

COMPORTAMIENTO DE DIATOMEAS Y DINOFLAGELADOS EN LA BAHÍA DE TUMACO BAJO LA INFLUENCIA DE CAMBIOS CLIMÁTICOS DURANTE EL PERÍODO 1995-2000

Ingrid García Hansen ^{1*}
Igor Málíkov ^{2*}

¹ División de Oceanografía, Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP
Vía El Morro, Capitanía de Puerto, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia
Tél. (57-2) – 727 26 37, Fax: (57-2) – 727 11 80. e-mail: cccpaci@col2.telecom.com.co
igarciahansen@hotmail.com*

² División de Oceanografía, Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP
Vía El Morro, Capitanía de Puerto, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia
Tél. (57-2) – 727 26 37, Fax: (57-2) – 727 11 80. e-mail: cccpaci@col2.telecom.com.co
lg-nan@yahoo.com*

Recibido en agosto de 2002; aceptado en mayo de 2003

RESUMEN

Este análisis se basó en la información recolectada en la bahía de Tumaco entre los años de 1995 y 2000. En éste se obtuvo una visión general del comportamiento de la comunidad de diatomeas y dinoflagelados en respuesta a cambios climáticos y fenómenos naturales como El Niño y La Niña, los cuales afectaron la composición de estos grupos, observándose un incremento de la población de diatomeas durante La Niña y disminución durante El Niño. Respuesta que para el grupo de los dinoflagelados se dio de manera completamente opuesta. El intervalo de temperatura en el que se observó mayor abundancia de diatomeas fue de 26 a 27.5°C y para los dinoflagelados de 28 a 31°C. Conjuntamente, el comportamiento de estos grupos fitoplanctónicos se relacionó con otras variables como horas del día, meses del año y nutrientes.

Palabras claves: Diatomeas, Dinoflagelados, El Niño, La Niña, Bahía de Tumaco, Grupos Fitoplanctónicos.

ABSTRACT

This analysis was based in the information gathered in Tumaco's Bay during the years 1995 to 2000. This allowed to obtain a general vision of the behavior of the community of diatoms and dinoflagellates in response to climatic changes and natural phenomenon as El Niño and La Niña, which affected the composition of these groups. An increase of the population of diatoms was observed during La Niña and decrease during El Niño. For the group of dinoflagellates the response was given of completely opposite way. The range of temperature in which was observed major abundance of diatoms was from 26 to 27.5°C and for the dinoflagellates from 28 to 31°C. The behavior of the phytoplankton also showed a close relation with other variables as daytime, months and nutrients.

Key words: Diatoms, Dinoflagellates, El Niño, La Niña, Tumaco Bay, Phytoplankton.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el conocimiento del fitoplancton marino ha adquirido especial interés debido a la importancia que tiene en los estudios orientados a la predicción del fenómeno de El Niño y la evaluación de su efecto sobre la producción biológica (Avaria Placier y Orellana Cepeda, 1975).

Dicho interés se basa en la necesidad de establecer organismos o grupos de organismos planctónicos que puedan considerarse como 'indicadores biológicos', los cuales tienden a desplazarse junto con determinadas masas de agua, que además cumplan con la condición de bio-indicar cambios de las complejas modificaciones de los componentes físicos y químicos durante la ocurrencia del fenómeno Cálido de Pacífico Tropical (Jordán, 1993).

Algunos grupos planctónicos, como los dinoflagelados, han sido reconocidos por varios autores como bioindicadores de masas de agua, debido a que son organismos estrictos en sus requerimientos de temperatura, salinidad y en algunos de los casos más específicos de necesidades nutricionales. Estas características 'esteno' los hacen ideales para su seguimiento en el tiempo y espacio (Antonietti, *et al.*, 1993).

En la bahía de Tumaco se han realizado estudios, por parte del CCCP, sobre la distribución, abundancia y composición del fitoplancton marino desde 1995; mediante la realización de diversos monitoreos en búsqueda de un mejor conocimiento de la región. Estos estudios han permitido establecer las variables que ejercen alguna influencia sobre las comunidades de microalgas, dentro de las cuales se encuentran las variaciones climáticas, la dinámica del agua, las mareas, los ríos, los procesos meteorológicos, los nutrientes y la radiación solar.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la bahía de Tumaco, ubicada en el extremo sur del litoral del departamento de Nariño, entre las coordenadas 78° 33' 55" y 78° 48' 00" de longitud Oeste y los 01° 48' 06" y 02° 06' 40" de latitud Norte, constituyéndose en la mayor entrante de la costa Pacífica colombiana. Comprende un área aproximada de 350 km² y profundidades entre 0 y 30 m. Presenta un régimen mareal semidiurno con una amplitud máxima de 4 m (CCCP, 1991). El clima del área es ecuatorial húmedo, registra una humedad relativa promedio anual del 86% y la temperatura ambiente media oscila entre 25.5 y 26 °C (Estación meteorológica CCCP).

