

ZOOPLANCTON EN LA CORRIENTE DE COLOMBIA, PACÍFICO COLOMBIANO, DURANTE MARZO DE 2006

ZOOPLANKTON IN THE COLOMBIA CURRENT, COLOMBIAN PACIFIC OCEAN (MARCH 2006)

Tulia Isabel Martínez Aguilar¹, Alan Giraldo López², Efraín Rodríguez-Rubio³

Departamento de Biología, Grupo de Investigación en Ecología Animal,
Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali - Colombia.

^{1, 2}ecologia@univalle.edu.co

Director Nacional de Datos Oceanográficos,
Dirección General Marítima - Centro Control Contaminación del Pacífico (DIMAR-CCCP),
Vía El Morro, Capitanía de Puerto de Tumaco, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia
²ecologia@univalle.edu.co ³erodriguez@dimar.mil.com

Martínez, T., A. Giraldo y E. Rodríguez-Rubio. 2007. Zooplankton en la corriente Colombia, Pacífico colombiano, durante marzo de 2006. Boletín Científico CCCP, (14): 69-82.

Recibido en mayo de 2007; aceptado en diciembre de 2007

RESUMEN

Siguiendo un plan operativo de 21 estaciones de muestreo durante la campaña oceanográfica PACÍFICO XLII - ERFEN XL, a bordo del buque oceanográfico ARC Malpelo, a lo largo de la costa Pacífica colombiana, se identificaron 28 taxones zooplanctónicos, destacándose por su abundancia relativa las salpas y doliólidos (49%), y los copépodos (31%). Adicionalmente, se identificaron quetognatos, cladóceros, anfípodos, brachiuros (zoeas), poliquetos y medusas, entre otros grupos. La temperatura superficial del mar promedio durante la época del muestreo fue de 25.67 ± 0.96 °C, la salinidad fue 30.14 ± 2.24 , el oxígeno disuelto fue 4.99 ± 0.98 ml l⁻¹ y la clorofila-*a* superficial fue 0.46 ± 0.45 Chlo-*a* m⁻³. La abundancia total del zooplancton estuvo entre 422 y 17867 ind m⁻³, mientras que la biomasa seca estuvo entre 3.75 y 6.98 g m⁻³. No se encontraron diferencias significativas en la distribución espacial zonal (norte - centro - sur) de la abundancia ($H=0.30$ $p=0.86$) y de la biomasa ($H=1.40$ $p=0.50$), ni relación significativa entre estos dos indicadores comunitarios y la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila-*a* en la zona de estudio. Se detectó una distribución espacial uniforme de todas las variables oceanográficas y la biomasa, y abundancia del zooplancton en la corriente de Colombia durante marzo de 2006. Sin embargo, la comunidad zooplanctónica estuvo dominada en número por organismos gelatinosos (salpas y doliólidos), probablemente como consecuencia de la influencia del proceso de divergencia que se desarrolla en la cuenca de Panamá por efecto del chorro de viento de Panamá.

PALABRAS CLAVE: Ecología pelágica, zooplancton, costero, corriente de Colombia, Pacífico colombiano.

ABSTRACT

28 taxa of zooplankton were identified from 21 biological stations sampled during the Oceanographic survey PACIFICO XLII - ERFEN XL along the Pacific coast of Colombia in March 2006 on board R.V. ARC Malpelo. Salps and doliolidae (49%), and copepods (31%) were the most abundant groups. Other taxonomic groups identified were chaetognaths, cladocera, amphipods, brachiura larvae (zoea), polychaeta and jellyfish. Mean sea surface temperature (SMT) during biological sampling was 25.67 ± 0.96 °C, salinity (S) was 30.14 ± 2.24 , dissolved oxygen (DO) was 4.99 ± 0.98 ml l⁻¹ and Chlorophyll-*a* (Chlo-*a*) was 0.46 ± 0.45 mg Chlo-*a* m⁻³. The range of total abundance of zooplankton was 422 - 17867 ind m⁻³, while biomass was between 6.98 - 3.75 g m⁻³. No significant zonal (North - Center - South) differences of abundance ($H=0.30$ $p=0.86$) and biomass ($H=1.40$ $p=0.50$) were detected in the study zone. Furthermore, no significant correlation was detected between this communitarian indicators and temperature, salinity, dissolved oxygen and Chlorophyll-*a*. Spatial distribution of oceanographic (T, S, DO, Chlo-*a*) and biological (Abundance and Biomass of Zooplankton) variables were homogenous in the Colombian Current during March 2006. However, the zooplanktonic community was dominated by holoplanktonic tunicates (salps and doliolidae) associated with divergence processes in the Panama Bight in response to wind Jet from Panama.

KEY WORDS: Pelagic ecology, zooplankton, shore, Colombian current, Colombian Pacific.

INTRODUCCIÓN

Los patrones de distribución de los organismos en el océano están en gran medida determinados por la distribución de factores físicos y químicos, tales como la temperatura del agua, la salinidad, las corrientes marinas, la turbidez, el oxígeno disuelto y la cantidad de luz incidente (Parsons *et ál.*, 1984; Shank, 1995; Mann y Lazier 1996; Gasca *et ál.*, 1996). La variación de estos factores ocurre en diferentes escalas espacio-temporales, asociadas a diversos procesos oceanográficos, en los que se destaca el efecto de los campos de corriente local, el cual influye directamente sobre la comunidad planctónica (Mullin, 1993; Mann, 2000). Cabe destacar que el componente zooplanctónico es de suma importancia para la estabilidad de los sistemas pelágicos y bentónicos, debido a que son los organismos que transfieren la energía contenida en el fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores (Angel, 1989; Wefer, 1989)

No obstante el esfuerzo de muestreo liderado por la Dirección General Marítima - Centro Control Contaminación del Pacífico (DIMAR - CCCP) durante el último lustro para evaluar el componente planctónico en la cuenca del Pacífico colombiano, y gran parte de los estudios zooplanctónicos en esta región se han realizado principalmente en zonas litorales (bahías y estuarios), siendo escasos los estudios en la zona costera y, más aún, los estudios particulares acerca del efecto que tendría la corriente de Colombia sobre la comunidad zooplanctónica local.

Entre los trabajos desarrollados en el marco de las campañas oceanográficas del Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) se destacan los trabajos de Mauna (1994), quien se enfocó en el estudio de la distribución de tunicados planctónicos y quetognatos; y Giraldo *et ál.* (2005), quienes realizaron una aproximación holística al sistema pelágico del Pacífico colombiano (Ramírez y Giraldo, 2006; Ramírez *et ál.*, 2006). En años recientes, el estudio del zooplancton en la cuenca Pacífica colombiana se ha enfocado, principalmente, en el análisis de la relación entre su abundancia y composición con las características oceanográficas del sistema, tanto superficial como profundo (0 a 200m) (Murcia, 2006; Giraldo y Gutiérrez, 2007; Martínez *et ál.*, 2007)

Teniendo en cuenta que el conocimiento sobre la magnitud y extensión de los procesos oceanográficos

costeros en el Pacífico colombiano es escaso y que no se ha estudiado su efecto sobre la comunidad planctónica local, el propósito del presente trabajo fue evaluar la composición, abundancia relativa y distribución espacial del zooplancton en la zona de influencia de la corriente de Colombia, durante marzo 2006. Esta es una zona de alta importancia económica debido a que incluye la zona central y zona norte de pesca del Pacífico colombiano.

