

COMPORTAMIENTO DEL FITOPLANCTON DURANTE EL EVENTO ENOS EN EL OCÉANO PACÍFICO COLOMBIANO



RESUMEN

Paula J. Rojas Higuera

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar,
Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la
Tecnología “Francisco José de Caldas”, COLCIENCIAS
p Rojas@colciencias.gov.co

Javier R. Ortiz

Centro Control Contaminación del Pacífico
p Rojas@colciencias.gov.co

Se realiza un análisis del comportamiento del fitoplancton en la cuenca Pacífica colombiana y su relación con las variables físicas y químicas durante el período 1996 – 2000, estableciendo diferencias de comportamiento en eventos ENOS (El Niño y La Niña) y en condiciones normales, con el fin de definir indicadores biológicos. Se reportan 8 especies de diatomeas nuevas durante el fenómeno El Niño y 6 especies nuevas durante el evento La Niña, las cuales pueden ser consideradas como indicadores biológicos. Las especies de dinoflagelados son mejores indicadores biológicos de eventos ENOS que las diatomeas, como es el caso de *Ceratium fusus* var. seta, *C. tripos* var. tripos y *C. furca* var. furca, los cuales son indicadores biológicos del fenómeno El Niño. Durante el fenómeno La Niña se registran 9 especies

**Recibido : Agosto 3 2007 *Aceptado : Octubre 15 2007*

nuevas de dinoflagelados, consideradas como indicadores biológicos, pertenecientes a los géneros Amphidinium, Goniodoma, Gonyaulax, Lingulodinium, Peridinium, Phalacroma, Polykrikos y Protopteridinium.

PALABRAS CLAVE

Fitoplancton, indicadores biológicos, evento El Niño, evento La Niña, océano Pacífico colombiano.

ABSTRACT

An analysis of the Phytoplankton behavior in the Colombian Pacific basin and its relation with physical and chemical variables present during the 1996-2000 period, in order to establish different behaviors during the occurrence of Enos (El Niño y la Niña) and under normal conditions and to define biological indicators. Eight new species of diatoms were detected during the Niño phenomenon and 6 new one during the Niña phenomenon. These new species can be considered as biological indicators. Dinoflagellates are better indicators of the Enos events than the diatoms, as it is the case for Ceratium fusus var. seta, C. tripos var. tripos and C. furca var. furca, which are biological indicators of the Niño phenomenon. During the Niña phenomenon, nine new species of Dinoflagellates were reported and considered as biological indicator belonging to Amphidinium, Goniodoma, Gonyaulax, Lingulodinium, Peridinium, Phalacroma, Polikrikos and Protopteridinium.

KEYWORDS

Phytoplankton, biological indicators, El Niño, La Niña, Colombian Pacific Ocean.

1. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton marino tiene gran importancia ecológica en los ecosistemas marinos debido a que son los productores primarios del océano y, por tanto, proveen la primera fuente de alimento para la vida marina. Los cambios dependientes del tiempo en la biomasa del fitoplancton (dinámica del fitoplancton) son inducidos

por un interjuego complejo de procesos físicos, químicos y biológicos. En los trópicos, donde la luz solar adecuada esta disponible durante todo el año, la dinámica del fitoplancton es controlada por la concentración de nutrientes suministrados a las capas oceánicas más superficiales (Lewis, 1992).

El fitoplancton influye fuertemente en la química del océano, ya que durante la fotosíntesis remueven el dióxido de carbono disuelto en el agua de mar para producir azúcares y otras moléculas orgánicas simples y liberar oxígeno como producto. El fitoplancton también requiere de nutrientes inorgánicos (nitrógeno, fósforo, silicio) y elementos traza (hierro) para sintetizar moléculas complejas, tales como las proteínas. La productividad oceánica, entonces, juega un papel importante en los ciclos biogeoquímicos globales del carbono, oxígeno y otros elementos críticos en la vida terrestre y marina. La magnitud y la variabilidad de la productividad primaria son poco conocidas a escala global, debido a la gran variabilidad espacial y temporal de las concentraciones del fitoplancton marino (Rojas y Pabón, 2000).