Las principales cuencas de la bahía son las de los ríos Rosario, Mexicano, Tablones, Gualajo, Colorado y Chagüí, entre otras. Esta configuración hace que la bahía se comporte como un sistema estuarino. Algunas formaciones importantes son los playones, bancos y barras, marismas de alta salinidad y suelos desarrollados a partir de depósitos orgánicos con vegetación de manglar y guandal. En la composición del fondo predominan el fango, la materia orgánica en descomposición y las arenas; estas características junto con el aporte de los ríos hacen que sus aguas sean de alta

productividad, alta concentración de nutrientes y baja transparencia con elevados índices de sedimentación (Montagut y Cabrera, 1997).

METODOLOGÍA

Para el presente trabajo se utilizaron los datos de abundancia de fitoplancton y parámetros fisicoquímicos recopilados para la bahía de Tumaco desde 1995 hasta el 2000. En el área de estudio, en general, fueron monitoreadas 16 estaciones (Fig.1), durante 104 salidas de campo; de las cuales 48 correspondieron a la época Normal, 25 a la época La Niña y 31 a El Niño.

La medición de la temperatura superficial del mar (TSM) se realizó con un termómetro invertido. Para el análisis de nutrientes se utilizaron técnicas colorimétricas, según métodos estandarizados, recopilados por STANDARD METHODS. Las muestras de fitoplancton se colectaron con botellas Niskin y se envasaron en botellas plásticas de 500 ml de capacidad debidamente rotuladas; posteriormente, se fijaron con solución de formol al 10%, lugol y glicerina, y se dejaron decantar mínimo 96 horas para la realización del respectivo análisis cualitativo y cuantitativo (células/ml). Para tal fin se empleó una placa SR Cell Counter S50, con un montaje previo en microscopio invertido.

Debido a que la zona está influenciada por los eventos climáticos El Niño y La Niña, que afectan de manera significativa tanto la abundancia como la distribución de las microalgas en la bahía, fue necesario dividir los datos en tres épocas denominadas Normal, Niña y Niño. Para cada época se tuvieron en cuenta los valores obtenidos para los dos grupos principales que componen al fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados); a razón de que dichos grupos presentan los mayores intervalos de abundancia, mientras que la presencia de otros grupos es mínima y en algunas épocas, prácticamente, están ausentes.

Para establecer la influencia de los diferentes parámetros fisicoquímicos sobre la presencia de fitoplancton en la zona se realizaron curvas de distribución por medio de la utilización del método de polinomio de 1ro a 5to grado (Vainovsky & Malinin, 1991), que se describe así:

$$Y = \sum_{i=0}^m a_i x^i = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_m x^m,$$

donde,

m - es el nivel del polinomio;

a - coeficiente de regresión.

Si $m = 1$, entonces se obtiene una ecuación de primer grado (regresión lineal).

Si $m = 2$, entonces se obtiene una ecuación de segundo grado, etcétera.

Con el aumento del grado del polinomio la curva se acercará aún más a los datos iniciales, o sea, ante $m=n-1$ (donde 'n' es la cantidad de puntos iniciales), en ese caso la curva pasará por cada punto. Pero graficar un polinomio de este tipo no tiene sentido debido a que simplemente representaría los mismos datos iniciales sin ningún cambio.

En el presente trabajo se utilizó un polinomio de quinto grado para analizar la influencia de los meses del año, las horas del día y la temperatura en relación con el fitoplancton; y un polinomio de menor grado (1 ó 2) para determinar las tendencias entre las microalgas y los nutrientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área, en general, se encuentra fuertemente influenciada por los eventos climáticos 'El Niño' y 'La Niña', por lo que el comportamiento de la TSM para el período de tiempo analizado (1995–2000) ha presentado fuertes fluctuaciones; observándose la presencia del Evento Cálido para el período comprendido entre mayo de 1997 y agosto de 1998; del Evento Frío entre julio de 1996 y febrero de 1997, además de julio de 1999 hasta abril del 2000; clasificándose el resto de la información dentro del período denominado como Normal (Fig.2).

