216.

Victoria, I., A. Cabal, y R. García (1990):
*Características oceanográficas de la Fosa de Jagua
y la Zona Exclusiva Económica al S de Cuba*. Cuba,
*Informe Final del Tema, Archivo Científico del
Instituto de Oceanología*, 23 pp.

Aceptado: 12 de marzo del 2005