

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA PLANCTÓNICA EN LA COSTA PACÍFICA COLOMBIANA ENTRE NOVIEMBRE DE 1997 Y NOVIEMBRE DE 1998

por

María Isabel Criales-Hernandez¹ & Carlos Eduardo Fernández²

Resumen

Criales-Hernández, M.I. & C.E. Fernández: Distribución de la biomasa planctónica en la Costa Pacífica colombiana entre noviembre de 1997 y noviembre de 1998. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **25**(96): 371-380, 2001. ISSN 0370-3908.

Se determinaron las distribuciones de las biomásas fitoplanctónicas en aguas del Pacífico colombiano (Bahía Humboldt a Cabo Manglares) a partir de 120 muestras de plancton, recolectadas en tres cruceros entre noviembre de 1997 y noviembre de 1998. Se elaboraron mapas de las biomásas fitoplanctónicas y se encontró que en noviembre-diciembre de 1997, en la ocurrencia de un evento "El Niño" Oscilación del Sur, las concentraciones fitoplanctónicas en promedio fueron relativamente altas (10.11-19.97 mg/l). La subárea centro se ve favorecida con valores promedios altos de fitoplancton (11.61-20.83 mg/l), quizá debido a las descargas de los ríos que allí desembocan.

Palabras claves: Plancton, biomasa, Pacífico colombiano.

Abstract

The distributions of the plankton biomass in the Colombian Pacific waters (Bahía Humboldt to Cabo Manglares) were determined using 120 plankton samples from three cruises done in November 1997, in June and in November 1998. Maps of the plankton biomass were made; during November-December 1997, when an "El Niño" Southern Oscillation event was occurring, the mean plankton concentrations were relatively high (10.11-19.97 mg/l). The central subarea shows high mean plankton values (11.61-20.83 mg/l), maybe because of the rivers that open there.

Key words: Plankton, biomass, Colombian Pacific.

¹ A.A. 1346, Santa Marta, Colombia, e-mail: maicry@lycos.com

² INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta, Colombia

Introducción

El Pacífico colombiano es una extensa área marina (80000 km² aproximadamente) que hace parte del Panama Bight (**Cantera**, 1993). Se dispone de información básica acerca del fitoplancton de esta región de importancia pesquera; sin embargo, los trabajos sobre el particular son escasos, aislados y limitados a localidades puntuales. Algunas publicaciones registran las abundancias fitoplanctónicas en la parte sur del Pacífico colombiano (**Montealegre & Lasso**, 1994; **Pineda & Medina**, 1996; **Medina**, 1998; **Pineda**, 1998), pero no se encontraron trabajos acerca de la distribución de la biomasa del fitoplancton en el área estudiada. Algunas publicaciones sobre recursos del Pacífico colombiano incluyen datos acerca del zooplancton capturado con redes bongo (**Zapata et al.**, 1999a), pero la información no es suficiente para estimar las biomásas zooplanctónicas reales.

Los análisis de la biomasa fitoplanctónica son numerosos en la literatura científica, usualmente estimada a partir de las concentraciones de clorofila *a* (**Jiménez & Bonilla**, 1980; **Malone et al.**, 1980; **Cole et al.**, 1986; **Lara-Lara & Valdez**, 1988; **Robles-Jarero & Lara-Lara**, 1993), utilizando datos provenientes de sensores satelitales (**Zuria-Jordan et al.**, 1995), por el recuento de células en un volumen determinado (**Peña**, 1997; **Medina**, 1998), o a partir de pesos húmedos (**Villanueva et al.**, 1998a y 1998b). Esta última técnica fue empleada para este estudio, pues cumplía los requerimientos del proyecto de investigación que lo enmarcaba.

En el presente trabajo se estudian las fluctuaciones del plancton como alimento disponible (cantidad), para las especies pelágicas en términos de biomasa planctónica, comparándolas espacial y temporalmente. Estos resultados contribuyeron a la modelación de la dinámica trófica del Pacífico colombiano, objetivo principal del proyecto "El sistema del Pacífico colombiano. Una aproximación a la modelación trófica" del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), llevado a cabo entre noviembre de 1997 y noviembre de 1998.

Área de estudio

El Panama Bight fue definido por **Wooster** (1959) como una parte del Pacífico tropical con fuerte influencia de los vientos del noroeste. El patrón de circulación superficial en la franja tropical del Pacífico americano responde al sistema dominante de vientos, determinado por el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) (**Prahl**, 1986; **Zapata et al.**, 1999b). Toda la cuenca

se caracteriza por presentar aguas superficiales relativamente cálidas (25-26 °C) y de baja salinidad (20-33.5). El régimen de lluvias en el Pacífico colombiano depende de la influencia de las calmas ecuatoriales y de las lluvias del sudeste (**Cantera**, 1993), de modo que al sur el período de lluvias va de enero a marzo y al norte va de abril a septiembre.

El área de estudio corresponde a la franja del Pacífico colombiano hasta 20 mn de distancia de la costa. Dicha región fue dividida, para efectos de este estudio, en tres sectores (zonas según **Cantera**, 1993): norte, el cual incluyó las estaciones ubicadas entre Bahía Humboldt y Cabo Corrientes; centro, con las estaciones localizadas entre Punta Pizarro y Punta Magdalena, y sur, que incluyó las estaciones desde Isla Cajambre hasta Cabo Manglares (Figura 1).