Para poder comprobar la dependencia observada entre épocas climáticas (temperatura) y abundancia de fitoplancton se aplicó la siguiente fórmula planteada por Sergeev (1979):

$$\frac{\mu}{\mu_v} = \begin{cases} \exp\{-\alpha[(T - T_{obt})/(T_{\min} - T_{obt})]^2\} & \text{con } T < T_{obt} \\ \exp\{-\alpha[(T - T_{obt})/(T_{\max} - T_{obt})]^2\} & \text{con } T \geq T_{obt} \end{cases}$$

donde,

$\frac{\mu}{\mu_v}$ = relación de velocidad de crecimiento;

α = constante de valor relativo de velocidad de crecimiento de fitoplancton con T_{\min} y T_{\max} ; y

T_{obt} = temperatura óptima para crecimiento de fitoplancton.

De esta manera se obtuvo el valor de velocidad de crecimiento de fitoplancton dependiendo de la temperatura, la cual aplicada para nuestra área de estudio arrojó los siguientes resultados: para la época Normal $\frac{\mu}{\mu_v} = 0.59$; para la época Niña $\frac{\mu}{\mu_v} = 0.63$, y

para la época Niño $\frac{\mu}{\mu_v} = 0.49$.

Con estos valores se observa que durante La Niña el crecimiento de fitoplancton fue mayor y durante El Niño fue menor, lo que confirma la dependencia entre la temperatura y las microalgas observada en este estudio.

Según Gershanovich & Muromcev (1982), la temperatura del agua influye activando o limitando la producción biológica del océano, por lo que las épocas climáticas que presentan intervalos extremos de temperatura determinan la distribución, abundancia y

diversidad de las especies fitoplanctónicas, debido a que en su mayoría éstas son muy sensibles a los cambios que se generen en la columna de agua.

Después de encontrar las diferencias entre las tres épocas climáticas se analizaron los dos grupos fitoplanctónicos por separado (diatomeas y dinoflagelados) y su relación con las siguientes variables:

Temperatura vs. Abundancia

La Figura 3 muestra, claramente, cómo la temperatura afecta tanto espacial como temporalmente la distribución y la cantidad de células presentes en el área. Al observar los intervalos de abundancia entre las tres épocas se obtuvo que para la época Normal se registraron valores promedio de diatomeas en un intervalo entre 193 y 836 cel/ml; esta época presenta una gran inestabilidad debido a que las comunidades están sujetas a cambios de temperatura mensuales y las variaciones en las abundancias dependen, además, de los parámetros químicos presentes en el área. En general, para esta época se presentó la mayor concentración de diatomeas dentro del rango de temperatura de 27 a 28°C. Obteniéndose de manera general que después de los 28°C la producción de diatomeas decreció.

Durante la época Normal del año 2000 fue posible detectar dos florecimientos de la diatomea *Skeletonema costatum*, relacionados con el ciclo anual de variación de temperatura, correspondiendo estos elevados aumentos con temperaturas bajas (26.6°C) dentro del rango normal en los meses de abril y junio. En cambio, durante La Niña la temperatura activó la producción de diatomeas, de manera general, para toda la bahía, lo que indica la preferencia de este grupo por las temperaturas bajas (25 – 27°C), obteniéndose valores que oscilaron dentro de un intervalo de 520 a 1588 cel/ml. De manera contraria, durante El Niño la temperatura (28 – 32°C) fue un fuerte limitante para el desarrollo de las diatomeas, viéndose disminuida de forma drástica la cantidad de células en el área en un intervalo de 172 a 336 cel/ml. Para estas dos épocas el comportamiento registrado para las diatomeas fue más estable, presentándose menor amplitud de variación en los valores; así es como para La Niña se registraron los valores promedio más altos y para El Niño los más bajos.

En el caso de los dinoflagelados se observó un comportamiento contrario al registrado para las diatomeas durante El Niño y La Niña, presentándose los valores promedio más bajos durante la época fría en un intervalo de 0 a 21 cel/ml y para la época cálida los valores más altos entre 44 y 139 cel/ml. Al igual que para el otro grupo estas dos épocas son más estables en cuanto al intervalo de variación de número de células. Para la época Normal la variación en abundancia celular es más amplia con un rango de 13 a 51 cel/ml, debido a que la temperatura se comporta según la variación promedio normal y cualquier cambio dentro del año puede causar variaciones en la temperatura y a su vez producir cambios bruscos en la abundancia. En general, para toda el área de estudio y en todas las épocas se encontró que las mayores abundancias se presentaron entre un rango de 27.5 a 30.5°C, encontrándose mayor afinidad por las temperaturas superiores a los 28°C.

