

Nota Científica

Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004)*

Diego G. Ramírez¹, Alan Giraldo² & Jorge Tovar³

¹Universidad del Valle, Departamento de Biología. A.A. 25360 Cali, Colombia

²Universidad del Valle, Departamento de Biología

Grupo de Investigación en Ecología de Estuarios y Manglares, A.A. 25360 Cali, Colombia

³Centro Control Contaminación del Pacífico, División de Oceanografía Operacional
A.A. 118 San Andrés de Tumaco, Colombia

RESUMEN. Se efectuó un estudio cualitativo y cuantitativo de la comunidad fitoplanctónica en dos estaciones costeras y dos estaciones oceánicas del Pacífico colombiano. En esta área se identificaron 43 especies, distribuidas en 19 de diatomeas y 24 de dinoflagelados. Los valores promedios de diversidad fueron mayores en las estaciones costeras que en las oceánicas, siendo de 2,89 y 1,42 bits·cél⁻¹ respectivamente. Esto mismo se encontró también en la producción primaria, donde se estimaron valores de 155,87 y 60,50 mgC·m⁻²·h⁻¹, en las estaciones costeras y oceánicas respectivamente. La concentración de clorofila-a fluctuó entre 11,37 y 32,35 mg·m⁻², como valor integrado en la zona de influencia friccional de 0-50 m de profundidad. Se encontró una correlación positiva de la producción primaria con la diversidad específica ($r = 1,0$) y la concentración de nitrito ($r = 0,8$), e inversa con la concentración de fosfatos ($r = -1,0$). Estos resultados representan el primer intento por establecer estimados de producción primaria en aguas oceánicas de la cuenca del océano Pacífico colombiano y constituyen un punto de partida para este tipo de estudios en la zona.

Palabras clave: fitoplancton, producción primaria, clorofila-a, nutrientes, Pacífico oriental tropical, Colombia.

Primary production, biomass, and taxonomic composition of coastal and oceanic phytoplankton in the Colombian Pacific (September-October 2004)*

ABSTRACT. Quantitative and qualitative studies of the phytoplankton community were carried out at two coastal and two oceanic stations in the Colombian Pacific. The 43 species identified in the study area included 19 diatoms and 24 dinoflagellates. The average diversity values were greater at the coastal (2.89 bits·cel⁻¹) than at the oceanic (1.42 bits·cel⁻¹) stations. The same was true of primary production, with estimated values of 155.87 (coastal) and 60.50 mgC·m⁻²·h⁻¹ (oceanic). The chlorophyll-a concentration fluctuated between 11.37 and 32.35 mg·m⁻², as an integrated value in the frictional influence zone (0-50 m depth). A positive correlation was found for primary production with species diversity ($r = 1.0$) and with the nitrite concentration ($r = 0.8$), whereas the reverse was found with the phosphate concentration ($r = -1.0$). These results represent the first attempt to estimate primary production in the oceanic waters of the Colombian Pacific basin, providing a starting point for other such studies in this area.

Key words: phytoplankton, primary production, chlorophyll-a, nutrients, tropical Eastern Pacific, Colombia.

Autor corresponsal: Alan Giraldo (ecologia@univalle.edu.co)

* Trabajo presentado en el XXV Congreso de Ciencias del Mar de Chile y XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR), realizados en Viña del Mar, entre el 16 y 20 de mayo de 2005.

El fitoplancton forma la etapa inicial del proceso de producción de materia orgánica en el mar y ocupa el lugar base de la cadena trófica tradicional. Su importancia radica en que comprende la mayor porción de organismos productores primarios del océano y es el alimento básico para los consumidores (Platt *et al.*, 1992), llegando a determinar la riqueza específica de los niveles tróficos superiores. El estudio de los productores primarios en muchos casos resulta explicativo de los fenómenos que se dan en niveles superiores de la cadena energética.