En adición a la modificación de los flujos globales de carbono, el fitoplancton oceánico también juega un papel importante en los procesos de interacción océano-atmósfera, como la moderación del calor almacenado de la Tierra, por la producción del dimetil sulfido (DMS) (Lewis, 1992), resultante del metabolismo algal y por la absorción de radiación solar por parte del fitoplancton, atrapando energía solar cerca de la superficie del océano. El flujo generado estabiliza el océano y retiene energía solar en un horizonte profundo que activamente interactúa con la atmósfera en escalas de tiempo relativamente cortas. Para el Pacífico Ecuatorial, por ejemplo, la variabilidad en dicho intercambio de energía pueden influir en procesos que resultan en el conocido evento de la Oscilación Sur de El Niño (Lewis, 1992).

Así, el fitoplancton marino tiene gran importancia en los estudios sobre los fenómenos El Niño y La Niña ya que permite evaluar su efecto en la actividad biológica. Algunos organismos o grupos fitoplanctónicos pueden ser indicadores biológicos de cambios en las condiciones físicas y químicas durante los eventos cálidos y fríos del Pacífico, debido a que son organismos estrictos en requerimiento de salinidad y temperatura, siendo así tipificadores de masas de agua (CCCP, 2002). Una de las características de los eventos cálidos es la disminución poblacional de diatomeas y el aumento de los dinoflagelados, lo cual se ha verificado en el océano

Pacífico colombiano (CCCP, 2002).

En el presente trabajo se realiza un análisis del comportamiento de los grupos fitoplanctónicos diatomeas y dinoflagelados el período 1996 – 2000 en la Cuenca Pacífica colombiana, con el fin de establecer los cambios en el fitoplancton y en los parámetros físicos y químicos en condiciones normales y eventos ENOS.

2. METODOLOGÍA

El análisis del comportamiento del fitoplancton en la Cuenca del Pacífico colombiano se realizó a partir de la información oceanográfica, química y biológica, recolectada en 44 estaciones de los cruceros oceanográficos realizados durante el período 1996–2000. Sin embargo, se seleccionaron cinco cruceros, realizados en el mes de mayo para cada año, con el fin de caracterizar y establecer las diferencias de la dinámica del fitoplancton en la misma época del año.

Los datos de la temperatura y salinidad del mar en la columna de agua, se midieron con un CTD Sea Birds Electronics (SBE-19) hasta una profundidad de 1000 metros aproximadamente, en las estaciones donde la profundidad lo permitió. La temperatura superficial del mar se midió con un termómetro de cazoleta.

Los parámetros químicos y biológicos se midieron de muestras de agua tomadas a profundidades de 0, 25, 50,

75, 100 y 150 metros con botellas Niskin. Los nutrientes son preservados a una temperatura de -4°C y las muestras de fitoplancton se recolectan en recipientes plásticos, fijadas con formalina al 10%, para su posterior análisis en el laboratorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Abundancia de fitoplancton en la cuenca Pacífica colombiana

En la Figura 1 se presenta la abundancia de fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados) en la cuenca del Pacífico colombiano en el período 1996–2000. La abundancia de las diatomeas en 1996 tiende a aumentar (446 cel/ml) con una disminución (a 212 cel/ml) en 1997; sin embargo, se observa que la abundancia de diatomeas en 1998 (2772 cel/ml), en el cual se presentaron condiciones de El Niño, es menor que en 1999 (4290 cel/ml) (evento La Niña) y en el año 2000 (4472 cel/ml), en el cual se presentaron condiciones normales. Esta disminución de la abundancia es ocasionada por el aumento de la temperatura superficial del mar, típica en condiciones El Niño, la cual afecta el desarrollo de este grupo fitoplanctónico.