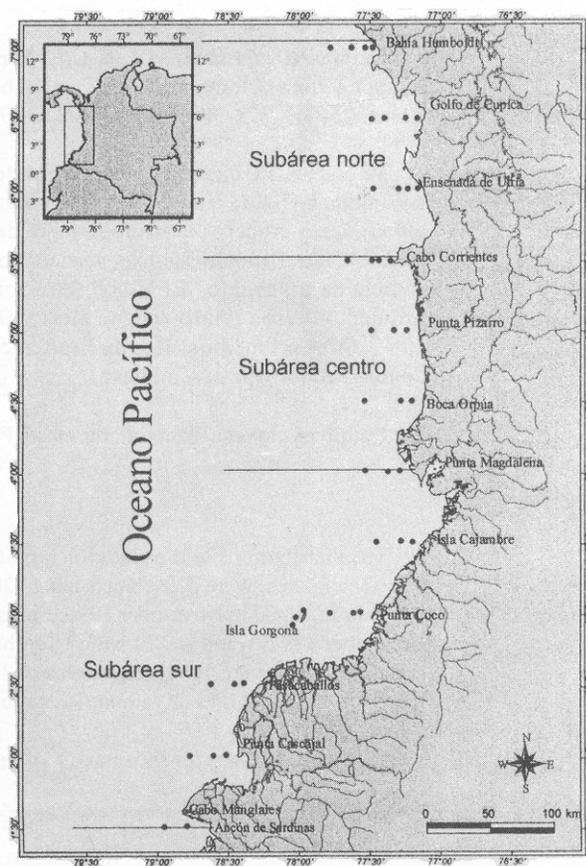


Figura 1. Costa Pacífica colombiana ubicando las estaciones de registro en las tres subáreas.

Tabla 1. Resultados obtenidos durante noviembre-diciembre de 1997, crucero ETP-I, a 50 m de profundidad.

Estación	Subárea	Coordenadas geográficas		Biomasa (mg/l)	Temperatura °C	Salinidad
		Latitud N	Longitud W			
2.1	Norte	7° 00' 10"	77°44' 15"	8	28.69	31.92
3.1	Norte	6°59' 48"	77°49' 58"	34.3	28.63	32.42
4.1	Norte	7°00' 00"	77°00' 00"	5.1	28.74	31.78
6.1	Norte	6°30' 13"	77°26' 23"	56.7	28.44	32.32
7.1	Norte	6°30' 00"	77°31' 04"	19.5	28.82	32.22
9.1	Norte	6°29' 58"	77°45' 08"	22.6	28.82	31.91
10.1	Norte	6°00' 00"	77°25' 11"	8.2	28.59	32.28
12.1	Norte	6°00' 08"	77° 30' 08"	18.1	28.75	32.04
14	Norte	6°00' 00"	77°45' 00"	9.9	28.58	32.24
17.1	Norte	5°29' 52"	77°37' 24"	25	28.71	32.25
20	Norte	5° 29' 52	77°45' 00"	14.7	28.58	32.06
21.1	Norte	5° 30' 00"	77°52' 03"	17.6	28.47	31.83
23.1	Centro	4° 59' 52"	77° 29' 59"	14.6	28.72	31.96
24.1	Centro	5° 00' 19"	77° 34' 59"	2.8	27.83	32.34
26.1	Centro	5° 00' 4"	77°45' 35"	7.3	28.49	31.98
30.1	Centro	4°29' 58"	77°30' 10"	0.3	26.86	32.71
31	Centro	4° 30' 11"	77° 35' 39"	51.4		
33.1	Centro	4° 30' 12"	77° 45' 02"	12.6	28.18	31.96
37	Centro	3° 59' 59"	77° 32' 40"	14.1		
35.1	Centro	4° 00' 00"	77° 37' 49"	11.1	27.47	32.4
36.1	Sur	3° 59' 48"	77° 45' 41"	13.5	27.66	32.78
39.2	Sur	3° 30' 01"	77° 29' 58"	20.5		
41.2	Sur	3° 30' 8"	77° 34' 59"	2.5		
43	Sur	3° 30' 00"	77° 45' 00"	8.6	27.86	32.27
49.1	Sur	2° 59' 00"	77° 49' 00"	13.4		
50	Sur	2° 59' 53"	77° 53' 47"	14.2		
51.1	Sur	3° 00' 10"	77° 59' 37"	4.9	24.95	34.12
60.1	Sur	2° 30' 00"	78° 35' 36"	9.5		
61.1	Sur	2° 29' 47"	78° 40' 37"	4.1	25.42	34.6
62.1	Sur	2°29' 56"	78° 50' 00"	7.8	25.57	34.56
68.1	Sur	2° 03' 36"	78° 45' 04"	4.8		
69.1	Sur	2° 01' 32"	78° 51' 25"	17.2	25.41	34.6
70.1	Sur	2° 00' 01"	78° 59' 56"	0.8	25.34	34.65
74.1	Sur	1° 30' 16"	79° 04' 17"	8.5	25.41	34.38
76	Sur	1° 29' 53"	79° 15' 02"	11.9	25.32	34.61
77	Sur	1° 30' 06"	79° 30' 02"	22.9	26.96	33.24