Las investigaciones sobre fitoplancton son escasas en el Pacífico oriental, sin embargo, se han realizado algunos estudios en Chile, Ecuador, Perú, Colombia y Panamá; la mayoría de ellos enmarcados en el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN). En la cuenca del Pacífico colombiano, Vizcaíno (1993) estudió el fitoplancton como indicador de El Niño, asociando su incidencia con algunos factores ambientales, como la temperatura. Salazar (2001) hace una caracterización del fitoplancton del Pacífico colombiano y estudia su relación con eventos asociados al ERFEN. Otros estudios en el área se han referido a la taxonomía y abundancia fitoplanctónica, y su relación con factores ambientales como temperatura, salinidad y turbidez (Calderón, 1979; Castillo & Vidal, 1982; Corchuelo & Moreno, 1983; Pineda, 1990; Collazos, 1992; Mendoza, 1996; Sánchez, 1996).

El estudio experimental se realizó durante el crucero oceanográfico Pacífico XXXIX - ERFEN XXXVII efectuado con el buque ARC "Providencia" de la Armada Nacional de Colombia, entre el 19 de septiembre y el 8 de octubre de 2004, en la cuenca del océano Pacífico de Colombia (Fig. 1). En dos estaciones costeras (Est. 5 y 12) y dos estaciones oceánicas (Est. 109 y 113), se recolectó agua a 30 m de profundidad con una botella Niskin filtrando 1 litro por filtro GF/F de 0,6 μm para estimar la concentración de clorofila-a, por el método estándar de espectrofotometría (extracción en acetona al 90%), y se dispuso de 15 botellas DBO para realizar incubaciones "on deck", con un incubador de acrílico con cinco compartimentos polarizados (con paso del 5, 20, 50, 70 y 100% de luz) y flujo continuo de agua de mar superficial. El tiempo de incubación no fue menor a seis horas. Se estableció la producción primaria bruta a partir de la producción (botella clara) y consumo (botella oscura) de oxígeno disuelto, que fue determinado mediante el método Winkler.

Con el propósito de caracterizar la comunidad fitoplanctónica en las estaciones de muestreo, se realizaron arrastres oblicuos de fitoplancton desde 200 m a superficie, con una red cónica de 60 μm . Las muestras de fitoplancton se fijaron con formol al 5% en frascos de 500 mL y luego se realizó la clasificación y conteo de 3 mL de muestra, con un analizador de imágenes, cámara Sedgwick Rafter, microscopio invertido y cámara digital. Se determi-

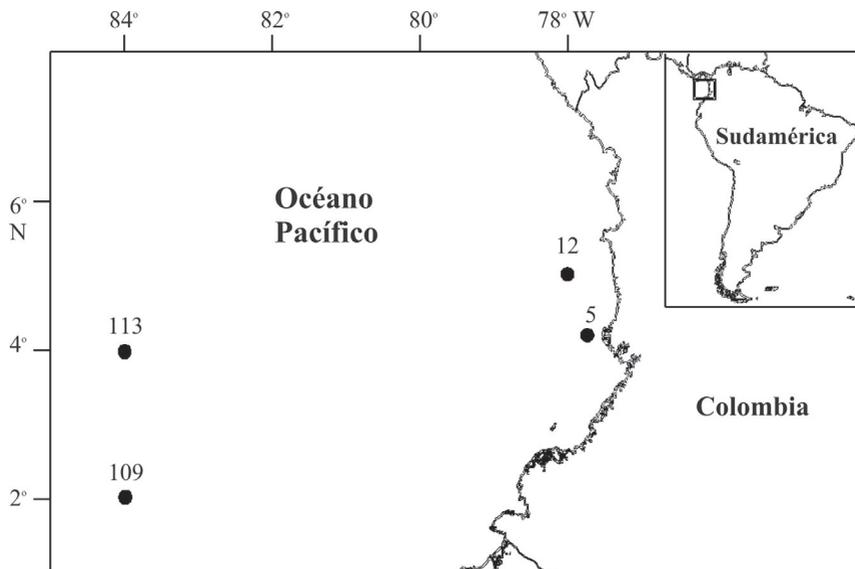


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo fitoplanctónico en el Pacífico colombiano.