ÁREA DE ESTUDIO

El Pacífico colombiano incluye las aguas comprendidas latitudinalmente entre las fronteras marítimas con Costa Rica, Panamá y Ecuador; longitudinalmente desde la línea de costa hasta el límite exterior de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) que genera la isla Malpelo (400 millas a partir de la costa continental), con 339 500 km² entre aguas estuarinas, costeras y oceánicas, con profundidades hasta de 4000m.

Esta cuenca se encuentra dentro de la región de bajas presiones atmosféricas, conocida como concavidad Ecuatorial de Bajas Presiones, en donde convergen los vientos Alisios de cada hemisferio para formar la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Aquí convergen masas de aire con diferencias térmicas y gradientes de humedad, que ascienden en forma de banda nubosa por los procesos de convección, caracterizando esta zona por presentar vientos variables y débiles (zona de calmas ecuatoriales) y por una alta pluviosidad. El clima es superhúmedo con promedio de precipitación en la zona litoral entre 3000 y 5000 mm³ año⁻¹ y un arrastre promedio de sedimentos de 350 x 10⁶ m³ año⁻¹ (Forsberg, 1969; Rodríguez-Rubio *et ál.*, 2003). En el sector costero predomina la corriente de Colombia que se dirige de norte a noreste, presentando su mayor intensidad en Cabo Manglares y punta de Coco (Prahl *et ál.* 1990)

METODOLOGÍA

Las muestras fueron colectadas durante el Crucero Oceanográfico Pacífico XLII - ERFEN XXXVIII a bordo de la plataforma oceanográfica ARC Malpelo, durante marzo de 2006, siguiendo un plan de muestreo de 23 estaciones biológicas

ubicadas entre los 77° 45' y 79° 00' W, y los 2° 00' y 6°30'N, separadas entre sí por 15 mn (Fig. 1; Tabla I). Se utilizó una red bongo con poro de malla de 300µm, diámetro de boca de 50cm y provista de un flujómetro digital. Para coleccionar el zooplancton se realizó un arrastre oblicuo de 200 m a superficie. El tiempo total de arrastre fue de 20 min a una velocidad de 3 nudos, alrededor de cada estación oceanográfica (Fig. 2)

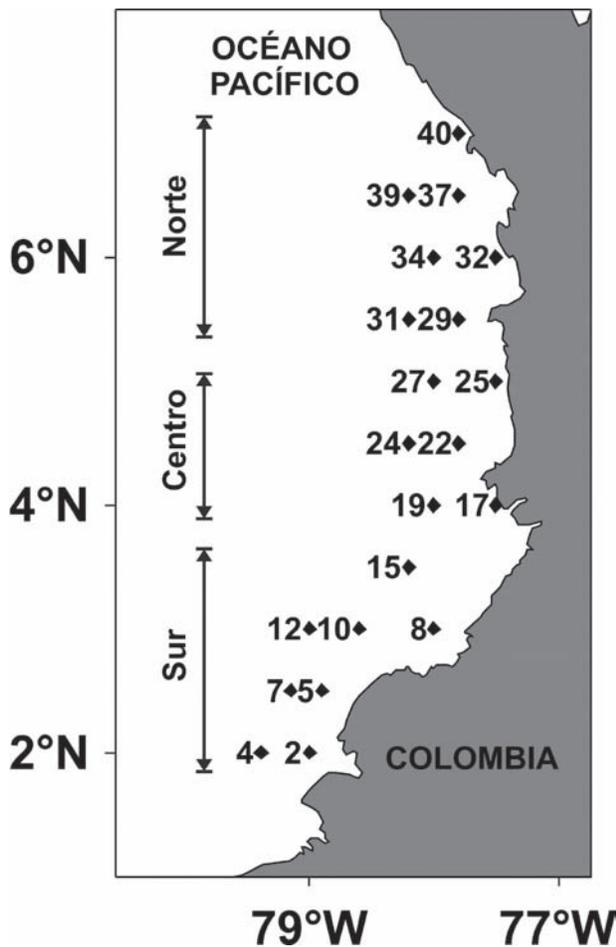


Figura 1. Estaciones biológicas en la corriente de Colombia, durante marzo de 2006.

Las muestras colectadas fueron conservadas en formol buferizado al 10% y transportadas al laboratorio de Ecología Animal en la Universidad del Valle, donde se realizó la identificación y conteo de los organismos, considerando grandes grupos taxonómicos. Para este propósito se utilizó un microscopio estereoscópico y las guías de

identificación de zooplancton de Newell y Newell (1963), Smith (1977), Boltovskoy (1999) y Young (2002). Se estimó la biomasa seca ($\text{mg } 100\text{m}^{-3}$) a partir de $\frac{1}{4}$ de la muestra total, después de ser secada a 110 °C por 12 h. El peso se estimó en una por triplicado con una balanza analítica con precisión de 0.0001 g. Todos los recuentos de individuos para cada grupo taxonómico fueron estandarizados por el volumen de agua filtrado (ind m^{-3})

Se registraron datos de temperatura y salinidad con una sonda perfiladora multiparamétrica. Las concentraciones de oxígeno disuelto y clorofila-*a* se estimaron a partir de muestras discretas de agua obtenidas con botellas Niskin a profundidades estándar. Se empleó el método de titulación de Winkler para cuantificar la concentración de oxígeno disuelto, y el método espectrofotométrico estándar a partir de extracción con acetona al 90% para cuantificar la concentración de clorofila-*a*. Todos los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Química Marina del CCCP.

Se analizó gráficamente la dispersión espacial de la abundancia y biomasa para la totalidad de la comunidad zooplactónica así como para los grupos más abundantes y para la distribución superficial de la temperatura, salinidad, clorofila-*a* y oxígeno disuelto. Con el propósito de comparar la distribución de la abundancia, biomasa y los parámetros oceanográficos entre la zona norte (8° 30' a 6° 00'), centro (5° 00' a 4° 00') y sur (3° 30' a 2° 00') del área de estudio se utilizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis, y se analizó el grado de asociación entre abundancia total y biomasa con los parámetros fisicoquímicos y clorofila-*a*, utilizando el índice de correlación de Spearman.

RESULTADOS

Se identificaron 28 grupos taxonómicos funcionales en el zooplancton de la corriente de Colombia durante marzo 2006 (Tabla II). Se destacaron por su abundancia relativa, integrantes del holoplancton como salpas y doliólidos, que representaron el 49% del total de los organismos zooplanctónicos, seguidos por los copépodos con el 31% y los quetognatos con el 8%; los cuales constituyeron el 58% del total de grupos registrados. Además se registraron cladóceros, anfípodos, poliquetos, braquiuros (zoeas) e hidrozooos, los cuales en conjunto representaron el 8% de los organismos

Tabla I. Posición geográfica de las estaciones de la corriente de Colombia, durante marzo de 2006.