Material y métodos

Se efectuaron tres cruceros en el B/O ARC Malpelo entre el 13 de noviembre y el 22 de diciembre de 1997 (ETP-I), entre el primero y el 8 junio de 1998 (ETP-II) y entre el 5 y el 13 de noviembre de 1998 (ETP-III). En cada uno de los cruceros se realizaron 12 cortes entre 1 y 20 mn, que incluyeron un total de 120 estaciones para todo el período de estudio. Por subárea las estaciones se discriminaron así: norte, 12 (ETP-I) y 16 (ETP-II y ETP-III); centro, 9 para los tres cruceros; sur, 15 (ETP-I) y 17 (ETP-II y ETP-III). Para efectos de este trabajo se utilizaron 120

muestras tomadas a 50 m de profundidad en cada una de las estaciones con una botella Niskin de 5 L de capacidad. Las muestras se preservaron con una solución de formol neutralizado al 10% y se filtraron sobre una malla de 55 µm. Se determinaron sus pesos húmedos por un método gravimétrico (Boltovskoy, 1981; Villanueva et al., 1998b) con una balanza analítica Ohaus de 0.001 mg de precisión, estandarizándolos a miligramos sobre litro.

Las muestras recolectadas con botellas Niskin se emplea básicamente para determinar fitoplancton mediante recuento de células o determinación de clorofila. Ade-

Tabla 2. Resultados obtenidos durante junio de 1998, crucero ETP-II, a 50 m de profundidad.

Estación	Subárea	Coordenadas geográficas		Biomasa (mg/l)	Temperatura °C	Salinidad
		Latitud N	Longitud W			
2.2	Norte	6° 59' 58"	77° 41' 58"	2.5	29.33	31.79
2.3	Norte	6° 59' 59"	77° 45' 10"	3.7	28.82	33.18
3.2	Norte	7° 00' 08"	77° 50' 48"	24.6	28.73	33.18
4.2	Norte	7° 00' 03"	77° 59' 58"	17.7	28.49	33.47
5.1	Norte	6° 29' 57"	77° 23' 05"	7.6	28.91	32.94
6.2	Norte	6° 30' 00"	77° 27' 52"	16.2	29.40	32.46
8.1	Norte	6° 30' 00"	77° 37' 00"	7.6	28.94	32.84
9.2	Norte	6° 29' 52"	77° 42' 09"	8.6	28.88	33.06
10.2	Norte	6° 00' 11"	77° 22' 43"	3.1	26.35	34.03
11.1	Norte	6° 00' 02"	77° 26' 57"	13.4	28.03	33.33
12.2	Norte	5° 59' 57"	77° 30' 49"	24	28.31	33.03
13.1	Norte	6° 00' 00"	77° 41' 26"	12.5	29.06	33.00
17.2	Norte	5° 29' 50"	77° 33' 59"	13.9	18.58	34.91
18.1	Norte	5° 29' 56"	77° 38' 58"	4.2	27.40	33.52
19.1	Norte	5° 29' 59"	77° 41' 59"	40.8	27.49	33.64
21.2	Norte	5° 30' 03"	77° 52' 27"	3.5	28.85	33.05
23.2	Centro	4° 59' 55"	77° 27' 08"	0.8	29.46	31.56
24.2	Centro	5° 00' 00"	77° 32' 30"	15.9	19.95	34.83
26.2	Centro	5° 00' 03"	77° 42' 13"	4.7	20.94	34.60
29.1	Centro	4° 30' 00"	77° 25' 04"	5.7	26.50	33.99
30.2	Centro	4° 29' 59"	77° 29' 55"	20.8	19.07	34.69
33.2	Centro	4° 30' 03"	77° 45' 02"	6.8	29.51	31.78
34.1	Centro	4° 00' 11"	77° 30' 13"	23.7	26.12	33.32
35.2	Centro	4° 00' 07"	77° 35' 01"	8.5	20.90	34.30
36.2	Centro	4° 00' 13"	77° 44' 53"	17.6	20.85	34.38
40.1	Sur	3° 30' 28"	77° 24' 58"	6.1	29.51	30.91
39.3	Sur	3° 30' 11"	77° 29' 47"	19.8	20.23	34.29
42.1	Sur	3° 29' 56"	77° 40' 04"	26	17.79	34.77
49.3	Sur	3° 00' 10"	77° 46' 58"	4.9	28.76	32.50
49.4	Sur	3° 00' 00"	77° 49' 50"	11.4	29.27	32.43
51.2	Sur	3° 00' 01"	78° 00' 00"	10.2	17.65	34.84
48.1	Sur	3° 01' 11"	78° 10' 56"	3.1	17.94	34.70
52.1	Sur	2° 58' 21"	78° 14' 11"	16.3	17.05	34.98
53.1	Sur	2° 55' 07"	78° 15' 33"	14.3	18.09	34.63
60.2	Sur	2° 30' 36"	78° 36' 09"	8.5	28.34	32.47
61.2	Sur	2° 30' 14"	78° 40' 07"	4.7	21.36	33.99
62.2	Sur	2° 30' 14"	78° 50' 03"	6.8	29.23	32.57
71.1	Sur	2° 00' 17"	78° 43' 47"	15.2	29.49	31.65
69.2	Sur	2° 00' 00"	78° 48' 59"	13.9	24.90	33.04
70.2	Sur	2° 00' 00"	78° 58' 59"	3.7	18.28	34.94
74.2	Sur	1° 30' 10"	79° 00' 29"	8.2	29.46	32.70
75.1	Sur	1° 29' 56"	77° 10' 14"	9.3	22.85	33.59

más, debido a las necesidades del proyecto, fue indispensable determinar por un método gravimétrico las biomásas planctónicas. Por último, los organismos del zooplancton poseen una alta capacidad para escapar de las botellas, lo cual fue comprobado por observación directa sobre las muestras. Por ello, se optó por adelantar el trabajo como

si se tratase de material de fitoplancton. Se establecieron los promedios de la biomasa fitoplanctónica y se pasaron a gráficas los valores de biomásas sobre un mapa básico, elaborado por el Laboratorio SIG del Programa SINAM del INVEMAR, para cada uno de los cruceros. Los promedios de las concentraciones fitoplanctónicas fueron com-

Tabla 3. Resultados obtenidos durante noviembre de 1998, crucero ETP-III, a 50 m de profundidad.