Figure 1. Location of sampling stations of phytoplankton in the Colombian Pacific.

no la concentración de nutrientes (amonio, nitrato, nitrito, fosfato y silicato), siguiendo la metodología estándar de colorimetría por espectrofotometría.

Del total de células encontradas, el 79,5% correspondió a diatomeas y el 20,5% a dinoflagelados. Entre las diatomeas, los géneros más abundantes fueron *Planktoniella* y *Coscinodiscus*, mientras que entre los dinoflagelados fueron *Ceratium*, *Gonyaulax* y *Ornithocercus* (Tabla 1). La producción primaria varió entre un mínimo de 54,07 mgC·m⁻²·h⁻¹, en la estación 109 (oceánica) y un máximo de 207,22 mgC·m⁻²·h⁻¹, en la estación 5 (costera). Los estimados de producción primaria fueron consistentes con lo señalado por Chávez & Barber (1987), Chávez (1989), Chávez *et al.* (1990) y Fiedler *et al.* (1991), quienes estimaron rangos de producción primaria de 66,67 a 83,40 mgC·m⁻²·h⁻¹ para la región oceánica del Pacífico oriental tropical, desde islas Galápagos hasta los 140°W. La producción primaria estimada y la concentración de biomasa fitoplanctónica fueron mayores en las estaciones costeras (Tabla 1). Una tendencia similar se detectó en la diversidad de la comunidad fitoplanctónica, como consecuencia de la alta riqueza específica estimada en la estación 5, con promedios de 1,42 y 2,89 bits·cel⁻¹ en las estaciones oceánicas y costeras respectivamente. Los nutrientes, en cambio, presentaron, con excepción de los nitritos, una mayor concentración promedio en la zona oceánica que en la zona costera (Tabla 2), debido probablemente a la mayor absorción de nutrientes en las estaciones costeras.

La composición fitoplanctónica estuvo dominada por las diatomeas, mientras que los dinoflagelados adquirieron mayor importancia en la zona costera,

debido a un incremento significativo de especies del género *Ceratium* y, en menor medida, de los géneros *Ceratocorys*, *Dinophysis* y *Protoperidinium*. A pesar del incremento de dinoflagelados en la zona oceánica, las diatomeas tuvieron una mayor incidencia.

Se estableció una estrecha relación entre la producción primaria y la diversidad (Spearman $r = 1,0$; Tabla 3). En este mismo sentido, se detectó una asociación significativa entre la concentración de nitritos (Spearman $r = 0,80$) y fosfatos (Spearman $r = -1,0$) con la producción primaria. Aunque es de esperar una relación directa entre biomasa fitoplanctónica y producción primaria, no se detectó una relación significativa entre estas dos variables (Spearman $r = 0,20$, Fig. 3) o entre la biomasa y la diversidad fitoplanctónica en la zona de estudio (Spearman $r = 0,20$). Bajo condiciones específicas, la distribución de la clorofila-a puede ser un débil indicador de la productividad fitoplanctónica (Peña *et al.*, 1989); esta situación puede aportar indicios para explicar la baja asociación entre la concentración de clorofila-a y la producción primaria en la zona de estudio. En este mismo sentido, una alta tasa de consumo de fitoplancton por parte de la comunidad zooplanctónica podría incrementar este efecto.

Este trabajo tiene especial importancia debido a que no existen antecedentes sobre estimaciones de producción primaria en la cuenca del Pacífico colombiano. Se convierte así en un punto de partida para este tipo de estudios en la zona, y pasa a ser un referente a tener en cuenta, cuando se realicen estudios similares, que involucren la aplicación de otras técnicas de medición de producción primaria, como la de ¹⁴C.