Estación	Latitud	Longitud	Estación	Latitud	Longitud
CC01	2° 00' 00" N	78° 45' 00" W	CC22	4° 30' 00" N	77° 45' 00" W
CC02	2° 00' 00" N	79° 00' 00" W	CC23	4° 30' 00" N	78° 00' 00" W
CC03	2° 00' 00" N	79° 15' 00" W	CC24	4° 30' 00" N	78° 15' 00" W
CC04	2° 00' 00" N	79° 30' 00" W	CC25	5° 00' 00" N	77° 30' 00" W
CC05	2° 30' 00" N	78° 45' 00" W	CC26	5° 00' 00" N	77° 45' 00" W
CC06	2° 30' 00" N	79° 00' 00" W	CC27	5° 00' 00" N	78° 00' 00" W
CC07	2° 30' 00" N	79° 15' 00" W	CC28	5° 00' 00" N	78° 15' 00" W
CC08	3° 00' 00" N	78° 00' 00" W	CC29	5° 30' 00" N	77° 45' 00" W
CC09	3° 00' 00" N	78° 15' 00" W	CC30	5° 30' 00" N	78° 00' 00" W
CC10	3° 00' 00" N	78° 30' 00" W	CC31	5° 30' 00" N	78° 15' 00" W
CC11	3° 00' 00" N	78° 45' 00" W	CC32	6° 00' 00" N	77° 30' 00" W
CC12	3° 00' 00" N	79° 00' 00" W	CC33	6° 00' 00" N	77° 45' 00" W
CC13	4° 00' 00" N	77° 30' 00" W	CC34	6° 00' 00" N	78° 00' 00" W
CC14	4° 00' 00" N	77° 45' 00" W	CC35	6° 00' 00" N	78° 15' 00" W
CC15	4° 00' 00" N	78° 00' 00" W	CC36	6° 30' 00" N	77° 30' 00" W
CC16	4° 00' 00" N	78° 15' 00" W	CC37	6° 30' 00" N	77° 45' 00" W
CC17	4° 30' 00" N	77° 30' 00" W	CC38	6° 30' 00" N	78° 00' 00" W
CC18	4° 30' 00" N	77° 45' 00" W	CC39	6° 30' 00" N	78° 15' 00" W
CC19	4° 30' 00" N	78° 00' 00" W	CC40	7° 00' 00" N	77° 45' 00" W
CC20	4° 30' 00" N	78° 15' 00" W	CC41	7° 00' 00" N	78° 00' 00" W
CC21	4° 30' 00" N	77° 30' 00" W	CC42	7° 00' 00" N	78° 15' 00" W



Figura 2. Proceso de muestreo de zooplancton. A. Plataforma oceanográfica en maniobra de descenso de redes. B. Red bongo. C. Muestra de zooplancton durante marzo de 2006 (Fotografías: S1 Oscar Fajardo)

más abundantes (Fig. 3). Adicionalmente, otros 20 grupos conformaron el 4% restante de la comunidad zooplanctónica en la zona de estudio (Fig. 4)

Los mayores registros de abundancia zooplanctónica se relacionaron con estaciones

costeras del sector norte del área de estudio (E40 y E37), aunque un registro alto de abundancia de organismos también se realizó en la E12, localizada en el sector sur (Fig. 5, Fig. 6, Tabla II). Las salpas y doliólidos fueron muy abundantes en más del



Figura 3. Organismos zooplanctónicos más abundantes en la corriente de Colombia durante marzo de 2006.

las estaciones, los copépodos fueron abundantes en el 50% de las estaciones, mientras que los quetognatos fueron abundantes en el 14% de las estaciones.

La biomasa del zooplancton se encontró entre

3.75 y 6.98 gm^{-3} , con un valor medio de $5.49 \pm 0.88\text{gm}^{-3}$. La mayor biomasa se registró en la zona sur (E4) (Fig. 5). Es importante mencionar que el 52.4% de las muestras tuvieron registros de biomasa superiores a 5.00gm^{-3} . No se encontró una asociación

significativa entre la biomasa y la abundancia en la corriente Colombia (Spearman $r_s=0.29$). En este mismo sentido, tampoco se detectaron diferencias significativas para la abundancia (Kruskal-Wallis $H = 0.30$ $p=0.86$) o biomasa (Kruskal-Wallis $H= 4.90$ $p=0,08$) entre las zonas norte, centro y sur del área de estudio.

La TSM promedio durante marzo de 2006 fue de 25.67 ± 0.96 °C, con registros entre 26.90 °C (en la zona central - E25) y 24.0 °C (en la zona sur - E15). En términos generales, se detectó una disminución progresiva de temperatura desde la zona norte hacia la zona sur, con un incremento desde la línea de costa hacia el océano (Fig. 7)

La salinidad superficial promedio fue de 30.14 ± 2.24 , registrándose el mayor valor

en la zona oceánica central (E24) y los menores valores en las estaciones costeras cercanas a las desembocaduras de ríos (Fig. 7). En general, la distribución espacial de la salinidad en la zona de estudio fue homogénea, detectándose un gradiente de incremento salino desde la línea de costa hacia mar afuera. La concentración de oxígeno disuelto (OD) superficial varió entre 1.7 y 5.9 mg l⁻¹, siendo registrado el mayor valor en la zona sur (E15) y el menor valor en la zona centro (E25), con una distribución espacial homogénea (Fig. 7). Se detectó un núcleo de alta concentración de clorofila-*a* en la zona norte (E34 - E39), con valores superiores a 1.33 mg Chlo-*a* m⁻³ (Fig. 7). No se detectaron asociaciones significativas entre los parámetros oceanográficos evaluados y la abundancia y biomasa