Estación	Subárea	Coordenadas geográficas		Biomasa (mg/l)	Temperatura °C	Salinidad
		Latitud N	Longitud W			
2.4	Norte	7° 00' 00"	77° 42' 00"	3.28	27.91	26.94
2.5	Norte	7° 00' 00"	77° 44' 36"	3.2	18.75	34.89
3.3	Norte	7° 00' 04"	77° 49' 00"	4.92	22.98	33.60
4.3	Norte	7° 00' 00"	78° 00' 00"	6.12	17.89	35.59
5.2	Norte	6° 30' 00"	77° 22' 30"	5.6		
6.3	Norte	6° 30' 00"	77° 25' 38"	2.92	19.49	35.09
7.2	Norte	6° 30' 00"	77° 30' 00"	9.08	19.14	34.52
8.2	Norte	6° 30' 00"	77° 40' 00"	4.6	17.59	36.41
10.3	Norte	6° 00' 18"	77° 29' 54"	12.72		
11.2	Norte	6° 00' 06"	77° 27' 12"	1.96		
12.3	Norte	5° 59' 56"	77° 31' 01"	1.56	20.47	55.72
13.2	Norte	6° 00' 00"	77° 41' 00"	1.76	18.21	34.99
17.3	Norte	5° 30' 00"	77° 34' 00"	3.84	16.53	35.09
18.2	Norte	5° 30' 00"	77° 34' 24"	2.16	21.78	33.87
19.2	Norte	5° 30' 00"	77° 41' 06"	3.12		
21.3	Norte	5° 30' 00"	77° 52' 18"	3.12		
23.4	Centro	5° 00' 00"	77° 28' 00"	9.56	27.04	29.95
23.5	Centro	5° 00' 00"	77° 30' 00"	9.4	22.12	33.51
25	Centro	5° 00' 33"	77° 38' 43"	1.28	17.28	35.04
29.2	Centro	4° 30' 00"	77° 25' 36"	5.6		
30.3	Centro	4° 30' 00"	77° 30' 42"	4.56	26.99	30.85
32	Centro	4° 30' 12"	77° 40' 18"	139.24	16.03	34.95
34.2	Centro	4° 00' 00"	77° 30' 00"	7.44		
35.3	Centro	4° 00' 00"	77° 35' 02"	8.6		
36.3	Centro	4° 00' 13"	77° 45' 22"	1.76	17.67	35.05
40.2	Sur	3° 30' 00"	77° 27' 00"	1.96	19.44	37.12
39.4	Sur	3° 30' 00"	77° 30' 24"	1.64		
42.2	Sur	3° 30' 00"	77° 40' 00"	1.88	22.92	33.42
49.6	Sur	3° 00' 00"	77° 47' 56"	10.24	27.93	29.31
49.5	Sur	2° 59' 57"	77° 50' 11"	3.6	18.94	11.50
51.3	Sur	3° 00' 11"	77° 59' 35"	8.12	19.96	35.42
48.2	Sur	3° 01' 00"	77° 11' 00"	1.56	27.29	30.46
52.2	Sur	2° 58' 05"	78° 13' 40"	4.04	22.09	33.56
53.2	Sur	2° 54' 00"	78° 15' 00"	7.64	15.22	35.14
60.3	Sur	2° 30' 12"	78° 36' 00"	6.16	16.91	34.83
61.3	Sur	2° 30' 00"	78° 40' 00"	5.52	16.29	34.91
62.3	Sur	2° 30' 00"	78° 50' 00"	23.12	25.27	32.80
71.3	Sur	2° 00' 00"	78° 45' 00"	5.64		
69.3	Sur	2° 00' 00"	78° 49' 55"	1.96	27.04	31.31
70.3	Sur	2° 00' 10"	79° 00' 02"	4.92	14.82	35.32
74.4	Sur	1° 30' 47"	79° 05' 00"	4.88	15.99	34.83
75.2	Sur	1° 30' 03"	79° 10' 03"	5.92	15.93	34.88

parados en nueve tratamientos distintos por medio de un análisis de varianza no paramétrico, la prueba de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1981). Así mismo, con las variables oceanográficas de temperatura y salinidad a 50m se establecieron las correlaciones no paramétricas por rangos de Spearman (Zar, 1974).

Resultados

Durante el crucero ETP-I la biomasa fitoplanctónica varió entre 0.3 y 56.7 mg/l (Tabla 1, Fig. 2). En el norte se presentó el valor más alto en la estación 6.1, frente al Golfo de Cupica (56.7 mg/l) (Tabla 1 y 4). En el centro las mayo-

res biomasa aparecieron en la estación 31, frente a Boca Orpúa (51.4 mg/l) (Tabla 1 y 4). En el sur los valores fueron relativamente bajos y homogéneos, con un promedio de 10.11 mg/l (desviación estándar 6.54 mg/l) (Tabla 4).