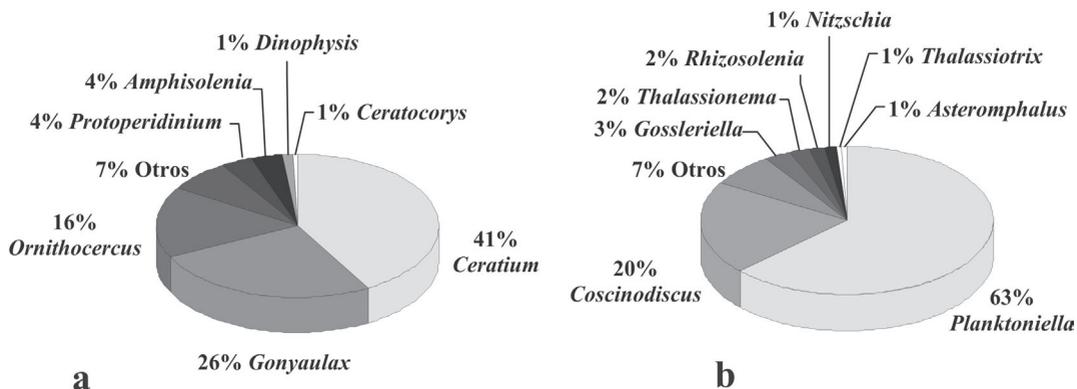


Figura 2. Composición porcentual de a) dinoflagelados, y b) diatomeas en dos estaciones costeras y dos estaciones oceánicas del Pacífico colombiano, durante septiembre-octubre 2004.

Figure 2. Percentual composition of a) dinoflagellates, and b) diatoms in two coastal and two oceanic stations in the Colombian Pacific, during September-October 2004.

Tabla 1. Número de individuos (cél·mL⁻¹) por géneros de diatomeas y dinoflagelados encontrados en dos estaciones costeras y dos estaciones oceánicas del Pacífico colombiano. Zona costera: E5 y E12; Zona oceánica: E109 y E113.
Table 1. Total number of individuals (cel·mL⁻¹) of the genera of diatoms and dinoflagellates found in two coastal and two oceanic stations in the Colombian Pacific. Coastal zone: E5 and E12; Oceanic zone: E109 and E113.

	Estación (N°)			
	5	12	109	113
DIATOMEAS				
<i>Asteromphalus</i> sp.	4	0	0	0
<i>Bacteriastrum</i> sp.	1	1	0	1
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	1
<i>Coscinodiscus excentricus</i>	9	0	0	0
<i>Coscinodiscus oculusiridis</i>	3	0	0	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	9	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	50	36	0	26
<i>Dytilum brightwellii</i>	1	0	0	0
<i>Gossleriella tropica</i>	0	14	4	3
<i>Nitzschia</i> sp.	2	4	2	0
<i>Planktoniella sol</i>	5	13	241	152
<i>Rhizosolenia alata</i>	0	0	0	1
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	1	0	0	0
<i>Rhizosolenia</i> sp.	1	3	2	3
<i>Skeletonema</i> sp.	0	1	2	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2	7	0	2
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0	0	0	3
<i>Thalassiosira</i> sp.	1	0	0	0
<i>Thalassiotrix</i> sp.	1	3	0	0
No identificados	24	3	4	5
Subtotal	114	85	255	197
DINOFLAGELADOS				
<i>Amphisolenia bidentata</i>	0	1	2	3
<i>Ceratium tripos</i>	1	0	0	0
<i>Ceratium breve</i>	2	0	11	0
<i>Ceratium carriense</i>	0	0	3	0
<i>Ceratium contortum</i>	0	0	1	0
<i>Ceratium declinatum</i>	0	0	2	0
<i>Ceratium deflexum</i>	0	0	2	0
<i>Ceratium fusus</i>	1	0	1	0
<i>Ceratium gibberum</i>	1	0	1	1
<i>Ceratium lunula</i>	0	0	3	0
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	2	0
<i>Ceratium massiliense</i>	1	0	7	0
<i>Ceratium praelongum</i>	1	0	0	0
<i>Ceratium trichoceros</i>	1	3	0	0
<i>Ceratium tripos</i>	8	0	2	2
<i>Ceratium vultur</i>	0	0	3	0
<i>Ceratium</i> sp.	2	1	6	1
<i>Ceratocorys horrida</i>	1	0	0	0
<i>Dinophysis</i> sp.	0	0	0	2
<i>Gonyaulax</i> sp.	16	5	15	8
<i>Ornithocercus steinii</i>	2	1	3	9
<i>Ornithocercus thumii</i>	1	1	4	5
<i>Ornithocercus</i> sp.	0	1	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	3	0	0	3
No identificados	5	2	3	2
Subtotal	46	15	71	36
Total	160	100	326	233