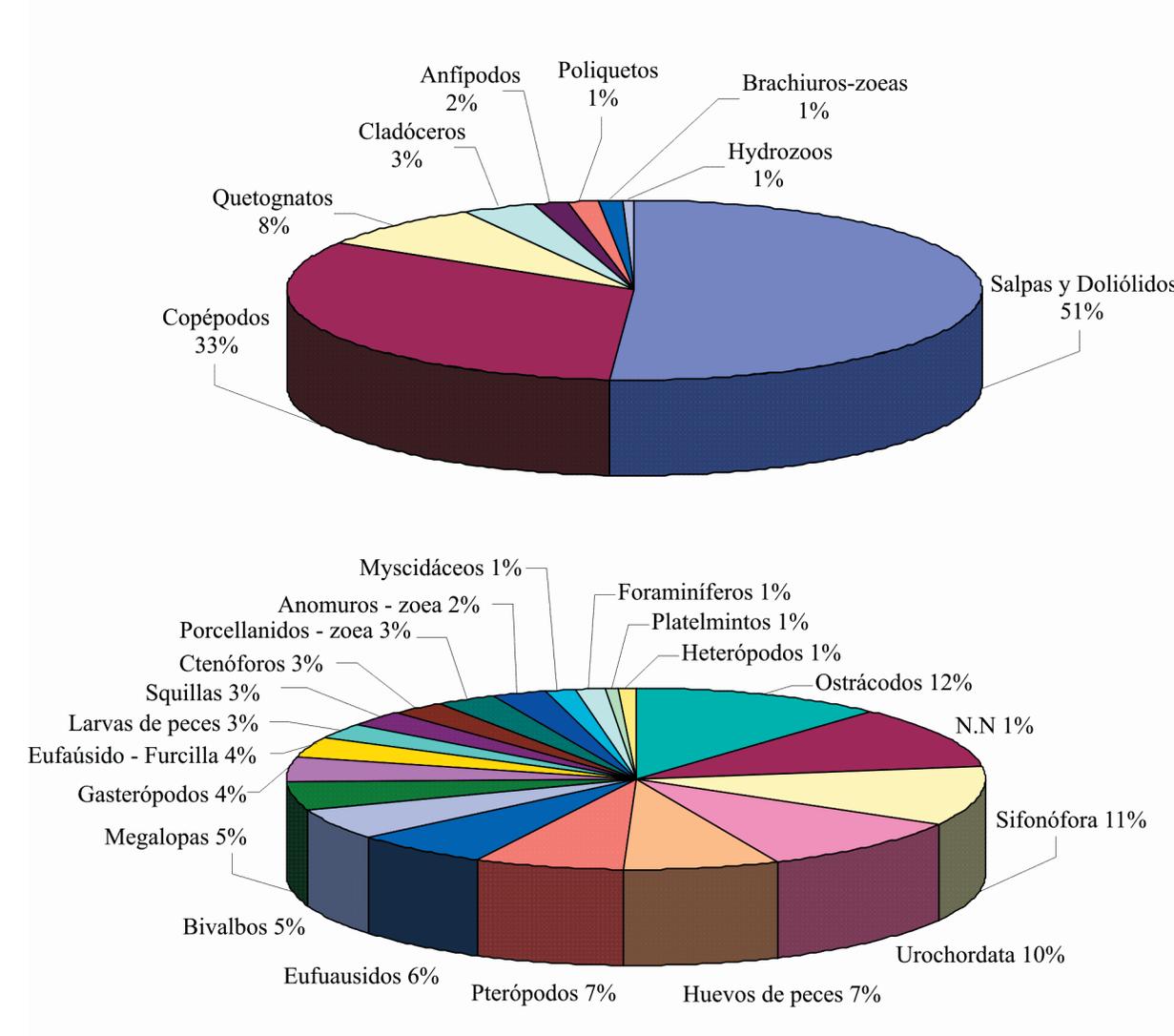


Figura 4. Composición de la comunidad zooplanctónica en la corriente de Colombia durante marzo 2006.

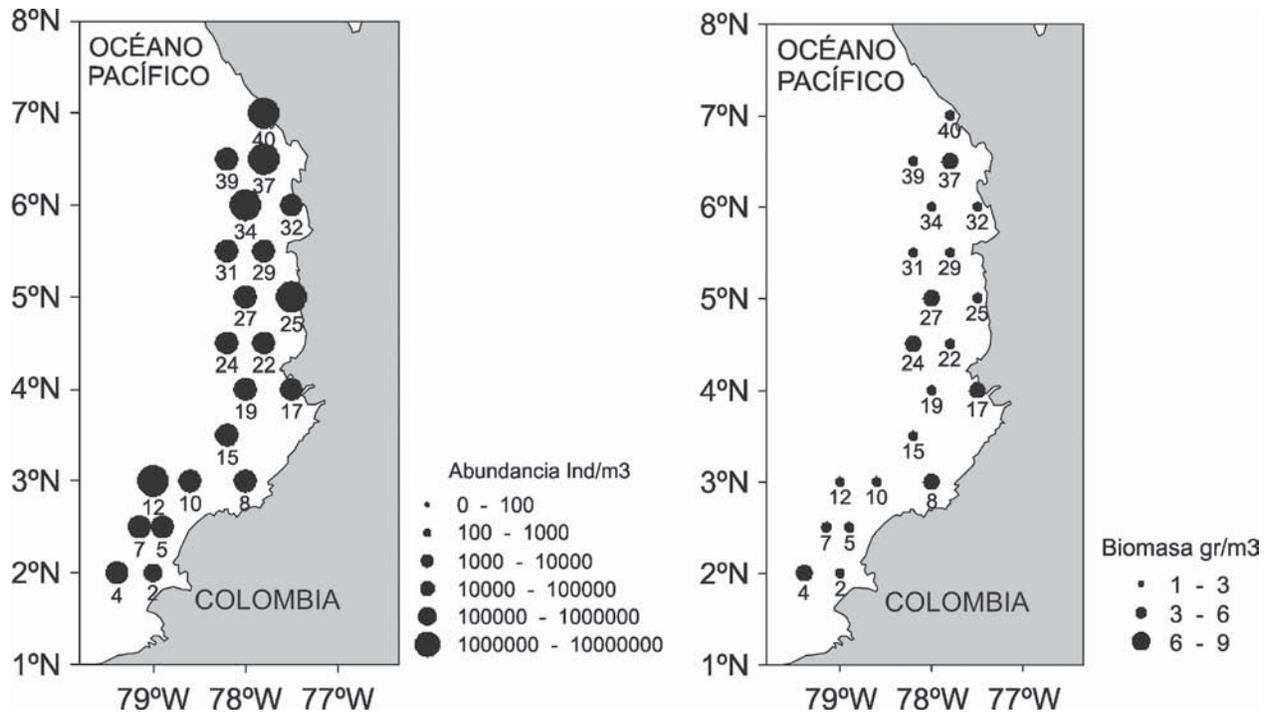


Figura 5. Distribución espacial de la abundancia (Ind m^{-3}) y biomasa de zooplancton ($\text{g } 100\text{m}^{-3}$) en la corriente de Colombia durante marzo de 2006.

del zooplancton en la corriente de Colombia durante marzo de 2006 (Tabla III)

DISCUSIÓN

La zona de estudio presentó una gran variedad de grupos taxonómicos funcionales (28 grupos). Aunque se esperaba que la comunidad zooplanctónica estuviera dominada en número por los copépodos, en este trabajo se registró un evento particular, ya que fueron los tunicados pelágicos holoplanctónicos (salpas y doliólidos) los que presentaron una mayor

abundancia, representando el 49% del total del zooplancton presente en el área de estudio durante marzo 2006. Este registro de abundancia puede ser explicado a partir del análisis de las condiciones del medio. En este sentido, Nakata y Hidaka (2003) reportan que las tendencias de altos valores de biomasa zooplanctónica responden a variables climáticas locales. Lo cual indica que para marzo de 2006 los tunicados planctónicos responden a las características físico-químicas del sistema costero del Pacífico colombiano. Asimismo, este suceso pudo ocurrir debido a que su ciclo ontogénico les permite

Tabla III. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables zooplanctónicas y las variables oceanográficas evaluadas en la Corriente Colombia durante marzo de 2006.