Durante el crucero ETP-II la biomasa varió entre 0.8 y 40.8 mg/l (Tabla 2, Fig. 3). Se presentó en el norte un núcleo de concentración alta de fitoplancton en la estación 19.1, frente a Cabo Corrientes (40.8 mg/l) (Tabla 4, Fig. 3), seguido de dos nodos en las estaciones 34.1 y 42.1, frente a Punta Magdalena e Isla Cajambre en el centro y en el sur respectivamente, con valores máximos de 26.0 mg/l (Tabla 2 y 4, Fig. 3); en todos los casos las estaciones más cercanas a la costa (5-10 mn) presentaron concentraciones relativamente altas. En las demás estaciones meridionales persisten las concentraciones relativamente bajas, con un valor promedio de 10.62 mg/l (desviación estándar 6.92 mg/l) (Tabla 4, Figura 3).

En la estación 32 del crucero ETP-III, frente a Boca Orpúa, en el centro se registró un valor de biomasa de 139.24 mg/l, que corresponde al nodo de concentración fitoplanctónica más alto encontrado en el estudio (Tabla 3). Sin embargo, si se excluye dicho valor, las concentra-

ciones fitoplanctónicas en el último crucero se distribuyeron homogéneamente a lo largo de toda el área de estudio con un valor promedio de 5.35 mg/l (desviación estándar 4.17 mg/l) (Tabla 3, Figura 4).

Por otro lado, en todas las muestras el fitoplancton estuvo conformado por diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y cistodinoflagelados en proporciones variables de abundancia (**Criales**, datos sin publicar). El análisis de varianza entre los tres cruceros fue estadísticamente significativo ($p = 5.3 \times 10^{-6}$) (Tabla 5); después de las pruebas de comparación se encontró que las biomasa halladas en el crucero ETP-III fueron estadísticamente más bajas que las encontradas en los otros dos cruceros. Sin embargo, las comparaciones entre las tres subáreas y entre las tres distancias no arrojaron resultados estadísticamente significativos ($p > 0.05$). En general, los promedios de las concentraciones fitoplanctónicas fueron más altos en las subáreas norte y centro, con valores que fluctuaron entre 11.61 y 19.97 mg/l (Tabla 4); en la subárea sur, por su parte, los promedios fueron usualmente los más bajos, excepto en el último crucero, cuando sobrepasó los promedios de las otras dos subáreas (Tabla 4).

Tabla 4. Valores mínimos, máximos, promedio y desviación estándar (s.d) de biomasa planctónica, temperatura y salinidad a 50 m de profundidad, entre noviembre de 1997 y noviembre de 1998. El asterisco indica el promedio de la biomasa en la subárea centro durante el crucero ETP-III descartando el valor máximo hallado.

Nov-Dic 1997 (ETP-I)	Norte			Centro			Sur		
	Biomasa (mg/l)	T (°C)	Salinidad	Biomasa (mg/l)	T (°C)	Salinidad (mg/l)	Biomasa	T (°C)	Salinidad
Mínimo	5.10	28.44	31.78	0.30	26.86	31.96	0.30	26.86	31.96
Máximo	56.70	28.82	32.42	51.40	28.72	32.78	22.90	27.86	34.65
Promedio	19.97	28.65	32.11	14.19	27.89	32.30	10.11	25.80	34.11
s.d.	14.23	0.12	0.21	14.86	0.64	0.35	6.54	0.95	0.82
Junio 1998 (ETP-II)									
Mínimo	2.50	18.58	31.79	0.80	19.07	31.56	3.70	17.65	30.91
Máximo	40.80	29.40	34.91	23.70	29.51	34.83	26.00	29.51	34.94
Promedio	12.74	27.85	33.21	11.61	23.70	33.72	10.62	24.79	33.19
s.d.	12.15	0.51	0.26	6.56	3.81	1.15	6.92	4.85	0.98
Noviembre 1998 (ETP-III)									
Mínimo	1.56	7.20	26.94	1.28	16.03	29.95	1.64	14.82	11.50
Máximo	12.72	27.91	36.41	139.24	27.04	35.05	23.12	27.93	37.12
Promedio	4.37	18.99	34.10	*6.02	21.19	33.22	6.15	20.12	32.14
s.d.	2.49	4.97	1.06	3.29	4.53	1.81	6.31	4.46	7.66

