

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE DIATOMEAS DEL GÉNERO *PSEUDO-NITZSCHIA* EN CONDICIÓN DE EL NIÑO 2007 SOBRE LA CUENCA PACÍFICA COLOMBIANA*

Ana María Galeano Chavarría y Edgar Arteaga Sogamoso

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, sede Pacífico, A.A. 6713 N 36, Parque Científico Agronatura CIAT, Cali, Colombia. ana_galeano@invemar.org.co (A.M.G.); earteaga@invemar.org.co (E.A.S.)

RESUMEN

Se describe la distribución espacial y abundancia de diatomeas pertenecientes al género *Pseudo-nitzschia* en la cuenca pacífica colombiana (CPC) durante la campaña oceanográfica PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII, evaluando su comportamiento frente a las variables de temperatura y salinidad. Se realizaron muestreos de fitoplancton (con botellas Niskin de 5 L) a dos profundidades (superficial y 50 m) en 25 estaciones. Se observó que en superficie se registraron las mayores abundancias del género distribuyéndose especialmente en la zona intermedia de la CPC. Este patrón de distribución coincidió con valores bajos de temperatura y altos en salinidad. Debido a lo anterior, se encontraron diferencias significativas en la abundancia de *Pseudo-nitzschia* entre las dos profundidades de estudio (Mann-Whitney test, $p=0.001$). Se estableció una relación directa entre la salinidad y la abundancia del género ($r=0.50$; $p=0.01$), indicando la afinidad de estas algas por ambientes con altas salinidades, mientras que la temperatura mostró un comportamiento inverso con la abundancia ($r=-0.42$; $p=0.043$). Aunque los valores de correlación no son muy altos, la distribución espacial de variables bióticas y abióticas, sugieren la influencia de la salinidad y temperatura en la abundancia y distribución de *Pseudo-nitzschia*.

PALABRAS CLAVE: Pacífico colombiano, *Pseudo-nitzschia*, Distribución, Abundancia, Evento El Niño.

ABSTRACT

Distribution and abundance of diatoms of the genus *Pseudo-nitzschia* in El Niño conditions in 2007 in the Colombian Pacific Basin. The spatial distribution and abundance of diatoms belonging to the genus *Pseudo-nitzschia* in the Colombian Pacific Basin (CPB) during PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII oceanographic survey is described, whereas its relation to temperature and salinity was tested. Samplings of phytoplankton (Niskin bottles 5 L) at two depths (surface and 50 m deep) were carried out in 25 stations. The highest abundances of *Pseudo-nitzschia* were observed at surface, especially clustered in the intermediate CPB zone. This spatial pattern agreed with low temperature and

*Contribución No. 1046 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR.

high salinity values. Consistent with previous data, there were significant differences in the abundance of *Pseudo-nitzschia* between the two depths sampled (Mann-Whitney test, $p= 0.001$). A direct relationship between salinity and the genus abundance was set ($r= 0.50$; $p= 0.01$), indicating the affinity of these algae to environments with high salinities, whereas an inverse trend was showed with the temperature ($r= -0.42$; $p= 0.043$). Although the correlation values are not high, the spatial distribution of biotic and abiotic variables, suggest the influence of salinity and temperature on the abundance and distribution of *Pseudo-nitzschia*.

KEY WORDS: Colombian Pacific, *Pseudo-nitzschia*, Distribution, Abundance, El Niño.

INTRODUCCIÓN

El género *Pseudo-nitzschia* (Peragallo, H.) se halla representado por diatomeas pennadas cosmopolitas de hábitos planctónicos marinos que se encuentran distribuidas desde los trópicos hasta las regiones polares, así como en ambientes oceánicos y costeros (Hasle, 1995, 2002). Las características morfológicas más representativas de este género son: células alargadas, fusiformes, presentando el eje apical considerablemente mayor que los ejes perivalvar y transapical; formación de colonias con forma escalariforme resultante de la superposición de los extremos de las células contiguas; localización del rafe a nivel de la superficie valvar y ausencia de poroides en las paredes del canal (Ferrario *et al.*, 2002).

En los últimos años, este género ha adquirido gran interés desde que se ha observado que varios de sus representantes pueden ser causantes de floraciones nocivas o mareas rojas siendo tóxicos al producir ácido domoico (AD). Esta neurotoxina de tipo aminoácido origina el Síndrome Amnésico por Marisco o *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP) en organismos superiores como vertebrados y el hombre, debido al consumo de organismos filtradores como bivalvos y ciertos peces que tienden a acumular la toxina cuando se alimentan de estas algas (Reguera, 2002). El primer episodio de intoxicación asociado a este género se presentó en 1987 en la isla Príncipe Eduardo, Canadá, ocasionando intoxicación y muerte a varias personas (Bates *et al.*, 1989), así mismo, se destaca la presencia de AD producido por *Pseudo-nitzschia* spp. en países como España, Japón y Nueva Zelanda (Yasumoto *et al.*, 1996). Igualmente, en el cono suramericano y en Estados Unidos se han registrado proliferaciones tóxicas por parte de algunas especies de este género (Negri e Inza, 1998; Trainer *et al.*, 1998). En el Pacífico colombiano, hasta el momento no hay registros de un episodio de intoxicación o marea roja asociada a *Pseudo-nitzschia*.