Variable	Spearman r_s	
	Abundancia	Biomasa
Temperatura	0.1177	-0.2556
Salinidad	-0.2367	0.3107
Oxígeno Disuelto	-0.3013	0.0220
Clorofila- <i>a</i>	0.0216	-0.0276

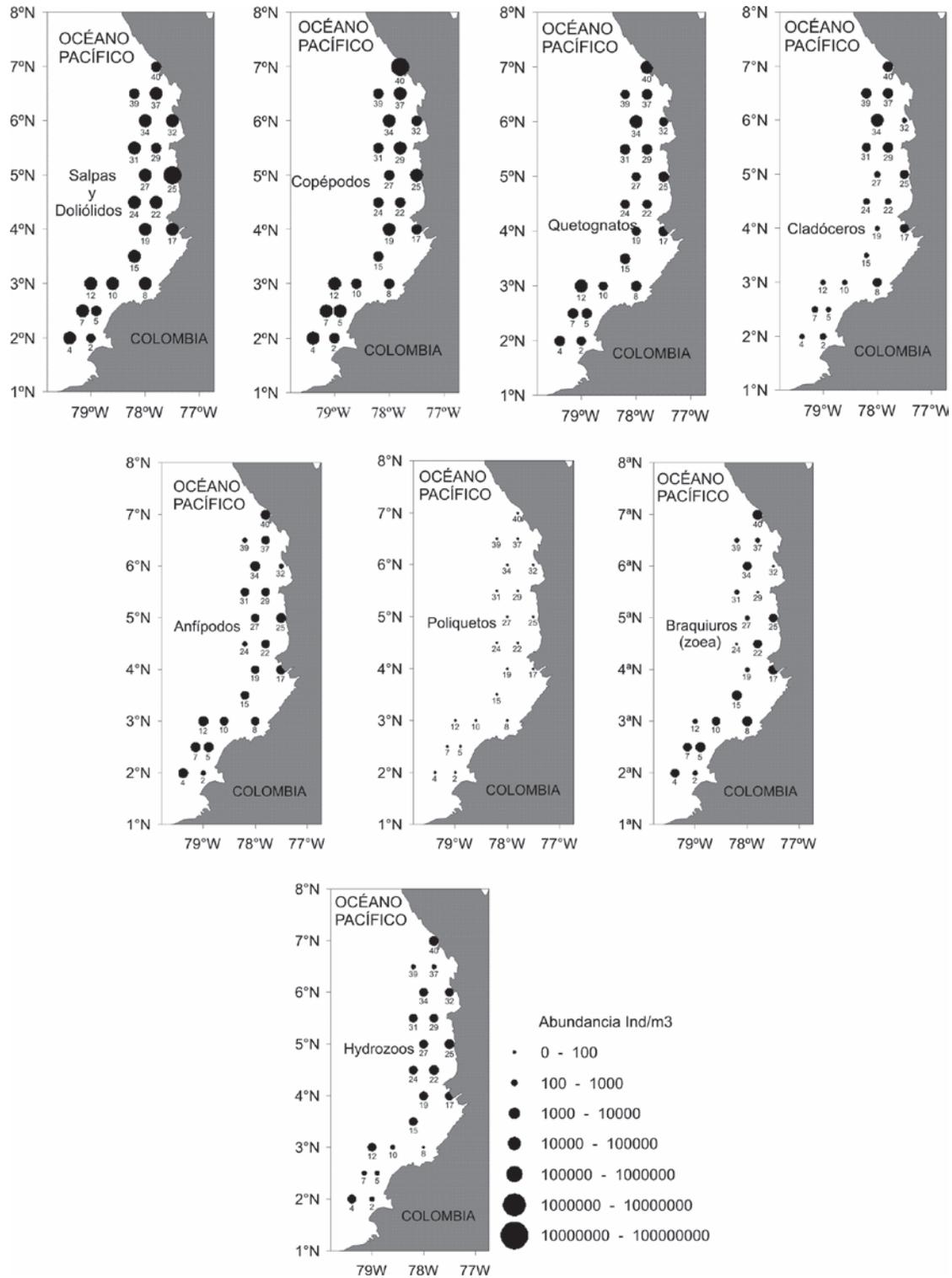


Figura 6. Distribución espacial de los grupos taxonómicos más abundantes (ind m^{-3}) en la corriente de Colombia durante marzo de 2006.

Tabla II. Abundancia (ind m⁻³) de grupos zooplancónicos colectados en las estaciones biológicas de la corriente de Colombia en marzo de 2006.

Abundancia Ind/m ³	2	4	5	7	8	10	12	13	15	17	19	22	24	25	27	29	31	32	34	37	39	40	Ind/ Taxa
Copépodos	219	1589	2461	1386	863	411	1826	877	782	1045	616	158	1156	147	1647	821	262	8118	1792	854	14334	41364	
Anfípodos	5	179	137	366	33	35	125	43	189	22	85	4	138	60	39	25	5	404	68	7	161	2128	
Quetognatos	15	114	172	444	131	45	5214	197	159	86	81	32	119	68	165	143	56	1886	201	93	1049	10470	
Salpas y Doliólidos	28	1412	498	2117	6026	1132	7954	2778	2572	1668	2311	3736	11635	3153	846	3565	1585	3003	8112	143	386	64660	
Ciadóceros	1	4	4	0	52	2	3	2	98	5	0	0	54	0	303	17	5	2402	302	308	686	4246	
Ostrácodos	2	96	21	67	137	5	23	2	1	12	23	4	20	7	45	15	10	98	35	6	0	629	
Foraminíferos	0	0	0	3	13	2	3	3	0	3	26	3	0	0	1	7	0	10	0	1	0	75	
Poliquetos	5	44	249	145	314	29	55	33	66	47	54	3	69	9	92	41	18	153	61	7	207	1701	
Heterópodos	0	0	0	0	0	0	14	3	1	3	4	3	0	1	1	2	0	0	0	0	0	6	39
Platelimitos	0	0	0	0	39	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	42
Bivalvos	1	8	18	14	39	0	3	5	17	8	0	0	49	0	6	5	10	0	42	0	69	295	
Gasterópodos	0	4	21	14	13	8	3	3	18	10	8	3	25	0	3	5	3	15	16	1	58	230	
Pterópodos	3	10	28	31	59	15	35	7	11	17	11	4	10	2	7	7	0	5	28	4	86	380	
Mistáceos	0	0	7	6	33	0	3	3	1	0	0	0	0	0	2	2	0	10	5	0	6	77	
Eufausídeos (Furcilla)	2	15	18	36	13	8	12	9	31	0	2	1	20	5	6	5	0	15	5	1	0	202	
Eufausídeos	0	0	18	0	0	0	9	21	20	15	9	4	10	7	11	7	0	153	42	0	17	343	
Estomatópodos	0	4	7	14	0	0	12	9	13	3	6	3	0	4	1	3	13	30	5	4	17	146	
Megalopas	1	8	14	20	33	3	3	7	0	0	4	4	20	7	11	3	0	94	14	0	35	280	
Brachiuros (zoeas)	4	25	348	25	242	12	6	108	241	8	15	0	25	4	0	3	0	20	7	3	144	1240	
Anomuros (zoeas)	1	6	39	8	65	11	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	134	
Porcelánidos (zoeas)	0	0	4	0	39	3	9	14	14	3	0	0	10	3	0	0	0	5	5	0	29	137	
Hydrizos	3	37	4	6	0	2	12	12	15	95	150	19	173	24	17	15	20	39	7	1	133	783	
Sifonóforos	3	98	25	53	7	2	49	34	17	73	43	9	84	11	9	7	10	30	2	3	12	578	
Ctenóforos	0	8	0	3	7	65	6	19	0	3	11	0	0	0	0	7	0	0	5	1	12	146	
Urocordos	10	60	18	61	7	56	64	0	31	5	6	6	10	5	3	28	0	69	14	3	86	541	
Bryozoos	1	0	0	0	0	0	0	15	1	2	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	26
Huevo Pez	2	21	74	56	39	9	20	9	6	20	30	4	10	11	19	0	13	34	2	0	6	384	
Larva Pez	1	0	11	14	7	8	20	3	10	5	0	1	10	2	1	38	8	10	0	0	0	148	
NN	118	15	11	0	0	0	52	0	3	15	3	0	1	5	1	2	2	0	30	12	0	329	598