Tabla 2. Valores de producción primaria ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), diversidad (índice de Shannon H'), clorofila-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$) y nutrientes ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$) en las estaciones analizadas. Todos los valores son integrados de la capa de influencia friccional (0-50 m). PP: producción primaria, Cl-a: clorofila-a.

Table 2. Primary production ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), diversity (Shannon index H'), chlorophyll-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$), and nutrients ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$) from each sampling station. All values are integrated from frictional influence layer (0-50 m). PP: primary production, Cl-a: chlorophyll-a.

Estación (N°)	PP	H'	Cl-a	Nitrato	Nitrito	Amonio	Fosfato	Silicato
5 (costera)	207,22	3,23	11,37	40,7	5,7	22,6	5,7	69,5
12 (costera)	104,53	2,55	32,35	23,5	1,8	26,5	18,9	140,1
109 (oceánica)	54,07	1,32	19,73	89,4	1,0	33,3	29,2	19,2
113 (oceánica)	66,93	1,52	16,70	38,0	4,0	20,6	21,2	205,7

Tabla 3. Matriz de coeficientes de correlación de Spearman para producción primaria ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), diversidad (índice de Shannon H'), clorofila-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$) y nutrientes ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$). PP: producción primaria, Cl-a: clorofila-a.

Table 3. Spearman correlation coefficient matrix for: primary production ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), diversity (Shannon index H'), chlorophyll-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$), and nutrients ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$). PP: primary production, Cl-a: chlorophyll-a.

	PP	Cl-a	Nitrato	Nitrito	Amonio	Fosfato	Silicato	H'
PP	1,000	0,200	-0,400	0,800	-0,400	-1,000	0,200	1,000
Cl-a		1,000	0,800	0,400	0,000	-0,200	-0,600	0,200
Nitrato			1,000	-0,200	0,400	0,400	-0,800	-0,400
Nitrito				1,000	-0,800	-0,800	0,400	0,800
Amonio					1,000	0,400	-0,800	-0,400
Fosfato						1,000	-0,200	-1,000
Silicato							1,000	0,200
H'								1,000

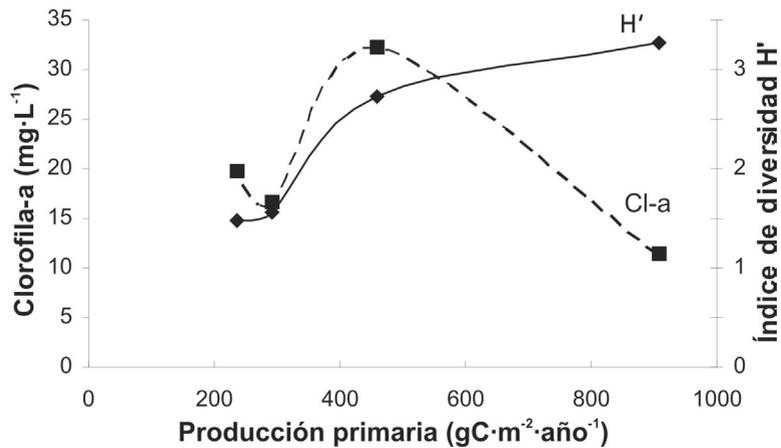


Figura 3. Relación entre la clorofila-a y diversidad (índice de Shannon) y la producción primaria en la zona de estudio.