De otra parte, la abundancia de dinoflagelados tiene un comportamiento diferente al de las diatomeas, pues tiende a ser mayor en condiciones El Niño (1998) (1283 cel/ml) que en condiciones La Niña (1999) (702 cel/ml) o normales (329 cel/ml). Esto se debe a que el incremen-

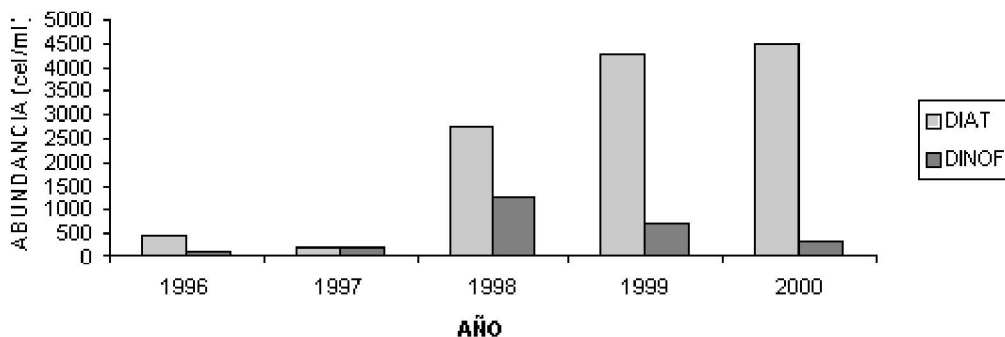


Figura 1 Abundancia de fitoplancton en el océano Pacífico colombiano durante el periodo 1996 – 2000.

to de la temperatura del mar es una condición propicia para el desarrollo de algunas especies de dinoflagelados (Segar, 1998).

3.2 Relación entre la abundancia de fitoplancton y la temperatura superficial del mar

3.2.1 Diatomeas

La relación entre la abundancia de diatomeas y la temperatura superficial del mar (TSM) para el período

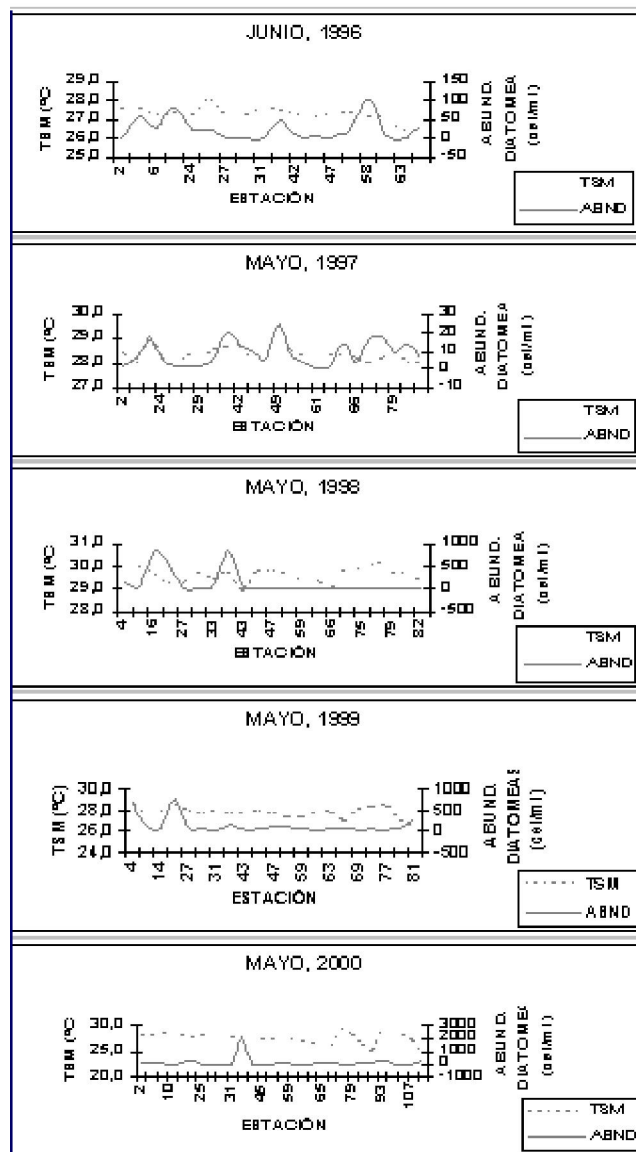


Figura 2. Relación entre la temperatura superficial del mar y la abundancia de diatomeas en el océano Pacífico colombiano, período 1996 – 2000.