En el presente trabajo se describe la distribución y abundancia del género *Pseudo-nitzschia* evaluando su relación con la temperatura y salinidad. Esto permitirá tener los primeros registros del comportamiento del género durante una condición El Niño en el Pacífico colombiano, sirviendo como base para la predicción de futuros eventos de floraciones. El seguimiento de estas algas y en general de todas aquellas productoras de toxinas, se constituye en una labor fundamental para el manejo de los recursos pesqueros y biológicos de la región. De acuerdo con Gómez-Aguirre *et al.* (2004), la importancia de *Pseudo-nitzschia* se ha resaltado en diversas conferencias mundiales sobre proliferaciones algales nocivas y es tema obligado en publicaciones realizadas sobre esta temática (Hallegraeff *et al.*, 1995; Reguera *et al.*, 1998; Sar *et al.*, 2002).

ÁREA DE ESTUDIO

La distribución espacial de *Pseudo-nitzschia* fue estudiada sobre la cuenca del Pacífico colombiano (CPC), entre los paralelos 01°30' hasta los 07°10' de latitud norte y entre los meridianos 77°40' y 82°00' de longitud oeste, donde se encuentra preestablecida una grilla de 25 estaciones para estudios biológicos (Figura 1) y de 44 para variables oceanográficas. Esto según el diseño de cruceros oceanográficos PACÍFICO-ERFEN realizados por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP). Se delimitaron tres zonas de muestreo: zona costera (estaciones a menos de 35 millas de la costa), zona intermedia (estaciones entre 35 y 210 millas de la costa) y zona oceánica (estaciones a más de 210 millas de la costa), ubicándose el área de estudio en parte del área conocida como Panamá Bight (Camacho y Pineda, 1999). Según CCCP (2002), la CPC presenta características especiales dentro del océano Pacífico por estar ubicada dentro de la región de bajas presiones atmosféricas conocida como Concavidad Ecuatorial, en la cual convergen los vientos Alisios de cada hemisferio para formar la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). El choque de masas de aire ascendentes con diferencias térmicas y gradientes de humedad genera la formación de una banda nubosa por proceso de convección, lo que ocasiona que el clima se caracterice por vientos variables y débiles y por su alta pluviosidad (CCCP, 2002). Las variaciones en las precipitaciones dependen del desplazamiento de las lluvias de norte a sur de la ZCIT, a lo largo del ciclo anual sobre la costa pacífica (Prah *et al.*, 1990).

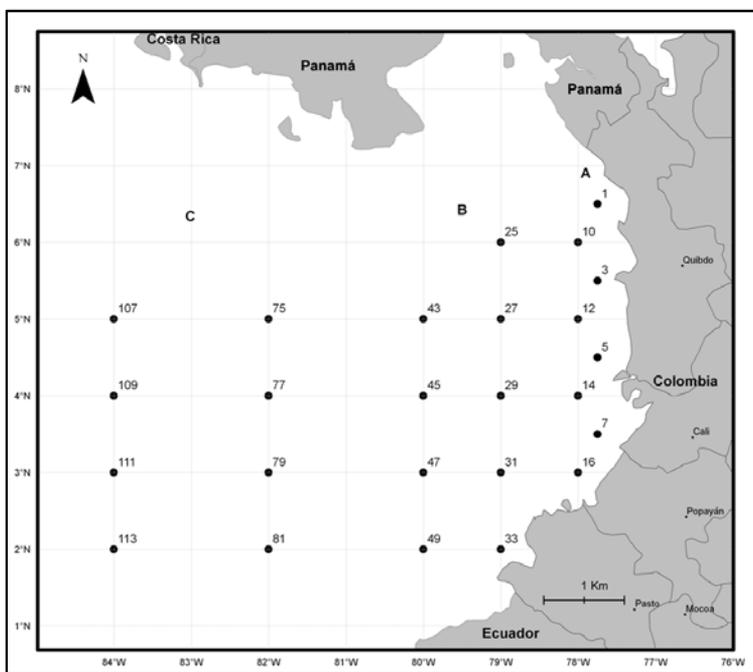


Figura 1. Estaciones del crucero oceanográfico PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII sobre la cuenca del Pacífico colombiano, efectuado entre enero 24 y febrero 19 de 2007. Se muestra la delimitación por zonas: A) costera, B) intermedia y C) oceánica.

La temperatura media anual no excede 30 °C y la humedad relativa oscila entre 80 y 95 % (Garcés y Medina, 1997). En general se presenta un clima superhúmedo y, debido a los altos niveles de pluviosidad, existe una compleja red fluvial que causa fuertes erosiones y brinda importantes aportes al mar (Forsbergh, 1969). El patrón de corrientes superficiales en el Pacífico es complejo y responde normalmente al sistema dominante de los vientos planetarios, determinados por el desplazamiento del cinturón de convergencia intertropical. Contrario a lo que se cree, las corriente del Perú y de Humboldt, que son corrientes frías subantárticas, no tienen efecto sobre la ensenada de Panamá (Cantera, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y procesamiento de muestras

En cada estación se realizaron muestreos de fitoplancton mediante colectas de agua con botellas Niskin de 5 L, enviadas a nivel superficial (0 m) y a 50 m de profundidad. Una vez en el buque, se obtuvieron 500 mL de la muestra original y se fijaron con formalina hasta obtener una concentración final aproximada de 5 %. Las

muestras obtenidas fueron trasladadas al laboratorio del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR (Pacífico), para su procesamiento y análisis. Simultáneamente, en cada estación, se registraron mediciones de temperatura (°C) y salinidad en las profundidades de muestreo usando un perfilador CTD, Seabird 19; estos datos fueron colectados y suministrados a este estudio por el CCCP.