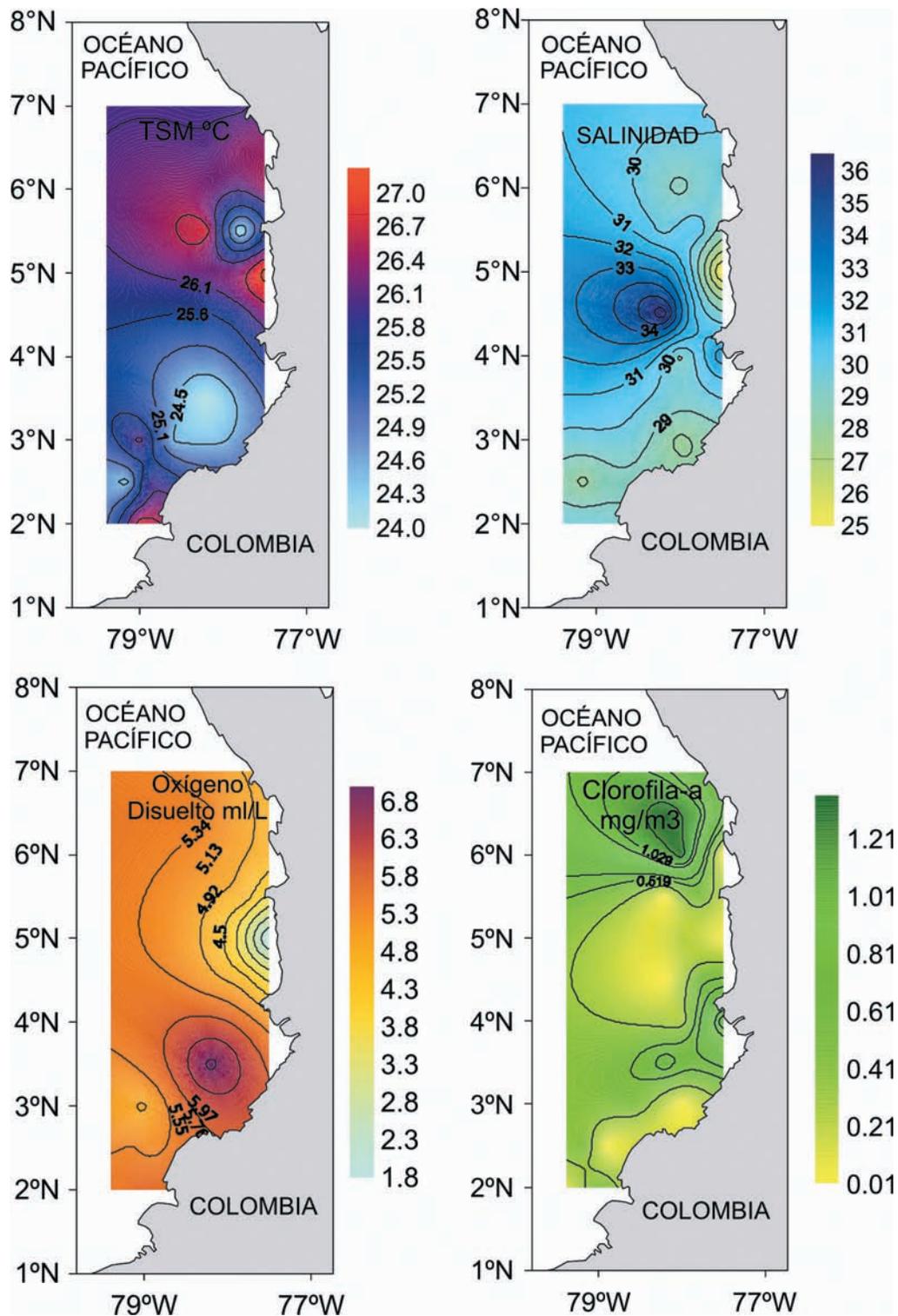


Figura 7. Variación espacial de los los parámetros oceanográficos evaluados en la corriente de Colombia durante marzo de 2006.

alcanzar un rápido incremento de población, en respuesta a los repentinos e impredecibles incrementos en el suplemento alimentario (Esnal y Daponte, 1999) y poseen estructuras mucosas con las cuales resulta más eficiente la recolección de alimento.

En este estudio los copépodos conformaron el 31% del total del zooplancton. Este grupo taxonómico, preferentemente herbívoro, es considerado como el consumidor primario más numeroso en todos los océanos y mares, llegando a representar más del 80% del total de organismos del plancton (Hulseman, 1996). Estudios realizados en la cuenca Pacífica colombiana (CPC) por Giraldo y Gutiérrez (2007) y Murcia (2006) en septiembre de 2003 y septiembre de 2004, respectivamente, encontraron que las mayores abundancias de la comunidad zooplanctónica fueron registradas por copépodos, constituyendo más del 50% del total de la comunidad zooplanctónica. También destaca la presencia de organismos carnívoros como quetognatos ($10.470 \text{ ind m}^{-3}$), que constituyeron el 8% del total de la comunidad zooplanctónica. Estos animales son activos predadores y su dieta está conformada por copépodos y otros organismos que hacen parte del zooplancton (Casanova, 1999). En términos generales, se puede asumir que el patrón espacial de distribución de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos del zooplancton, como cladóceros, anfípodos, poliquetos, braquiuros (zoeas) y medusas, entre otros, están estrechamente relacionados con dos elementos: el patrón local de circulación y la disponibilidad de recurso alimentario (Brodeur *et ál.*, 1996; McGowan *et ál.*, 1998; Chiba y Shaino, 2003)

La biomasa se mantuvo estable en la zona de estudio a pesar de que las mayores abundancias se registraron para organismos gelatinosos, los cuales no tienen un aporte significativo en el peso seco del zooplancton (Omori e Ikeda, 1984). Los resultados de esta investigación son consistentes con lo reportado por Forsberg (1969), en el crucero ACENTO 4, y Mauna (1994), en el crucero PACÍFICO XX - ERFEN XVIII, campañas de muestreo que se realizaron a principio de año, en las que también registraron una dominancia inusual de organismos gelatinosos en el zooplancton, con altos registros de biomasa húmeda. Considerando que los reportes sobre la estructura de la comunidad zooplanctónica en el Pacífico colombiano realizados a partir de campañas oceanográficas adelantadas durante el

segundo semestre del año indican la dominancia de copépodos, representando más del 69% del total de la comunidad zooplanctónica (Murcia, 2006; Giraldo y Gutiérrez, 2007), los resultados de la presente investigación sugieren un importante cambio en la estructura de la comunidad zooplanctónica en ciclos anuales.