La diferencia entre el comportamiento de diatomeas y dinoflagelados se confirma con el estudio realizado por Ochoa, *et al.* (1985), donde las condiciones de temperatura extremas producen tendencias opuestas entre estos dos grupos, observándose aumento en las poblaciones de dinoflagelados ante temperaturas altas con disminución de diatomeas y un comportamiento contrario ante temperaturas bajas.

Meses vs. Abundancia

Tanto la abundancia como la distribución de diatomeas en la bahía no sólo se vio influenciada por la época climática (Normal, Niño ó Niña), sino por las variaciones interanuales, lo que a la vez se hace más claro para los muestreos realizados durante los años que coincidieron con un comportamiento normal (respecto a los promedios históricos), ya que durante el Niño y La Niña no es posible detectar estas variaciones mensuales debido a la fuerte influencia de las anomalías. Es así como para la época Normal en toda el área los mayores registros de diatomeas se detectaron en agosto y enero, meses en los que la temperatura del agua se acercó al valor de 27.5 °C y la mayoría de especies de este grupo respondieron de manera positiva. Mientras que para los dinoflagelados los mayores registros se presentaron en abril, mes que registra las temperaturas más altas (cerca de 28°C) para la época Normal.

Horas del día vs. Abundancia

Según Moiseev (1989), el proceso fotosintético se incrementa con el aumento de la iluminación hasta un límite determinado en donde comienza a disminuir, observándose que con la máxima iluminación solar la intensidad fotosintética es tan sólo del 10 al 20%. Si a esto se le suman temperaturas altas, la productividad de fitoplancton será aún mucho más baja. Para este caso de estudio es posible observar variaciones de producción de diatomeas durante el día (época Normal y Niña), presentándose en general picos de producción de plancton durante las horas de la mañana y la tarde, entre las 8:00 y 10:30 a.m. y entre las 13:30 y 16:00 p.m., respectivamente.

Para la época Niño se observó que las poblaciones están más afectadas por la temperatura, la cual, según Moiseev (1989), inhibe la producción de diatomeas, observándose bajos registros de abundancia para toda la zona y en todas las horas del día; por lo que en este caso la iluminación no parece jugar un papel relevante en el proceso de división celular.

Al igual que para las diatomeas, la abundancia de dinoflagelados también varía durante las horas del día, observándose en general para toda la bahía durante la época Normal mayores cantidades en las horas de la mañana entre las 9:00 y las 10:30 a.m. y en las horas de la tarde, a partir de las 14:00 p.m. Para la época Niña las temperaturas del agua son bajas, actuando como un inhibidor de la producción de dinoflagelados; por lo que parece ser, según las observaciones, que estas algas estuvieran aprovechando todas las horas del día en las que por irradiación solar las aguas se tornaban más cálidas. Finalmente, debido a que la temperatura del agua mantuvo valores elevados durante El Niño (28 – 32°C) es posible observar una mejor producción de dinoflagelados, para toda el área en general, durante las horas de la mañana (7:00 a.m. - 12:00 m.) relacionadas con temperaturas entre 28 y 30 °C.

Nutrientes vs. Abundancia

Para las tres épocas climáticas se observó un comportamiento casi similar de los nutrientes, registrándose la menor concentración de sales hacia la región abierta y los máximos valores hacia la costa (Tabla 1), lo cual influye en la distribución de los organismos dentro del área. Según Gershanovich & Muromcev (1982), la influencia de los aportes de los ríos en la región tropical afecta, sensiblemente, la productividad cuando la zona presenta profundidades no mayores de 50 m, como es el caso de la bahía de Tumaco.

Entre los nutrientes que aportan los ríos se encuentran los compuestos nitrogenados (nitritos, nitratos y amonio), fosfatos y silicatos, entre otros, los cuales son básicos en el proceso de producción fitoplanctónica. Para que estos nutrientes puedan ser utilizados por las microalgas deben mantener cierta proporción entre sí, equivalente a Si:N:P = 31:16:1 átomos ó 28:7:1 de masa. Esta proporción permite valorar cuándo hay carencia o exceso de uno de los elementos principales, con lo que se puede determinar cuál de todos resulta limitante para la producción (Ramade, 1977; Gershanovich & Muromcev, 1982). En el caso de las diatomeas esta relación es equivalente a 31:11:1 y para los dinoflagelados es de 3:15:1, esto se debe a que las diatomeas necesitan consumir más Silicio, pues su pared celular se compone en gran parte de este elemento (Sergeev, 1979).