Para la determinación cuantitativa se empleó la metodología de Uthermöhl, extrayendo de cada muestra previamente homogenizada, alícuotas de 50 mL que se depositaron en cámaras de sedimentación por un tiempo de 72 horas. Posteriormente, fueron observadas bajo microscopio óptico invertido realizando el conteo de los organismos de interés mediante barrido total o parcial del fondo de la cámara. Dependiendo de la densidad de los mismos, se determinó el número de organismos presentes en el volumen de muestra analizado y se extrapoló al volumen total para establecer la concentración de células por litro (cel L⁻¹), teniendo en cuenta la metodología para la cuantificación del fitoplancton expuesta por Villafañe y Reid (1995).

Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo y exploratorio de las abundancias obtenidas en cada estación mediante pruebas de normalidad y ensayos de transformación con el fin de determinar el tipo de estadística a emplear. De acuerdo con lo anterior, se utilizó el test no paramétrico U de Mann-Whitney para comparar los valores de abundancia entre las profundidades estudiadas (superficial y 50 m), y entre los muestreos realizados durante el día y la noche. Asimismo, se determinó el grado de asociación entre la abundancia de *Pseudo-nitzschia* y las variables abióticas mediante el coeficiente Spearman (r_s). Para los análisis antes mencionados se tuvo en cuenta un nivel de significancia estadística de 0.05.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos por el CCCP durante la campaña oceanográfica PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII sobre la CPC, entre los meses de enero y febrero de 2007 a nivel superficial, los valores de temperatura tuvieron un incremento hacia el costado noroccidental de la cuenca, siendo más notorio en las estaciones cercanas a la costa, ubicadas frente a Chocó. Este calentamiento también se hizo evidente en la columna de agua, provocando termoclinas más profundas, característica típica de la acción de ondas Kelvin, sugiriendo que para esta época aún se presentaron condiciones influenciadas por el evento El Niño 2006-2007. Por otro lado, también se observó una disminución de la temperatura hacia la zona centro ocasionada por la presencia de un núcleo de temperaturas por debajo de 26.5 °C localizado sobre 4°N y 80°W, provocado por la aparición del jet del viento de

Panamá, característico para esta época. Este proceso influyó en la dinámica de las corrientes en esa zona y redujo el calentamiento originado por El Niño sobre la temperatura superficial del mar. La temperatura mínima encontrada para el área fue 25.3 °C y la máxima 30 °C, con un ámbito de variación de 4.7 °C. El promedio para la zona fue 27.7 °C.

La salinidad presentó un ámbito de variación alto de 7.11 (mínimo: 26.60, máximo: 33.71), con un promedio de 31.76 para toda la cuenca. Los mayores valores se registraron hacia el costado suroccidental de la CPC, mientras que los menores se localizaron hacia el noroccidente y hacia la zona costera, especialmente en la bahía de Tumaco, Buenaventura y en la región norte de Chocó.

Durante el presente estudio, *Pseudo-nitzschia* fue uno de los géneros que se caracterizaron por presentar mayores valores de abundancia entre las diatomeas y dinoflagelados registrados tanto en superficie (Figura 2A) como a 50 m de profundidad (Figura 2B), siendo superado sólo por el género *Chaetoceros*. *Pseudo-nitzschia* también se destacó por estar presente en 92 % de las estaciones en superficie y en 79 % de las estaciones a 50 m de profundidad. A nivel superficial, la abundancia de *Pseudo-nitzschia* fluctuó entre 38 y 265246 cel·L⁻¹, con promedio de 21964 cel·L⁻¹ y mediana de 4606 cel·L⁻¹ (Tabla 1). La distribución de las abundancias fue agregada en la zona intermedia de la cuenca y en dos estaciones oceánicas (Figura 3). Por otra parte, los representantes del género se encontraron dentro del ámbito de temperatura entre 25.39 y 29.83 °C y entre 28.68 y 33.2 de salinidad (Figura 4). A 50 m de profundidad la abundancia del género varió entre 38 y 6867 cel·L⁻¹, con promedio de 748 y mediana de 247 cel·L⁻¹ (Tabla 1). La distribución de la abundancia fue más homogénea, con una tendencia mayor hacia la zona intermedia de la CPC; sin embargo, el valor más alto de abundancia se presentó en la estación oceánica 107 (Figura 5). La escala de temperatura donde se halló *Pseudo-nitzschia* fue entre 15.97 y 21.19 °C y la salinidad estuvo comprendida entre 34.3 y 35.0 a esta profundidad.