De otro lado, ha sido ampliamente reportada una relación positiva o negativa entre la biomasa del plancton y las condiciones climáticas en diferentes escalas espaciales (Brodeur *et ál.*, 1996; McFarlane *et ál.*, 1992; McGowan *et ál.*, 1998); sin embargo, estas relaciones generalmente no reflejan interacciones causa-efecto o no permiten explicar adecuadamente las respuestas biológicas del ecosistema (Karl *et ál.*, 2001). De acuerdo con Omori e Ikeda (1984), la biomasa brinda una mejor información sobre la proporción de la comunidad que está ligada al tamaño de los organismos. Sin embargo, en este estudio la biomasa estuvo modulada principalmente por el número de individuos, más que por su tamaño. Por lo tanto, el estudio de grupos funcionales, más que el análisis de la variabilidad de biomasa, puede aportar un mejor entendimiento de la dinámica general de un sistema en particular (Mackas y Kang, 2001; Venrick, 1993), como podría ser el caso en sistema de la corriente Colombia.

La termoclina durante el período de estudio se ubicó a 10m de profundidad con valores de temperatura de $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$. De acuerdo con Tchanstev y Cabrera (1998) y Rodríguez-Rubio *et ál.* (2003), este tipo de agua provendría de la pluma fría de afloramiento de la cuenca de Panamá, la cual se desarrolla por influencia del chorro de viento que entra a esta región a través del istmo de Panamá. En este mismo sentido, la dinámica espacial de la salinidad superficial en la zona de estudio estaría modulada principalmente por la precipitación local y el aporte de los ríos que desemboca por la vertiente Pacífica de la cordillera de Los Andes, cuyo aporte anual es de $254 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$ (Restrepo, 2003). De tal manera que es de esperar que la salinidad sea menor en la zona costera y disminuya aún más cuando se incrementa la precipitación, al aumentar el caudal de los ríos. Sin embargo, la variabilidad zonal detectada para la salinidad (mayor en la zona norte que en la zona sur) parece estar relacionada con la presencia de la corriente de Colombia, la cual transportaría agua con mayor salinidad hacia el norte del Pacífico colombiano (Fig. 6). Esta condición

fue correlacionada por Prahl *et ál.* (1990) con la dinámica sedimentaria costera.

La presencia de un núcleo deficitario de OD en la zona central de la corriente Colombia (Fig. 7) parece estar relacionado con el aporte de materia orgánica al ambiente pelágico costero por la descarga de los ríos San Juan y Baudó (Restrepo y Kjerfve, 2000), debido a que el proceso de descomposición de este material estaría demandando una alta cantidad de OD (Kristensen *et ál.*, 1995). De otro lado, el núcleo de alta concentración de biomasa fitoplanctónica, representada en este trabajo por la concentración de clorofila-*a*, que fue detectado en la zona sur de la corriente Colombia estaría relacionado con el ingreso de nuevos nutrientes al sistema pelágico costero a través de los ríos Mira, Patía y Sanquianga, cuencas fluviales que presentan un alta actividad agrícola (Restrepo y Kjerfve, 2000). Este tipo de relación ha sido ampliamente estudiada en los ambientes marinos costeros (Mann, 2000)

Por su parte, Levinton (2001) concluye que uno de los principales factores que controla la abundancia del zooplancton y en general del plancton es el movimiento de las aguas, modificando los radios numéricos dentro los diferentes componentes del sistema planctónico, así como la biomasa y la producción en los diferentes eslabones de la cadena trófica. Por esta razón, el patrón regional de circulación oceánica cumple un papel determinante en la distribución espacial de los organismos zooplanctónicos. Considerando el análisis de circulación geostrofica desarrollado por Rodríguez-Rubio *et ál.* (2007) para marzo de 2006 en la zona de estudio, la corriente Colombia se caracterizó por presentar una dirección predominante nor-noroeste, alta homogeneidad en la zona profunda (200m, 0.1 a 0.3 m s⁻¹), incremento significativo de velocidad superficial en el sector sur (0.5 a 1.8 m s⁻¹) y el desarrollo de una celda anticiclónica en el sector de isla Gorgona. Este comportamiento concuerda con el patrón de circulación a mesoescala descrito para la cuenca de Panamá por Rodríguez-Rubio *et ál.* (2003), quienes identifican dos tipos de circulación en esta zona: el primero de enero a marzo, dominado por la presencia del chorro de viento de Panamá, y el segundo de mayo a noviembre, modulado por la intensificación de los Alisios del sur y la migración de la ZCIT.

La presencia de la corriente Colombia en la zona costera del Pacífico colombiano tiene un importante significado para las características hidrográficas de esta región, lo cual puede ser determinante para

definir la composición y estructura de la biota marina que se sustenta a lo largo de ella. En este estudio se presenta evidencia biológica significativa que sugiere que la corriente Colombia es una entidad oceanográfica con características y condiciones homogéneas, por lo menos durante marzo 2006.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan especial reconocimiento a la DIMAR y al CCCP por la invitación extendida a la Universidad del Valle para participar en la campaña oceanográfica PACÍFICO XLII-ERFEN XLI.

Agradecen además a la Armada Nacional de Colombia, especialmente al Comandante del buque oceanográfico ARC Malpelo, Capitán de Fragata Mauricio Caipa y a su tripulación por el apoyo proporcionado para la realización exitosa de este muestreo.

Manifiestan su gratitud al Departamento de Biología de la Universidad del Valle, al Grupo de Investigación en Ecología Animal y al Laboratorio de Química Marina del CCCP por el apoyo para los análisis de las muestras biológicas y químicas requeridos.

Hacen, además un reconocimiento personal al Capitán de Corbeta Javier Roberto Ortiz Galvis y a los técnicos navales M1 Juan Gabriel Rueda Bayona, S2 Diego Fernando Guerrero Zorrilla, S2 Oscar Javier Fajardo Espinosa, M1 Anderson Lemus y al M1 Carlos Ruíz, por su colaboración durante la fase de campo del presente estudio.

Este trabajo fue financiado parcialmente por la Universidad del Valle (proyecto de investigación Respuesta Local de la Comunidad Zooplanctónica del Sistema Pelágico del Pacífico Colombiano a Forzantes de Gran Escala, CI 7709) y la DIMAR - CCCP (proyecto de investigación Caracterización Físico-Química de la Corriente Colombia, a cargo del PhD. E. Rodríguez-Rubio)

LITERATURA CITADA

Angel, M. V. 1989. Does mesopelagic biology affect the vertical flux?. *En:* Berger, W. H., V. S. Smetacek & G. Wefer (Eds). Productivity of the ocean: present and past. John Wiley & Sons. New York, pp. 155-174.