Partiendo de la relación Si:N:P para diatomeas y dinoflagelados, teniendo en cuenta los valores expuestos en la Tabla 1 y tomando como base el valor de P (=1) se obtuvo que para todos los casos la cantidad requerida de Nitrógeno es mayor que la cantidad observada, lo que muestra una carencia de este elemento en el área; de igual forma los silicatos en algunas zonas presentan valores observados bajos en comparación con los requeridos, pero el Nitrógeno sigue siendo el elemento limitante por encima del Silicio (Tablas 1 y 2). De esta manera, sí se toma como limitante el Nitrógeno observado se podría determinar la cantidad de Si y P que estaría siendo realmente utilizada en el área (Tablas 1 y 2).

Según estas proporciones es posible observar que la disposición de todos los nutrientes aumenta de la zona costera a la oceánica, lo que a la vez podría explicar porqué se encuentra menor abundancia de fitoplancton en la región abierta de la bahía y mayor abundancia hacia la zona costera (Fig.3). En algunos casos se presentaron bajos registros de silicatos en la costa, lo que puede relacionarse con la alta cantidad de diatomeas que se encontraron en esta zona, las cuales según Margalef (1982) utilizan grandes cantidades de silicatos para conformar su pared celular.

En general, para toda el área e independientemente de la época climática fue posible detectar que el elemento limitante fue el Nitrógeno (Tablas 1 y 2), observándose un sólo caso en el que el Fósforo actuó como limitante. Es así como, la relación obtenida por medio de la proporción Si:N:P a partir del elemento limitante, de cierta forma, permite demostrar el porqué de la distribución de abundancia dentro del área; pudiéndose observar los máximos valores de abundancia en las zonas con mayor concentración de sales nutritivas a excepción de algunos casos como por ejemplo el registrado para diatomeas durante la época El Niño donde, a pesar de presentarse valores más altos de nutrientes en la región interna, la abundancia fue menor que en la zona intermedia. Esto

se explica sí se tiene en cuenta que la temperatura en la zona interna fue mayor, lo que afecta a gran parte de las especies que componen este grupo, las cuales prefieren temperaturas bajas. Todas estas relaciones confirman la dependencia que hay entre las microalgas y los parámetros físico-químicos. Según Ochoa, *et al.* (1985), existe una estrecha relación entre los cambios poblacionales de la comunidad fitoplanctónica y las variaciones en estos parámetros, por lo que siempre es necesario tener en cuenta todas las variables en conjunto al hacer este tipo de análisis.

CONCLUSIONES

Tanto las diatomeas como los dinoflagelados para la época Normal mostraron la mayor variación de abundancia, ya que esta época presenta una gran inestabilidad haciendo que las comunidades estén sujetas a cambios intra-anales de temperatura; por el contrario, durante La Niña y El Niño se presentó una menor variación en los valores.

Para las diatomeas los meses de máxima abundancia (enero y agosto) se relacionaron con temperaturas bajas (menores a 27.5°C); en cambio, para los dinoflagelados los mayores registros se presentaron en abril, el cual corresponde al mes con temperaturas más altas (cerca de 28°C) para la época Normal. Para las épocas Niña y Niño no es posible establecer una relación entre las diatomeas con respecto a los meses, porque estas anomalías no son periódicas y pueden presentarse en cualquier momento del año, mostrando oscilaciones impredecibles.

Durante La Niña la temperatura activa la producción de diatomeas para toda la bahía, lo que indica la preferencia de este grupo por las temperaturas bajas; mientras que en El Niño la temperatura actúa como un fuerte limitante para el desarrollo de estas algas, viéndose disminuida de forma drástica la cantidad de células en el área. En el caso de los dinoflagelados se observa un comportamiento contrario, presentándose los valores promedio más bajos durante la época fría y los valores más altos durante la época cálida. El intervalo de temperatura en el que se observó mayor abundancia de diatomeas fue de 26 a 27.5°C y para los dinoflagelados de 28 a 31°C.

A lo largo de las horas del día se observaron cambios en la comunidad de diatomeas, obteniéndose los mayores registros de abundancia entre 8:00 y 10:30 a.m. y las 13:30 y 16:00 p.m., para las épocas Normal y Niña. En el caso de El Niño las poblaciones están más afectadas por la temperatura, la cual inhibe la producción de diatomeas, observándose bajos registros de abundancia para toda la zona y en todas las horas del día.

En el caso de los dinoflagelados para la época Normal se presentó la mayor cantidad de individuos entre las 9:00 y las 10:30 a.m. y en las horas de la tarde a partir de las 14:00 p.m.; para El Niño en las horas de la mañana entre las 7:00 a.m. y las 12:00 m.; durante La Niña la temperatura del agua actúa como un inhibidor de la producción de dinoflagelados, por lo que es posible observar estas algas a cualquier hora del día.