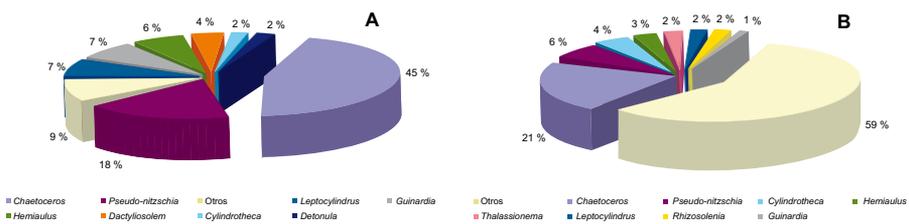


Figura 2. Porcentaje de abundancia de *Pseudo-nitzschia* respecto a otros grupos dominantes del fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) para: A) superficie y B) 50 m de profundidad.

Tabla 1. Valores de abundancia ($\text{cel}\cdot\text{L}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad registrados a nivel superficial y a 50 m de profundidad durante el crucero PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII realizado entre enero 24 y febrero 19 de 2007 en la cuenca del Pacífico colombiano. Los datos de temperatura y salinidad fueron suministrados por el CCCP (2007).

Estación	Ubicación geográfica	Abundancia superficial ($\text{cel}\cdot\text{L}^{-1}$)	Abundancia a 50 m ($\text{cel}\cdot\text{L}^{-1}$)	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura a 50 m ($^{\circ}\text{C}$)	Salinidad superficial	Salinidad a 50 m
E001	06°30'N 77°45'W	38	0	27.81	17.53	30.50	34.79
E003	05°30'N 77°45'W	6300	911	27.37	18.47	29.98	34.73
E005	04°30'N 77°45'W	6536	114	27.72	18.04	30.65	34.75
E007	03°30'N 77°45'W	4287	114	28.03	18.43	28.68	34.84
E010	06°00'N 78°00'W	4925	0	28.05	17.79	29.96	34.75
E012	05°00'N 78°00'W	1706	151	27.41	18.99	30.84	34.68
E014	04°00'N 78°00'W	682	0	27.00	17.89	31.77	34.80
E016	03°00'N 78°00'W	4107	0	26.93	18.51	30.48	34.79
E025	06°00'N 79°00'W	28043	1229	27.08	17.05	31.78	34.84
E027	05°00'N 79°00'W	19203	95	26.85	17.40	31.38	34.77
E029	04°00'N 79°00'W	23929	38	26.44	17.34	32.01	34.92
E031	03°00'N 79°00'W	303	416	26.28	18.78	31.72	34.82
E033	02°00'N 79°00'W	113	1210	26.67	18.83	31.69	34.96
E043	05°00'N 80°00'W	5426	342	26.80	16.38	31.95	34.92
E045	04°00'N 80°00'W	265246	1934	25.39	16.99	32.88	34.89
E047	03°00'N 80°00'W	42243	2001	26.70	17.94	32.91	35.00
E075	05°00'N 82°00'W	246	38	26.85	18.43	32.06	34.51

Continuación Tabla 1.

Estación	Ubicación geográfica		Abundancia superficial (cel·L ⁻¹)	Abundancia a 50 m (cel·L ⁻¹)	Temperatura superficial (°C)	Salinidad superficial	Temperatura a 50 m (°C)	Salinidad a 50 m
E077	04°00'N	82°00'W	853	0	27.76	32.67	16.39	34.87
E079	03°00'N	82°00'W	6718	57	26.58	33.06	15.97	34.90
E081	02°00'N	82°00'W	62088	624	27.04	33.20	16.52	34.92
E107	05°00'N	84°00'W	0	6867	29.83	30.60	21.19	34.30
E109	04°00'N	84°00'W	0	456	29.43	30.22	17.48	34.72
E111	03°00'N	84°00'W	924	606	27.91	32.63	16.37	34.87
E113	02°00'N	84°00'W	43230	739	27.32	33.13	16.36	34.98
Total			527146	17942				
Promedio			21964	748				
Mediana			4606	247				
Máximo			265246	6867	29.83	33.20	21.19	35.00
Mínimo			0	0	25.39	28.68	15.97	34.30