Figure 3. Relationship between chlorophyll-a and diversity (Shannon index) and the primary production in the study zone.

REFERENCIAS

- Calderón, E. 1979.** Contribución al estudio del fitoplancton nerítico de Tumaco y sus alrededores. Tesis de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 88 pp.
- Castillo, F. & A. Vidal. 1982.** Los indicadores biológicos del fitoplancton del Pacífico colombiano como indicadores de masas de agua. Fase I. Centro de Investigación Oceanográfica e Hidrográfica de la Armada de Colombia, Cartagena, 57 pp.
- Chávez, F.P. 1989.** Size distribution of phytoplankton in the central and eastern tropical Pacific. *Global Biogeochem. Cycle*, 3: 27–35.
- Chávez, F.P. & R.T. Barber. 1987.** An estimate of new production in the Equatorial Pacific. *Deep-Sea Res.*, 34: 1229–1243.
- Chávez, F.P., K.R. Buck & R.T. Barber. 1990.** Phytoplankton taxa in relation to primary production in the equatorial Pacific. *Deep-Sea Res.*, 37: 1733–1752.
- Collazos, A. 1992.** Contribución al estudio del fitoplancton en la ensenada de Tumaco (Pacífico colombiano). Tesis de Biología con Mención en Biología Marina. Universidad del Valle, Cali, 80 pp.
- Corchuelo, C. & G. Moreno. 1983.** Contribución al conocimiento del fitoplancton y algunos tintínidos del Pacífico colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 84 pp.
- Fiedler, P.C., V. Philbrick & P. Chávez. 1991.** Oceanic upwelling and productivity in the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.*, 36(8): 1834–1850.
- Mendoza, A.E. 1996.** Fitoplancton del área comprendida entre La Caleta Caracas y La Muerte (bahía de Málaga) Pacífico colombiano. Tesis de Biología con Mención en Biología Marina. Universidad del Valle, Cali, 47 pp.
- Peña, L., M. Lewis & G. Harrison. 1989.** Primary productivity and size structure of phytoplankton biomass on a transect of Equator at 135°W in the Pacific Ocean. *Deep-Sea Res.*, 37(2): 295–315.
- Pineda, F. 1990.** Contribución al estudio del fitoplancton en la bahía de Buenaventura. Tesis de Biología con Mención en Biología Marina. Universidad del Valle, Cali, 62 pp.
- Platt, T., P. Jauhari & S. Sathyendranath. 1992.** The importance and measurement of new production. En: P. Falkowski & A. Woodhead (eds.). Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea. *Environ. Sci. Res.*, 43: 273–284 pp.
- Salazar, C.S. 2001.** Caracterización de la estructura fitoplanctónica en aguas del Pacífico colombiano y su relación con eventos asociados al fenómeno El Niño. Tesis de Biología con Mención en Biología Marina. Universidad del Valle, Cali, 59 pp.
- Sánchez, E. 1996.** Caracterización espacial del fitoplancton nerítico en el Pacífico colombiano durante julio-agosto de 1994. Tesis de Biología con Mención en Biología Marina. Universidad del Valle, Cali, 61 pp.
- Vizcaino, Z. 1993.** Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador del fenómeno El Niño. Tesis de Biología con Mención en Biología Marina. Universidad del Valle, Cali, 70 pp.

Recibido: 16 septiembre 2005; Aceptado 27 septiembre 2006