1996–2000 se muestra en la Figura 2. En 1996 y 1997, se observa una correlación directa entre la TSM y la abundancia de diatomeas, ya que esta última tiende a aumentar cuando la temperatura del mar incrementa, manteniéndose este comportamiento tanto en la región costera como en la región oceánica. No obstante, en algunos puntos la abundancia disminuye cuando la TSM aumenta.

Durante mayo de 1998 se observa que hacia la región costera la abundancia de diatomeas varía notablemente (entre valores extremos de 12 y 844 cel/ml), aumentando con los cambios de temperatura del mar (de 28.6 a 30°C), ocasionados por el fenómeno El Niño, mientras que en la región oceánica la abundancia disminuye drásticamente (de 844 a 2 cel/ml) debido a los altos valores de TSM (máximo 30.1°C), en comparación con los años anteriores, en los cuales se registran temperaturas máximas de 28°C en 1996 y 29°C en 1997.

En el mes de mayo de 1999, en condiciones de La Niña, cuando la temperatura del mar nuevamente tiende a disminuir (26.4 - 28.6°C), la abundancia de diatomeas tiende a ser un poco más alta, tanto en la región costera (756 cel/ml) como en la región oceánica (250 cel/ml), comparado con lo registrado en 1998; no obstante, estos valores altos de abundancia son mayores en la zona costera (844 cel/ml).

En el año 2000, el comportamiento de la abundancia de las diatomeas tiende a normalizarse (entre 4 y 1975 cel/ml) con respecto a la temperatura superficial del mar (24.5 – 29°C), por lo tanto la abundancia tiende a aumentar (115 cel/ml) cuando la temperatura del mar disminuye (24.9°C) y viceversa. De otra parte, la abundancia de diatomeas tiende a ser similar en las regiones costera (con un promedio de 316 cel/ml) y oceánica (con un promedio de 384 cel/ml), sin embargo, en el área cerca de la Bahía de Tumaco, se registran los valores de abundancia más altos (1975 cel/ml), para esta época.

3.2.2 Dinoflagelados

En la Figura 3 se muestra la relación entre la abundancia de dinoflagelados y la temperatura superficial del mar para el período 1996–2000. Para los meses de junio de 1996 y mayo de 1997, se observa una clara correlación entre la temperatura del mar y la abundancia de dinoflagelados, registrándose los valores más altos de abundancia (24 cel/ml) cuando la temperatura superficial del mar es mayor (28.6 °C) y viceversa, tanto en la región

costera (con un promedio de 16 cel/ml) como en la región oceánica (con un promedio de 18 cel/ml).

Para mayo de 1998 (fenómeno El Niño), no existe una correlación definida entre la TSM y la abundancia de dinoflagelados, ya que en algunos puntos la abundancia tiende a disminuir cuando la temperatura del mar aumenta, mientras que en otras regiones la abundancia aumenta con el descenso de la temperatura. Sin embargo, la abundancia de dinoflagelados es mayor en la zona costera (306 cel/ml) que en la zona oceánica (60 cel/ml)

y tiende a ser más alta (1283 cel/ml) en comparación con los años anteriores, posiblemente debido a que las aguas marinas son más cálidas (30.1°C) durante un evento El Niño, favoreciendo su desarrollo.

En 1999 (fenómeno La Niña), al igual que en 1998, no existe una correlación entre la abundancia de dinoflagelados y la TSM, teniendo un comportamiento similar al año anterior. No obstante, la temperatura superficial del mar disminuye (entre 26.4 y 28.6°C) en esta época en comparación con el año anterior (entre 28.9 y 30.1°C) y la abundancia de dinoflagelados también tienden a disminuir (de 1283 a 702 cel/ml en total), comportamiento que se observa en las regiones costera (26 cel/ml) y oceánica (24 cel/ml).