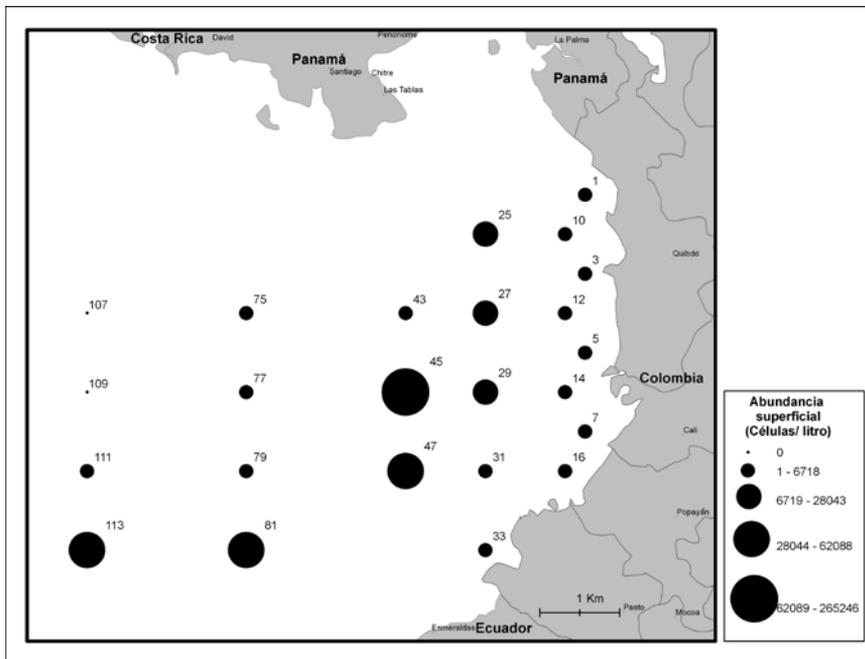


Figura 3. Distribución espacial de las abundancias ($\text{cel}\cdot\text{L}^{-1}$) de *Pseudo-nitzschia* encontrada a nivel superficial en la cuenca del Pacífico colombiano. Crucero PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII realizado entre enero 24 y febrero 19 de 2007.

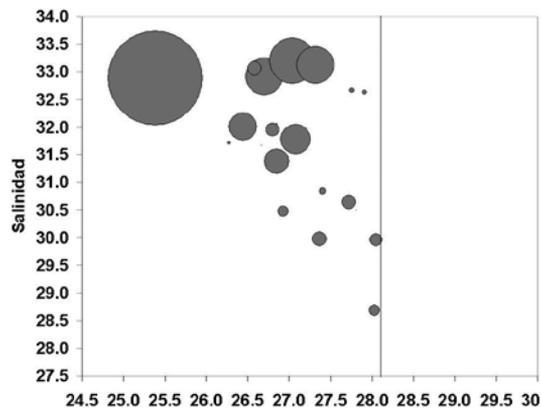


Figura 4. Dispersión de las abundancias de *Pseudo-nitzschia* respecto a la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la salinidad encontradas en la cuenca del Pacífico colombiano entre enero y febrero de 2007. El tamaño de las circunferencias corresponde a los valores de abundancia ($\text{cel}\cdot\text{L}^{-1}$) en orden de magnitud. Las líneas indican el límite mínimo de salinidad y máximo de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) más allá del cual no se encontraron individuos pertenecientes a *Pseudo-nitzschia* en este estudio.

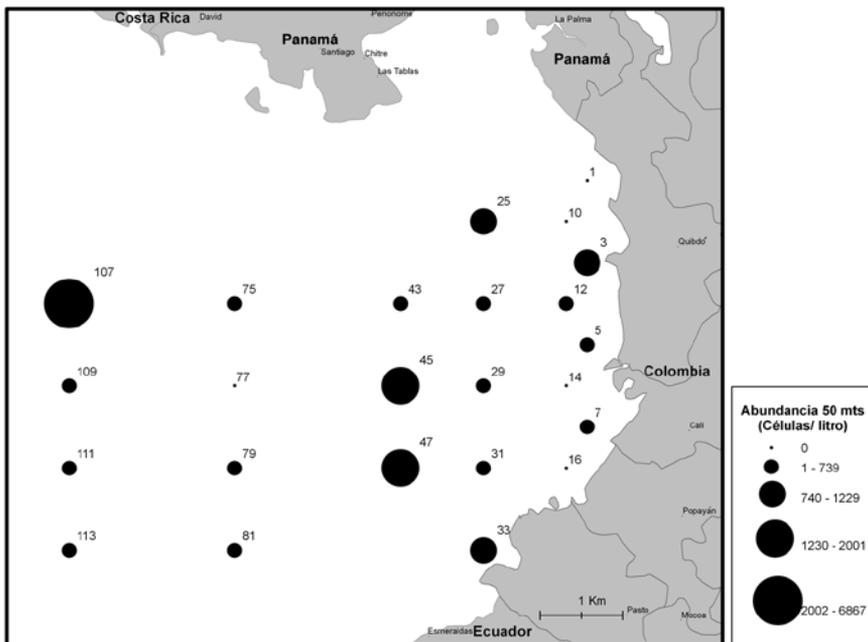


Figura 5. Distribución espacial de las abundancias ($\text{cel}\cdot\text{L}^{-1}$) de *Pseudo-nitzschia* encontradas a 50 m de profundidad en la cuenca del Pacífico colombiano. Crucero PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII realizado entre enero 24 y febrero 19 de 2007.

No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de las estaciones entre los muestreos diurnos y nocturnos (Mann-Whitney test, $p=0.578$); sin embargo a nivel de profundidad (superficial y 50 m) sí se establecieron diferencias significativas (Mann-Whitney test, $p=0.001$). En superficie, la correlación de la abundancia con la temperatura fue negativa ($r_s=-0.42$; $p=0.043$), mientras que con la salinidad fue positiva ($r_s=0.50$; $p=0.01$). A la profundidad de 50 m, no se determinó correlación significativa para estas dos variables (Spearman, $p>0.05$).