- Brodeur, R. D., B. W. Frost, S. R. Hare, R. C. Francis y W. J. Jr. Ingraham. 1996. Interannual variations in zooplankton biomass in the Gulf of Alaska and covariation with California Current zooplankton biomass. *CalCOFI Report*, (37): 80-99.
- Casanova, J. P. 1999. Chaetognatha. En: Boltovskoy, D. (Ed). *South Atlantic zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden, 1353-1375 pp.
- Chiba, S. y T. Shaino. 2003. Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea (1991-1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability. *Progress Oceanography* (57): 317-339
- Esnal, G., y M. C. Daponte. 1999. Doliolida y Salpida. En: Boltovskoy, D. (Ed). *South Atlantic zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1409 - 1444.
- Forsberg, E. D. 1969. On the climatology, oceanography and fisheries of the Panama Bight. *Bull. Inter.- Am Trop Tuna Comm*, 14 (2): 49-365.
- Gasca, R., L. Segura y E. Suárez. 1996. El zooplancton marino. En: Gasca, R. & E. Suárez (Eds). *Introducción al estudio del zooplancton marino*. ECOSUR-CONACYT. México, pp. 1-36.
- Giraldo, A., D. G. Ramírez y M. Murcia. 2005. Producción primaria, biomasa fitoplanctónica y composición taxonómica del fitoplancton y zooplancton del Pacífico colombiano: una aproximación holística a la base del sistema pelágico. *Universidad del Valle, Facultad de Ciencias*. Cali, Colombia, 29 pp.
- Giraldo, A. y E. Gutiérrez. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Investigaciones Marinas*, 35.
- Hulsemann, K. 1996. Copepoda. En: Gasca, R. & E. Suárez (Eds). *Introducción al estudio del zooplancton marino*. ECOSUR-CONACYT. México, pp. 249 - 342.
- Karl, D. M., R. R. Bidigare y R. M. Letelier. 2001. Long-term changes in plankton community structure and productivity in the North Pacific subtropical gyre: the domain shift hypothesis. *Deep-Sea Research*, (48): 1449-1470.
- Kristensen, E., I. A. Saiyed y A. H. Allan. 1995. Aerobic and anaerobic decomposition of organic matter in marine sediment: which is fastest?. *Limnol. Oceanogr.* 40 (8): 1430-1437.
- Levinton, J. S. 2001. *Marine Biology. Function, Biodiversity, Ecology*. Second Edition. Oxford University Press, 514 pp.
- Mackas, D. L. y Y. S. Kang. 2001. Breakout Group 2: phytoplankton, zooplankton, micronekton and benthos. *PICES Scientific Report*, (18): 31-35.
- Mann, K. H. 2000. *Ecology of coastal waters: with implication for management*. 2nd ed. Blackwell Sciences. USA, 406 pp.
- Mann, K. H. y J. R. N. Lazier. 1996. *Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans*, 2nd ed. Boston, Blackwell Science, 394 pp.
- Manua, J. E. 1994. Distribución de tunicados planctónicos y quetognatos en el Pacífico colombiano: relación con el fenómeno El Niño 1991-1992. Cali, 59 pp. Trabajo de grado (Biología Marina) Universidad del Valle.
- McFarlane, G. A. y R. J. Beamish. 1992. Climatic influence linking copepod production with strong year-classes in Sablefish, *Anoplopoma fimbria*. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, (49): 743-753.
- McGowan, J. A., D. R. Cayán y L. M. Dorman. 1998. Climate-ocean variability and ecosystem response in the Northeast Pacific. *Science*, (281): 210-217.
- Martínez-Aguilar, T. I., A. Giraldo y E. Rodríguez-Rubio. 2007. Estructura comunitaria del mesozooplancton en la Corriente de Colombia, Pacífico colombiano durante marzo de 2006. *Livro de Resumos. Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Florianópolis - Brasil*, 37 pp.
- Mullin, M.M. 1993. Webs and scales: physical and ecological processes in marine fish recruitment.

- Washington Sea Grant. University of Washington Press, 135 pp.
- Murcia, R. M. 2006. Estudio del impacto alimentario del zooplancton herbívoro y la estructura de la comunidad mesozooplancónica en el Pacífico colombiano durante septiembre - octubre de 2004. Cali, 245 pp. Trabajo de grado (Biología Marina), Universidad del Valle.
- Nakata, K. y K. Hidaka. 2003. Decadal scale variability in the Kuroshio marine ecosystem in winter. *Fisheries oceanography*. 12 (4/5): 234 - 244.
- Newell, G. E y R. C. Newell. 1963. *Marine Plankton a practical guide*. Hutchinson. London. USA, 207 pp.
- Omori, M. y T. Ikeda. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. J. Wiley & Sons, New York, 332 pp.
- Parsons, R., M. Takahashi y B. Musgrave. 1984. *Biological Oceanographic processes*. 3ª ed. Pergamon Press, Great Britain, 330 pp.
- Prahl, H., J. R. Cantera y R. Contreras. 1990. *Manglares y hombres Pacífico colombiano*. Editorial Presencia. Cali, Colombia, 184 pp.
- Ramírez, D. y A. Giraldo. 2006. Estructura comunitaria del fitoplancton de la cuenca del océano Pacífico colombiano durante la campaña oceanográfica Pacífico XXXIX - ERFEN XXXVII. *Boletín Científico CCCP*, (13): 65-84.
- Ramírez, D., A. Giraldo y J. Tovar. 2006. Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004). *Investigaciones Marinas*. 34 (2): 211-216.
- Restrepo, J. D. 2003. Hydrochemical aspects of major Pacific and Caribbean rivers of Colombia. *Geophy. Res. Abst.*, (5): 14511.
- Restrepo, J. D. y B. Kjerfve. 2000. Water Discharge and Sediment Load from the Western Slopes of the Colombian Andes with Focus on Rio San Juan. *The Journal of Geology*, (108): 17-33
- Rodríguez-Rubio, E., W. Schneider y R. Abarca del Río. 2003. On the seasonal circulation within Panama Bight derived from satellite observations of winds, altimetry and sea surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 30 (7): 1410-1413.
- Rodríguez-Rubio, E., M. Bastidas, D. Guerrero y J. Rueda-Bayona. 2007. Características oceanográficas de la corriente costera en el océano Pacífico colombiano. En: XII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 15-19 abril de 2007. Florianópolis, Brasil. Associação Latino-Americana dos Investigadores de Ciências do Mar - ALICMAR, Associação Brasileira de Oceanografia AOCENAO.
- Shank, A. 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. En: McEDWARD. L. (Ed). *Ecology of marine invertebrate larvae*. CRC Press, Boca Ratón, Fl. pp. 323-368.
- Smith, D. L. 1977. *A guide for Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae*. Kendall/Hunt, California, USA, 161 pp.
- Venrick, E. L. 1993. Phytoplankton seasonality in the central North Pacific: the endless summer reconsidered. *Limnol. Oceanogr.*, (38): 1135-1149.
- Wefer, G. 1989. Particle flux in the ocean: effects of episodic production. En: Berger, W. H., V. S. Smetacek & G. Wefer (Eds). *Productivity of the ocean: present and past*. John Wiley & Sons. New York, pp. 139-154.
- Young, M. C. (ed). 2002. *Atlas of Marine invertebrate larvae*. Academic Press. España, Barcelona, 62 pp.