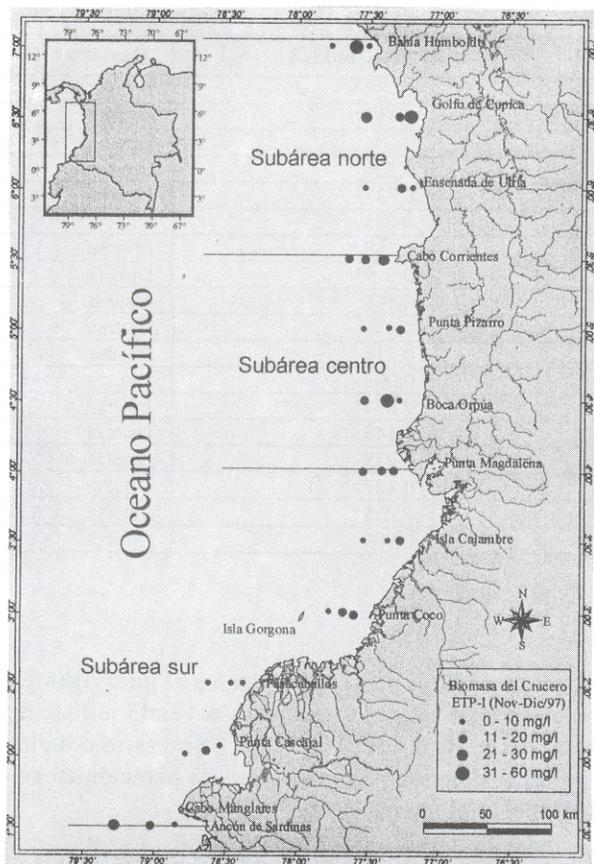


Figura 2. Variación espacial de la biomasa fitoplanctónica (mg/l) en las estaciones de registro durante el crucero ETP-I, noviembre-diciembre de 1997.

Finalmente, varias de las correlaciones arrojaron resultados estadísticamente significativos ($p < 0.05$) (Tabla 6). Por ejemplo, la temperatura se correlacionó directamente con la biomasa en el crucero ETP-I. Por su parte, la

Tabla 5. Resultados de los análisis de varianza no paramétricos (Prueba Kruskal-Wallis) efectuados. Se indica con un asterisco la probabilidad estadísticamente significativa.

Prueba Kruskal-Wallis	Probabilidad
Cruceros	$5.3 \times 10^{-6*}$
Subáreas cruceros	0.93
Subáreas Etp-I	0.063
Subáreas Etp-II	0.73
Subáreas Etp-III	0.38
Distancia a la costa cruceros	0.36
Distancia a la costa Etp-I	0.61
Distancia a la costa Etp-II	0.076
Distancia a la costa Etp-III	0.074

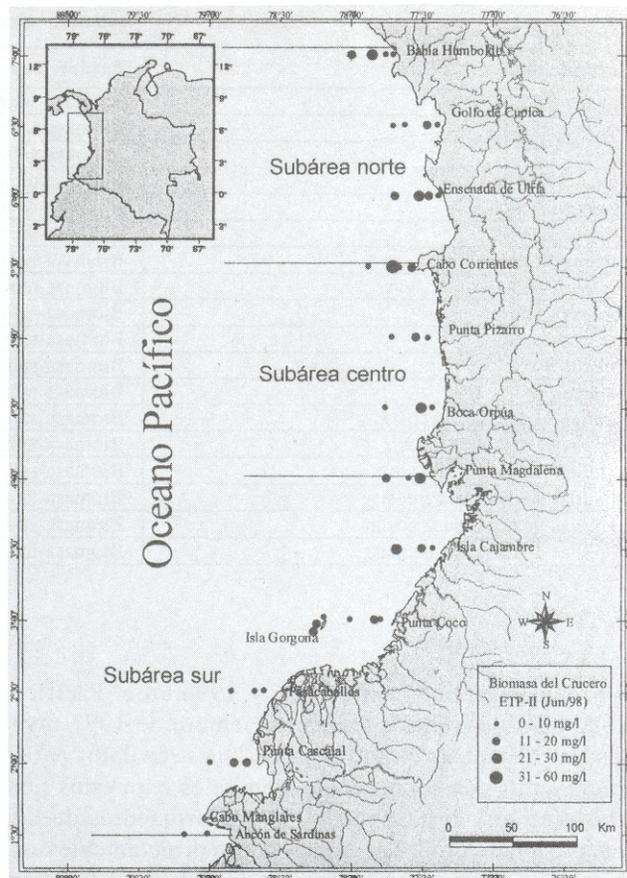


Figura 3. Variación espacial de la biomasa fitoplanctónica (mg/l) en las estaciones de registro durante el crucero ETP-II, junio de 1998.

salinidad mostró correlaciones inversas, estadísticamente significativas con la biomasa en las subáreas norte y sur y a cinco y veinte millas de la costa entre todos los cruceros.

Discusión

Tchanev & Cabrera (1998), generalizando sobre la variación de la temperatura superficial del mar y de la profundidad de la termoclina a lo largo del año en el Pacífico colombiano, plantean que en el mes de marzo la zona de convergencia intertropical (ZCIT) se halla al sur, lo que conlleva a un aumento de la temperatura superficial y a la reducción de la profundidad de la termoclina en el área de estudio. En noviembre, en cambio, la ZCIT se desplaza al norte, lo cual implica la disminución de la temperatura superficial y el aumento de la profundidad de la termoclina. Camacho (1998), por su parte, discute la evolución de los eventos atmosféricos

Tabla 6. Resultados de las correlaciones de Spearman efectuadas. Se indican con un asterisco las probabilidades estadísticamente significativas.