DISCUSIÓN

El presente trabajo es el primero en realizar un análisis de la abundancia y distribución del género *Pseudo-nitzschia* a lo largo de la CPC a principio de año y en un periodo considerado aún como de influencia de El Niño, por lo que las condiciones ambientales y por ende el comportamiento de éstos podrían ser considerados como especiales para el periodo estudiado. Como característica particular en los resultados fue el predominio en abundancia de *Pseudo-nitzschia* y, en general, de las diatomeas

respecto a los dinoflagelados, a pesar de presentarse aún una condición El Niño. En esta condición se esperaría, de acuerdo con los resultados de otros autores (Avaria, 1984; Constain y Delgado, 1985; Ochoa *et al.*, 1985; Castillo y Vizcaíno, 1992; Osorio y Castillo, 1993; Vizcaíno, 1993; Mendoza, 1996; García, 2001; CCCP, 2002), que estos últimos fueran predominantes o, por lo menos, más notorios. Lo anterior podría deberse, para el caso del Pacífico colombiano, a la diferencia en la época en que se ejecutó el presente muestreo (a principios de año) con respecto al realizado por dichos autores (final de año), en donde para el primer trimestre del año el incremento de la corriente del golfo de Panamá por la acción de los vientos Alisios del norte y del chorro de vientos de Panamá, así como la presencia de un gran giro ciclónico, son responsables de la presencia de aguas frías y ricas en nutrientes (Rodríguez-Rubio, 2007) y por lo tanto de mayor productividad primaria en la CPC, favoreciendo el desarrollo de diatomeas, dentro de las que se destacó *Pseudo-nitzschia*.

La distribución horizontal de las mayores abundancias de *Pseudo-nitzschia* encontradas a nivel superficial en la zona intermedia de la cuenca (estaciones 45 y 47) coincidió con los menores registros de temperatura y los mayores de salinidad para el área y época evaluada, así como con la ubicación del giro ciclónico. Este comportamiento pondría de manifiesto la preferencia de estas algas hacia aguas frías y de altas salinidades, confirmado por las tendencias en las correlaciones entre la abundancia de *Pseudo-nitzschia* y estos dos factores. Conductas similares han sido observadas por varios autores en diferentes regiones: Trainer *et al.* (2000) y Thessen (2007) para las costas de Estados Unidos; Caroppo *et al.* (2005) para el mar Adriático. Para el caso específico de la temperatura, comportamientos afines fueron registrados por Dortch *et al.* (1997) para el golfo de México y por Buri *et al.* (2008) para el mar Adriático. Respecto a la salinidad, Thessen *et al.* (2005) sugieren que este es un factor que puede controlar el crecimiento, desarrollo y distribución de *Pseudo-nitzschia*, desarrollándose mejor en aguas de salinidades altas. Sin embargo, ciertas especies del género pueden tolerar también bajas salinidades en el medio marino (Thessen *et al.*, 2005). Las escalas de temperatura y salinidad en las que se encontraron estos organismos fueron amplias a nivel superficial (Tabla 1), ámbito que se extiende aún más si se tienen en cuenta los registros de *Pseudo-nitzschia* encontrados a 50 m de profundidad; esto demuestra la capacidad eurihalina y euriterma de *Pseudo-nitzschia*, descrita por Thessen *et al.* (2005). No obstante, es importante anotar que para este trabajo se desconoce el número de especies o ecotipos involucrados en este comportamiento, los cuales estarían adaptados a las diversas condiciones ambientales encontradas para la época analizada.

A pesar de las diferencias en abundancia encontradas entre las profundidades analizadas, es probable que existan otros factores ambientales, diferentes a temperatura y salinidad, que pudieron haber favorecido la presencia de una mayor densidad de *Pseudo-nitzschia* en superficie. Por otro lado, el no encontrar diferencias significativas entre las abundancias de las estaciones, cuyas muestras fueron tomadas durante el día con las tomadas durante la noche, podría indicar que el comportamiento arriba observado no estaría influenciado por algún tipo de migración nictimeral dentro de la columna de agua.

La gran densidad registrada en algunas de las estaciones evaluadas, especialmente en la zona intermedia de la cuenca, fue superior a lo encontrado por Vargas y Freer (2004) para el golfo de Nicoya, Costa Rica, quienes registraron un caso de floración por *Pseudo-nitzschia pungens*, una especie potencialmente tóxica con densidades aproximadas de 10^5 cel L^{-1} , considerando estos valores como significativos y advirtiendo sobre la atención que se le debe dar a este tipo de eventos. A pesar de las altas densidades encontradas, no se presentaron registros de algún tipo de floración durante el desarrollo de este estudio, lo que no permite afirmar o negar que tal proliferación haya sido nociva, bien porque no tuvieron características de toxicidad o porque se presentaron en áreas lejanas de la costa, que no permitieron conocer sus efectos. Aunque la identificación taxonómica realizada sólo fue posible hasta género, no se debe descartar la posible presencia de especies potencialmente tóxicas en la CPC, si se tiene en cuenta que aproximadamente una de cada tres especies del género tienen esta capacidad (Bailey, 2008).