No sólo la temperatura actúa como un limitante en la producción de fitoplancton, ya que independientemente de las épocas climáticas existen factores como los nutrientes que determinarían la distribución y abundancia de estas comunidades en el área.

En general, para toda la bahía, en la zona oceánica la concentración de nutrientes es baja y los cambios en la temperatura son menores; lo que a su vez se relaciona con una menor abundancia y diversidad de especies, las cuales en su mayoría son de tipo oceánico. De manera contraria, en la región más costera aumenta la abundancia y cantidad de especies debido a que la concentración de nutrientes es alta y las variaciones en temperatura son más amplias, observándose sobretodo especies de tipo estuarino.

Tanto para diatomeas como para dinoflagelados se observó que, independientemente de las épocas climáticas, el comportamiento de los nutrientes dentro del área de estudio fue similar. Obteniéndose a partir de la relación Si:N:P que el elemento limitante para toda el área fue el Nitrógeno, registrándose un sólo caso en el que el Fósforo actuó como limitante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antonietti, E., P. Villanueva, E. Delgado y F. Chang. 1993. Organismos indicadores: Dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-1992. Boletín ERFEN. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS. Chile. (1): Pp 20-22.

Avaria Placier, S. y E. Orellana Cepeda. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso, II. Fitoplancton, 1970-1971. Revista Biología Marina, 15 (2): 131.

Centro Control Contaminación del Pacífico. 1991. Sinopsis bioecología de algunos sectores de la costa Pacífica nariñense, con énfasis en estudios de calidad de aguas. Boletín Científico (2): Pp 16 – 93. San Andrés de Tumaco : CCCP, Colombia.

Gershanovuch, D. E. y A. M. Muromcev. 1982. Principios oceanológicos de la productividad biológica del océano mundial. Gidrometeoizdat, Leningrado, 319 pp.

Jordán, R. 1993. Nota sobre los indicadores biológicos de El Niño y el programa Regional del Fenómeno del Niño (EREN). Boletín ERFEN. Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS. Chile (2): Pp 44 - 47.

Margalef, R. 1982. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona, 951 pp.

Moiseev, P. A. 1989. Recursos biológicos del océano mundial. Agropromizdat, Moscú, 367 pp.

Montagut, E. A. y E. E. Cabrera. 1997. Situación de riesgo en la Ensenada de Tumaco. Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP. Boletín Científico (6): Pp 7 - 28.

Ochoa. N, B. Rojas De Mendiola y O. Gómez. 1985. Identificación del Fenómeno 'El Niño' a través de los organismos fitoplanctónicos. Boletín 'El Niño' Su impacto en la fauna marina. IMARPE. Perú, Pp 23-31.

Ramade, F. 1977. Elementos de ecología aplicada. Ediciones Multiprensa. Madrid, 581 pp.

Sergeev, Y. 1979. Modelación de los procesos de transporte y transformación de sustancias en el mar. Universidad de Leningrado. Leningrado, 291 pp.

Vainovsky, P. y V. Malinin. 1991. Métodos del Tratamiento y Análisis de la Información Oceanológica. Análisis unidimensional. Gidrometeoizdat, Leningrado.

FIGURAS Y TABLAS

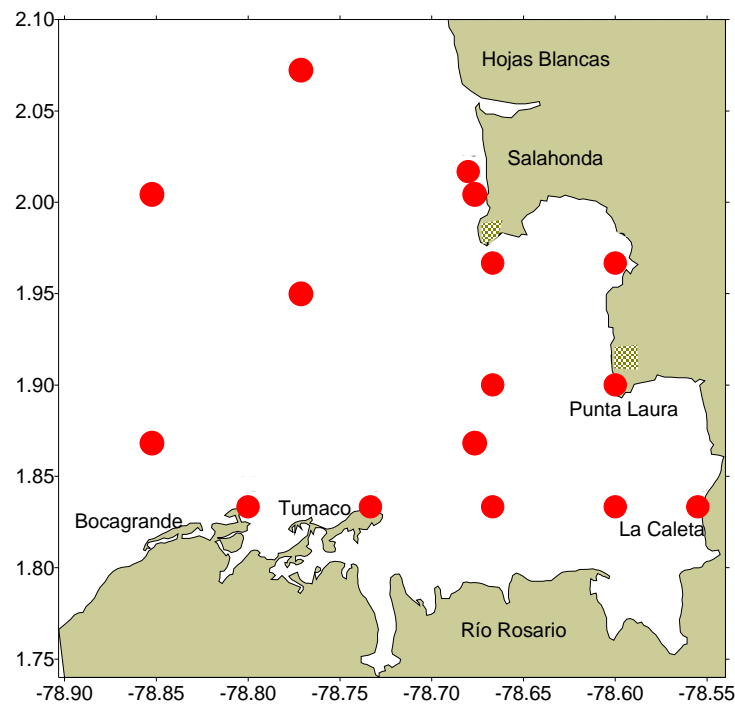


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la bahía de Tumaco, Pacífico Colombiano.