Correlaciones	Parámetros	Probabilidad	Tipo
Crucero ETP-I	Biomasa-salinidad	0.039*	Inversa
Crucero ETP-I	Biomasa-temperatura	0.112	Directa
Crucero ETP-II	Biomasa-salinidad	0.504	Directa
Crucero ETP-II	Biomasa-temperatura	0.526	Inversa
Crucero ETP-III	Biomasa-salinidad	0.037*	Inversa
Crucero ETP-III	Biomasa-temperatura	0.085	Directa
Subárea Norte	Biomasa-salinidad	0.188	Inversa
Subárea Norte	Biomasa-temperatura	0.019*	Directa
Subárea Centro	Biomasa-salinidad	0.145	Directa
Subárea Centro	Biomasa-temperatura	0.076	Inversa
Subárea Sur	Biomasa-salinidad	0.314	Inversa
Subárea Sur	Biomasa-temperatura	0.998	Directa
5 millas de distancia a costa	Biomasa-salinidad	0.034*	Inversa
5 millas de distancia a costa	Biomasa-temperatura	0.143	Directa
10 millas de distancia a costa	Biomasa-salinidad	0.475	Directa
10 millas de distancia a costa	Biomasa-temperatura	0.167	Directa
20 millas de distancia a costa	Biomasa-salinidad	0.028*	Inversa
20 millas de distancia a costa	Biomasa-temperatura	0.200	Directa

cos y oceanográficos entre 1996 y 1998 en el Pacífico colombiano y concluye que en diciembre de 1997 tuvo lugar una "Etapa de Niño Intenso". Nuestros datos parecen coincidir con los patrones generales expuestos por dichos autores, destacándose que los promedios de las biomazas planctónicas se relacionaron directamente con la temperatura durante el crucero ETP-I (Tabla 4); sin embargo, en los otros cruceros no se observaron correlaciones significativas entre las biomazas y la temperatura. Nuestros resultados indican que las biomazas promedio fueron más altas cuando El Niño estaba incidiendo en el Pacífico colombiano, en tanto que las biomazas promedio más bajas aparecieron en diciembre de 1998, cuando las temperaturas en promedio tendían a normalizarse con los valores promedios para la región (Cantera, 1993). Abundancias fitoplanctónicas altas (124-232 células/ml) correlacionadas con las temperaturas altas de un Evento "El Niño" fueron halladas también por Medina (1998), quien encontró durante un "año normal" (1994) valores entre 16 y 196 células/ml, considerados relativamente bajos.

Para el caso de la salinidad se registraron correlaciones inversas de significado estadístico con las biomazas en las subáreas norte y sur y a cinco y veinte millas de la costa. El valor biológico de esos resultados no es muy claro, ya que los principales ríos que desembocan al Pacífico colombiano lo hacen en la subárea centro; además, el hecho de no haberse hallado una correlación significativa entre la salinidad y las biomazas de las estaciones si-

tuadas a diez millas de la costa plantea el interrogante de la existencia de tales correlaciones a veinte millas, más lejos de los aportes fluviales. Se hace necesario estudiar a fondo las relaciones salinidad-biomasa planctónica en el Pacífico colombiano.

Una posible explicación de los valores extremos encontrados en algunas de las estaciones puede ser atribuida a la distribución en parche del fitoplancton, la cual se debe a la combinación de factores físicos, químicos y biológicos que afectan a este componente marino (Yentsch, 1981). Otros factores concretos que deben ser considerados son: surgencias, movimientos de masas de agua, mezclas por acción de los vientos, cambios nictimerales, fenómenos asociados con las mareas, distribución en forma de manchas de nutrientes, reproducción diferencial, "pastoreo", entre otros.

Los datos obtenidos son escasos para la extensión del área de estudio, por tanto es difícil cuantificar la validez de las correlaciones y la relación de los datos con las variables oceanográficas. Los nuevos estudios que se haga en la región debería contar con una red de estaciones más amplia, que permita evaluar con mayor detalle los cambios fitoplanctónicos en cada subárea. Este trabajo podría complementarse con la revisión del material mediante el recuento de células, fijar con mayor exactitud el valor de concentración fitoplanctónica en cada estación y determinar la composición del material para la región de estudio.

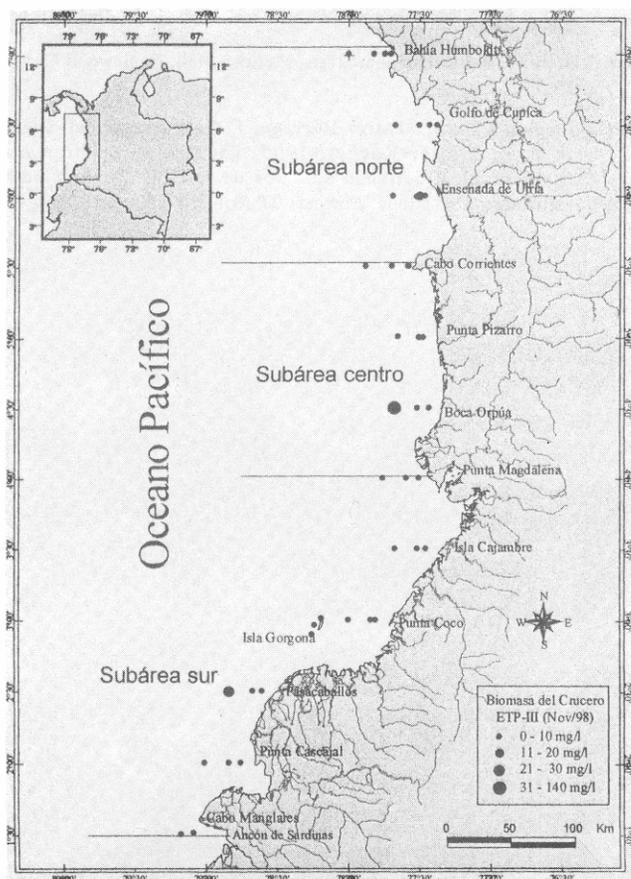


Figura 4. Variación espacial de la biomasa fitoplanctónica (mg/l) en las estaciones de registro durante el crucero ETP-III, noviembre de 1998.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del INVEMAR y a su Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos. W. Troncoso, F. Parra y J.A. Angulo y A. Acero y M. Wolff por sus aportes y comentarios.