Es importante mencionar que, para futuros estudios con especies de *Pseudo-nitzschia*, es necesario contar con herramientas que permitan una correcta identificación, como el uso de microscopía electrónica de barrido o de transmisión, ya que muchas de las especies comparten características que son difíciles de observar con microscopio óptico (MO) convencional. Sin embargo, no se puede dejar de lado el uso de MO como primer paso para una identificación aproximada de los organismos (Ferrario *et al.*, 2002). Recientemente se está utilizando la genética molecular como herramienta para determinar las diferencias o similitudes en cuanto a su conformación genética (Bailey, 2008). Finalmente, este estudio se constituye en el primer antecedente sobre la ecología de *Pseudo-nitzschia* en el Pacífico colombiano, para la época y el área estudiada, lo que permitió concluir que los valores de abundancia en algunas de las estaciones superaron densidades de 10^5 cel L^{-1} , y que la distribución se dio hacia la zona intermedia de la cuenca, lugar en donde se presentó un núcleo de bajas temperaturas y altas salinidades, en este

sentido se pudo comprobar la afinidad de *Pseudo-nitzschia* por este tipo ambientes, corroborando otros estudios realizados en diferentes partes del mundo. Considerando esto, es importante seguir avanzando en estudios con *Pseudo-nitzschia*, así como de otras especies fitoplanctónicas consideradas como potencialmente nocivas, para determinar de una manera más clara y precisa los efectos que puedan estar causando estos organismos al resto de especies marinas en el Pacífico colombiano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto de Investigaciones Marinas y Costera “José Benito Vives de Andrés”-INVEMAR por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo. Este artículo hace parte de la tesis titulada “Caracterización espacial de la abundancia, composición y diversidad del fitoplancton de la Zona Oriental del Pacífico colombiano durante el evento El Niño 2006-2007” presentada por A. Galeano a la Universidad del Valle sede Pacífico como requisito para optar al título de Biólogo. De igual manera, se extiende este agradecimiento a la Armada Nacional de Colombia, la Dirección General Marítima-DIMAR y al Centro Control Contaminación del Pacífico-CCCP, por la invitación extendida al INVEMAR para participar de la campaña oceanográfica PACÍFICO XLIV-ERFEN XLII, así como por la información suministrada. Finalmente, a Beatriz Herrera por la realización de los mapas que aquí se presentan

BIBLIOGRAFÍA

- Avaria, S. 1984. Cambios en la composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile durante el fenómeno El Niño 1982-1983. Rev. Com. Per. Pac. Sur, 15: 303-309.
- Bailey, A. 2008. *Pseudo-nitzschia* species distributions in Glacier Bay, AK as measured by automated ribosomal intergenic spacer analysis (ARISA). <http://hdl.handle.net/1773/3745>. 20/07/2008.
- Bates, S. S., C. J. Bird, A. Freitas, R. Foxall, M. Gilgan, L. A. Hanic, G. R. Johnson, A. W. McCulloch, P. Odense, R. Pocklington, M. Quilliam, J. Sim, J. C. Smith, D. V. Subba Rao, E. C. D. Todd, J. A. Walter y J. L. C. Wright. 1989. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46: 1203-1215.
- Buric, Z., D. Vilicic, K. C. Mihalic, M. Caric, K. Kralj y N. Ljubescic. 2008. *Pseudo-nitzschia* blooms in the Zrmanja River estuary (Eastern Adriatic Sea). Diatom Res., 23: 51-63.
- Camacho, G. y R. Pineda. 1999. Datos oceanográficos del crucero PACÍFICO XXI-ERFEN XXVII. Mayo/98, Buque ARC Malpelo. Armada Nacional, Dirección General Marítima. Informe técnico, Centro Control Contaminación del Pacífico, Tumaco, Colombia. 38 p.