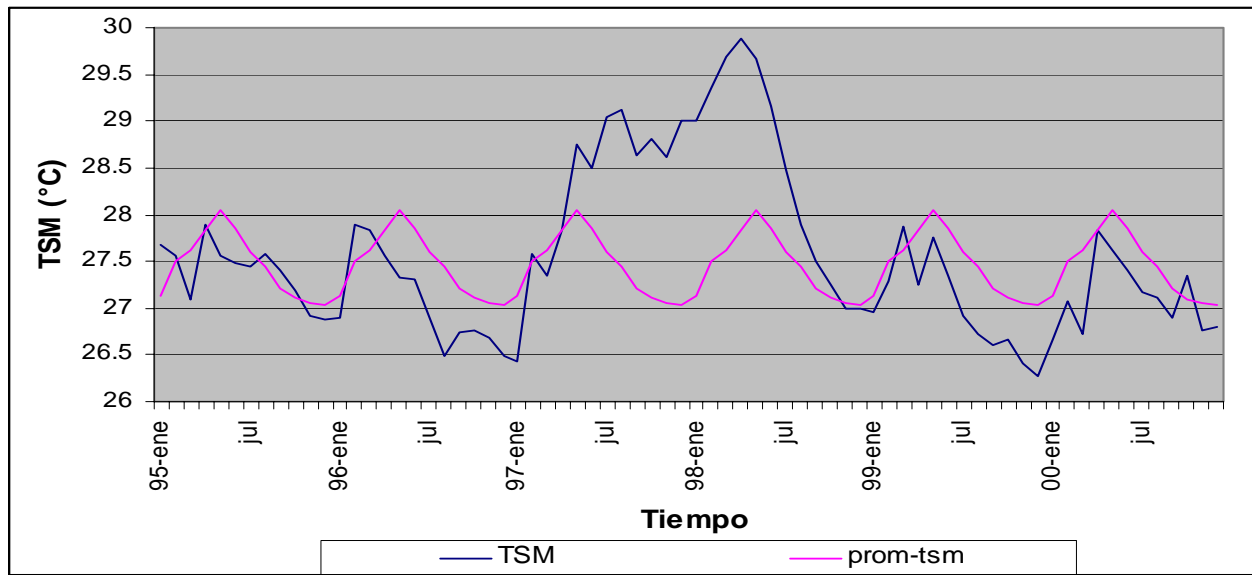
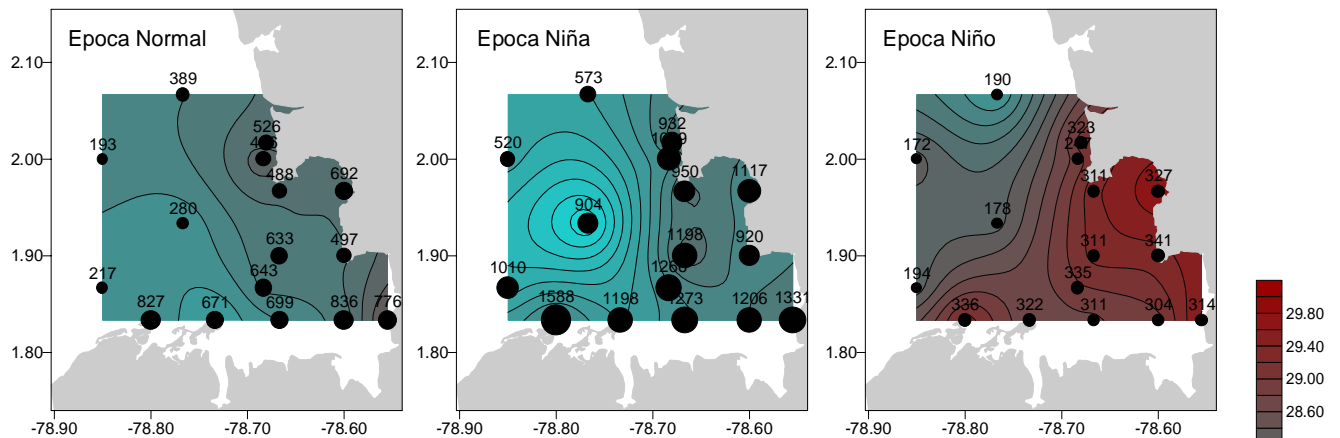


Figura 2. Variación de la temperatura superficial del mar y promedio histórico en la bahía de Tumaco para el período 1995 - 2000.