Bibliografía

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sur occidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. I.N.I.D.E.P. Mar del Plata, Argentina.

Camacho, G.A. 1998. Seguimiento a la evolución de los eventos La Niña-El Niño-La Niña durante el período oct/96-oct/98 mediante la variación térmica de las masas de agua en la cuenca del Pacífico colombiano (CPC). Bol. Cient. Centro Control Contam. Pacífico 7: 50-57.

Cantera, J. 1993. Oceanografía: 13-23. En: P. Leyva (Ed.). Colombia Pacífico, Fondo FEN, Bogotá, 872 p.

Cole, B.E., J.E. Cloern & A.E. Alpine. 1986. Biomass and productivity of three phytoplankton size classes in San Francisco Bay. Estuaries 9(2): 117-126.

Jiménez, R. & D. Bonilla. 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el frente ecuatorial. Acta Ocean. Pacífico INOCAR 1 (1): 19-64.

Lara-Lara, J.R. & J.E. Valdez Holguín. 1988. Biomasa y productividad primaria del Golfo de California por fracción de tamaños durante primavera de 1984. Ciencias Mar. 14 (1): 1-14.

Malone, T.C., P.J. Neale & D. Boardman. 1980. Influences of estuarine circulation on the distribution and biomass of phytoplankton size fractions: 249-262. En: V.S. Kennedy (Ed.). Estuarine Perspectives. Academic, San Diego.

Medina, L. 1998. Cambios en la composición y abundancia de la comunidad microalgal del Pacífico colombiano, en relación con el evento "El Niño" 97-98. Bol. Cient. Centro Control Contam. Pacífico 7: 58-66.

Montealegre, J.E. & M.I. Lasso. 1994. Características meteorológicas y oceanográficas en la cuenca del Pacífico colombiano durante el período 1991-1993. IX Seminario Cienc. Tecnol. Mar, Medellín, Diskette 1

Peña, V. 1997. Distribución y variación anual de la comunidad fitoplanctónica en la Ensenada de Utría-Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 123 p.

Prahl, H.v. 1986. Notas sobre la geología, climatología, régimen de mareas y oceanografía: 21-26. En H.v. Prahl (Ed.). Isla de Gorgona. Banco Popular, Bogotá.

Pineda, A.R. 1998. La corriente de Cromwell durante el Fenómeno La Niña de 1996 y el Fenómeno El Niño de 1997, sobre la cuenca del Pacífico colombiano. XI Sem. Cienc. Tecnol. Mar CD: 130

Pineda, A.R. & L. Medina. 1996. Comportamiento de las condiciones hidrológicas y biológicas en la región IV zona 3, área costera sur del Pacífico nariñense para el período de 1994-1995. X Sem. Cienc. Tecnol. Mar CD: 138

Robles-Jarero, E.G. & J.R. Lara-Lara. 1993. Phytoplankton biomass and primary productivity by size classes in the Gulf of Tehuantepec. J. Plankton Res. 15 (2): 1341-1358.

Sokal, R. & F. Rohlf. 1981. Biometry principles and procedures of statistics. Mc Graw-Hill, New York. 859 p.

Tchantsev, V. & E. Cabrera. 1998. Algunos aspectos de investigación de la formación del régimen oceanográfico en el Pacífico colombiano. Bol. Cient. Centro Control Contam. Pacífico 7: 7-19.

Villanueva, P., E. Delgado & C. Fernández. 1998a. El fitoplancton superficial durante el crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos en el invierno de 1998. Inf. Inst. Mar Perú 141: 43-48.

Villanueva, P., C. Fernández & S. Sánchez. 1998b. Biomasa planctónica como alimento disponible durante el crucero BIC Humboldt y BIC José Olaya Balandra 9808-09 de Paita a Los Palos (Tacna). Inf. Inst. Mar Perú 141: 49-54.

Wooster, W. 1959. Oceanographic observations in the Panama Bight. "Askoy" Expedition, 1941. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 118 (3): 113-152.

- Yentsch, C.S.** 1981. Phytoplankton growth in the sea, a coalescence of disciplines: 17-32. En: P.G. Falkowski (Ed.). Primary productivity in the sea. Plenum, Nueva York.
- Zapata, L., G. Rodríguez, B. Beltrán, G. Gómez, W. Angulo, A. Gómez, M. Ramírez, J. Morales, M. Hung, J. Herrera & C. Riascos.** 1999a. Prospección de los principales bancos de pesca en el Pacífico colombiano durante noviembre de 1998. Bol. Cient. INPA 6: 111-177.
- Zapata, L., G. Rodríguez, B. Beltrán, G. Gómez, A. Cediél, R. Avila & C. Hernández.** 1999b. Evaluación de recursos demersales por el método de área barrida en el Pacífico colombiano. Bol. Cient. INPA 6: 177-226.
- Zar, J.H.** 1974. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, EE.UU. 620 p.
- Zuria-Jordan, I.L., S. Alvarez-Borrego, E. Santamaría-del-Angel & F. E. Müller-Karger.** 1995. Estimación de biomasa fitoplanctónica, derivada de datos de satélite, frente a Baja California Sur. Cienc. Marinas 21 (3): 265-280.