- Cantera, J. R. 1993. Oceanografía. 13-23. En: Leyva, P. (Ed.). Colombia Pacífico. Tomo I. Fondo de Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis"-FEN, Bogotá. 396 p.
- Caroppo, C., R. Congestri, L. Bracchini y P. Albertano. 2005. On the presence of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle and *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Cleve) Heiden in the Southern Adriatic Sea (Mediterranean Sea, Italy). J. Plank. Res., 27: 763-774.
- Castillo, L. y A. Vizcaíno. 1992. Los indicadores biológicos del fitoplancton y su relación con el fenómeno El Niño 1991-1992 en el Pacífico colombiano. Bol. Cient. CIOH, 12: 13-22.
- CCCP. 2002. Compilación oceanográfica de la cuenca pacífica colombiana. Serie de Publicaciones Especiales Vol. 1, Centro Control Contaminación del Pacífico-CCCP, DIMAR, Tumaco, Colombia. 168 p.
- Constain, L. y L. Delgado. 1985. Dinoflagelados del Pacífico colombiano como indicadores del fenómeno El Niño, Crucero PACÍFICO-VIII-ERFEN V, Nov-Dic.1982. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 44 p.
- Dortch, Q., R. Robichaux, S. Pool, D. Milsted, G. Mire, N. N. Rabalais, T. M. Soniat, G. A. Fryxell, R. E. Turner y M. L. Parsons. 1997. Abundance and vertical flux of *Pseudo-nitzschia* in the northern Gulf of Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser., 146: 249-264.
- Ferrario, M. E., E. A. Sar y S. E. Sala. 2002. Diatomeas potencialmente tóxicas del cono Sur Americano. 167-194. En: Sar, E. A., M. E. Ferrario y B. Reguera (Eds.). Floraciones algales nocivas en el cono Sur Americano. Instituto Español de Oceanografía, Madrid. 311 p.
- Forsbergh, E. D. 1969. On the climatology, oceanography and fisheries of the Panama Bight. Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm., 14 (2): 49-365.
- Garcés, L. y L. Medina. 1997. Evaluación de las especies fitoplanctónicas reportadas como indicadores biológicos para el fenómeno de El Niño en el Pacífico colombiano. Cruceros ERFEN 1978-1994. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 63 p.
- García, I. 2001. Efecto de los eventos El Niño y La Niña sobre las comunidades de fitoplancton al interior de la ensenada de Tumaco (Colombia). Bol. Cient. CCCP, 8: 12-25.
- Gómez-Aguirre, S., S. Licea y S. Gómez. 2004. Proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* y otras especies del microplankton en la bahía de Mazatlán, México. Rev. Biol. Trop., 52 (Suppl. 1): 69-76.
- Hallegraeff, G., D. Anderson y A. Cembella (Eds.). 1995. Manual on harmful marine microalgae. IOC Manuals and Guides No. 33, UNESCO, París. 551 p.
- Hasle, G. R. 1995. *Pseudo-nitzschia pungens* and *P. multiseriata* (Bacillariophyceae) - nomenclatural history, morphology, and distribution. J. Phycol., 31: 428-435.
- Hasle, G. R. 2002. Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? Harmful Algae, 1: 137-146.
- Mendoza, A. 1996. Fitoplancton del área comprendida entre Caleta Caracas y La Muerte, Bahía Málaga, Pacífico colombiano. Tesis Biol., Univ. del Valle, Cali. 37 p.
- Negri, R. y D. Inza. 1998. Some potentially toxic species of *Pseudo-nitzschia* in the Argentine sea (35°-39° S). 84-85. En: Reguera, B., J. Blanco, M. Fernández y T. Wyatt (Eds.). Harmful algae. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Vigo, España. 635 p.
- Ochoa, N., B. Rojas y O. Gómez. 1985. Identificación del fenómeno El Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. 23-31. En: Arntz, W. E., A. Landa y J. Tarazona (Eds.). El Fenómeno "El Niño" y su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, volumen extraordinario: 23-31.

- Osorio, D., y F. Castillo. 1993. Relación climatológica de la temperatura superficial del Pacífico colombiano sobre el fitoplancton marino durante El Niño 1991-92. Bol. Cient. CIOH, 14: 131-144.
- Prahl, H.v., J. Cantera y R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico colombiano. Fondo FEN-Colciencias, Bogotá. 139 p.
- Reguera, B. 2002. Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. 19-54. En: Sar, E. A., M. E. Ferrario y B. Reguera (Eds.). Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano. Instituto Español Oceanografía, Madrid. 311 p.
- Reguera, B., J. Blanco, M. Fernández y T. Wyatt (Eds.). 1998. Harmful algae. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Vigo, España. 635 p.
- Rodríguez-Rubio, E. 2007. El Niño y La Niña en la cuenca pacífica colombiana, situación actual. <http://www.cccp.org.co/modules.php?name=News&file=article&sid=269>. 20/08/2007.
- Sar, A., M. Ferrario y B. Reguera (Eds.). 2002. Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano. Instituto Español de Oceanografía, Madrid. 311 p.
- Thessen, A. E. 2007. Taxonomy and ecophysiology of *Pseudo-nitzschia* in the Chesapeake Bay. Tesis doctoral, University of Maryland, College Park, EE. UU. 231 p.
- Thessen, E., Q. Dortch, L. Parsons y W. Morrison. 2005. Effect of salinity on *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) growth and distribution. J. Phycol., 41: 21-29.
- Trainer, V., J. Wekell, R. Horner, C. Hatfield y J. Stein. 1998. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia pungens*. 337-339. En: Reguera, B., J. Blanco, M. Fernández y T. Wyatt (Eds.). Harmful algae. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Vigo, España. 635 p.
- Trainer, V., N. Adams, B. Bill, C. Stehr, J. Wekell, P. Moeller, M. Busman y D. Woodruff. 2000. Domoic acid production near California coastal upwelling zones, June 1998. Limnol. Oceanog., 45: 1818-1833.
- Vargas, M. y E. Freer. 2004. Proliferaciones algales de la diatomea toxigénica *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 52 (1): 127-132.
- Villafañe, V. E. y F. M. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. 170-185. En: Alveal, K., M. Ferrario, E. de Oliveira y E. Sar (Eds.). Manual de métodos ficológicos. Univ. Concepción, Concepción, Chile. 863 p.
- Vizcaíno, Z. 1993. Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador del fenómeno El Niño. Tesis. Biol., Univ. Valle, Cali. 64 p.
- Yasumoto, T., Y. Oshima y Y. Fukuyo. 1996. Proceedings of the seventh international conference on toxic phytoplankton, harmful and toxic algal blooms. Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, Sendai, Japón. 586 p.

FECHA DE RECEPCIÓN: 02/09/2008

FECHA DE ACEPTACIÓN: 15/03/2010