DIATOMEAS



DINOFLAGELADOS

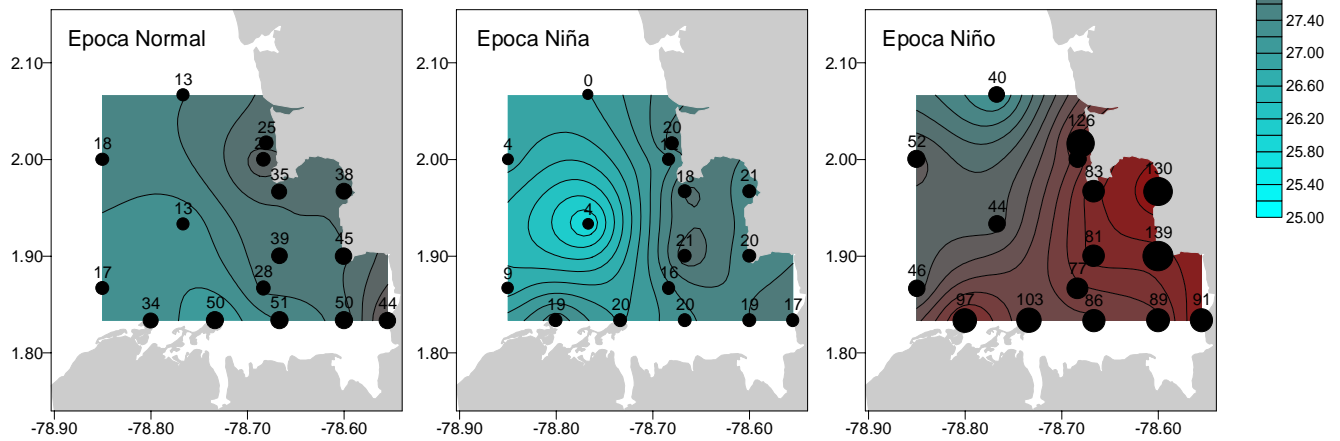


Figura 3. Distribución de la temperatura superficial del mar (isolíneas con escala a color) para cada época climática en relación con abundancia promedio de diatomeas y dinoflagelados (puntos negros).

Tabla 1. Valores de nutrientes requeridos por las diatomeas a partir de la relación Si:N:P = 31:11:1 átomos en cada época climática.

Época	Zonas	Si:N:P observados	Relación de Si:N:P a partir de P	Relación de Si:N:P a partir del elemento limitante
Normal	Oceánica	34 : 2.74 : 0.3	9.3 : 3.3 : 1	7.75 : 2.74 : 0.25
	Costera	13 : 4.65 : 1	31 : 11 : 1	13.02 : 4.65 : 0.42
La Niña	Oceánica	19 : 2.63 : 0.1	3.1 : 1.1 : 1	3.1 : 1.1 : 0.1
	Costera	27.5 : 5.2 : 1.45	45 : 16 : 1	14.57 : 5.2 : 0.47
El Niño	Oceánica	17.5 : 1.78 : 0.25	7.8 : 2.8 : 1	4.96 : 1.78 : 0.16
	Costera	15 : 3.2 : 0.5	15.5 : 5.5 : 1	8.99 : 3.2 : 0.29

- Los valores de color rojo indican el elemento limitante.

Tabla 2. Valores de nutrientes requeridos por los dinoflagelados a partir de la relación Si:N:P = 3:15:1 átomos en cada época climática

Época	Zonas	Si:N:P observados	Relación de Si:N:P a partir de P	Relación de Si:N:P a partir del elemento limitante
Normal	Oceánica	34 : 2.74 : 0.3	0.9 : 4.5 : 1	0.54 : 2.74 : 0.18
	Costera	13 : 4.65 : 1	3 : 15 : 1	0.93 : 4.65 : 0.31
La Niña	Oceánica	19 : 2.63 : 0.1	0.3 : 1.5 : 1	0.3 : 1.5 : 0.1
	Costera	27.5 : 5.2 : 1.45	4.35 : 21.8 : 1	1.05 : 5.2 : 0.35
El Niño	Oceánica	17.5 : 1.78 : 0.25	0.75 : 3.75 : 1	0.36 : 1.78 : 0.12
	Costera	15 : 3.2 : 0.5	1.5 : 7.5 : 1	0.63 : 3.2 : 0.21

- Los valores de color rojo indican el elemento limitante.