Durante el 2000, cuando existen condiciones normales, la abundancia de dinoflagelados disminuye (329 cel/ml) en comparación con 1998 (1283 cel/ml) y 1999 (702 cel/ml), pero aumenta con valores bajos de temperatura (entre 24.5 y 29°C) y viceversa. Igualmente, esta variación en el comportamiento de la abundancia es similar tanto en la región oceánica (con un promedio de 24 cel/ml) como en la región costera (con un promedio de 30 cel/ml).

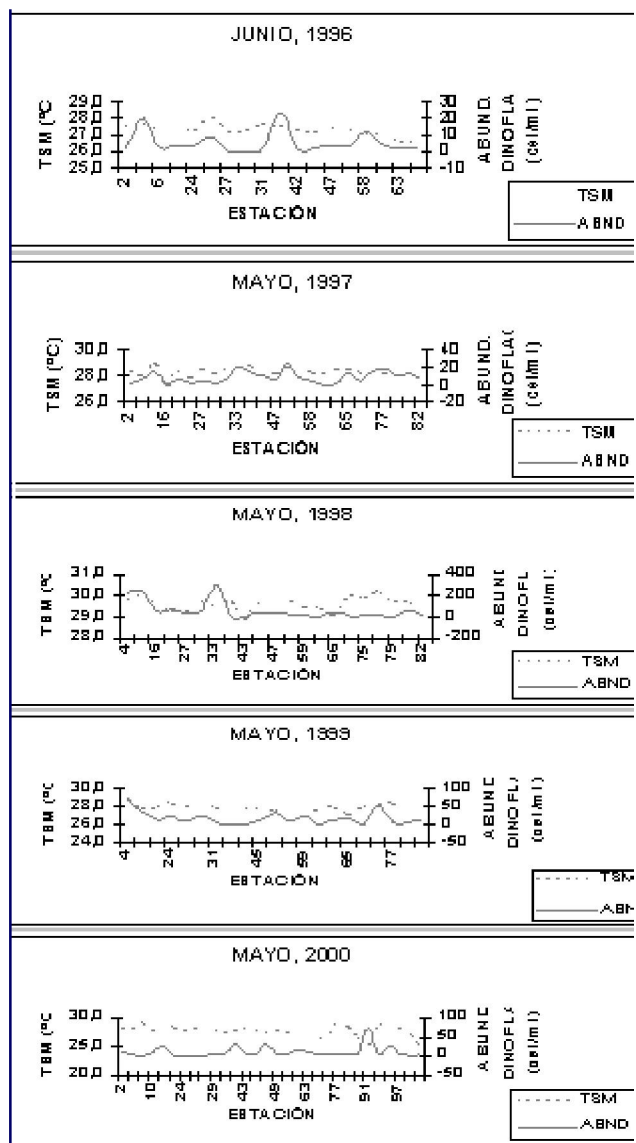


Figura 3 Relación entre la temperatura superficial del mar y la abundancia de dinoflagelados en el océano Pacífico colombiano, período 1996 – 2000.

3.3 Relación entre la abundancia de fitoplancton y la salinidad del mar

3.3.1 Diatomeas

La relación entre la salinidad del mar y la abundancia de diatomeas para el período 1996 – 2000, se muestra en la Figura 4.

En 1996, no existe una correlación definida entre la abundancia de diatomeas y la salinidad, mientras que en 1997 se puede observar que la abundancia de diatomeas es menor (6 cel/ml) cuando la salinidad aumenta (33.5) y viceversa, lo cual se mantiene desde la región costera hacia la región oceánica. La salinidad durante estos períodos oscila entre 28.5 y 29.7.

Durante los fenómenos El Niño (1998) y La Niña (1999), el comportamiento de la abundancia de diatomeas es similar a los años anteriores (de 2 a 844 cel/ml), a pesar del incremento en la salinidad para 1998, alcanzando valores entre 30 y 34. En 1999, la salinidad desciende nuevamente, oscilando entre 26 y 33. Las variaciones de la salinidad y la abundancia de diatomeas son más evidentes en la región costera (entre 12 y 842 cel/ml) que en la región oceánica (entre 2 y 6 cel/ml).

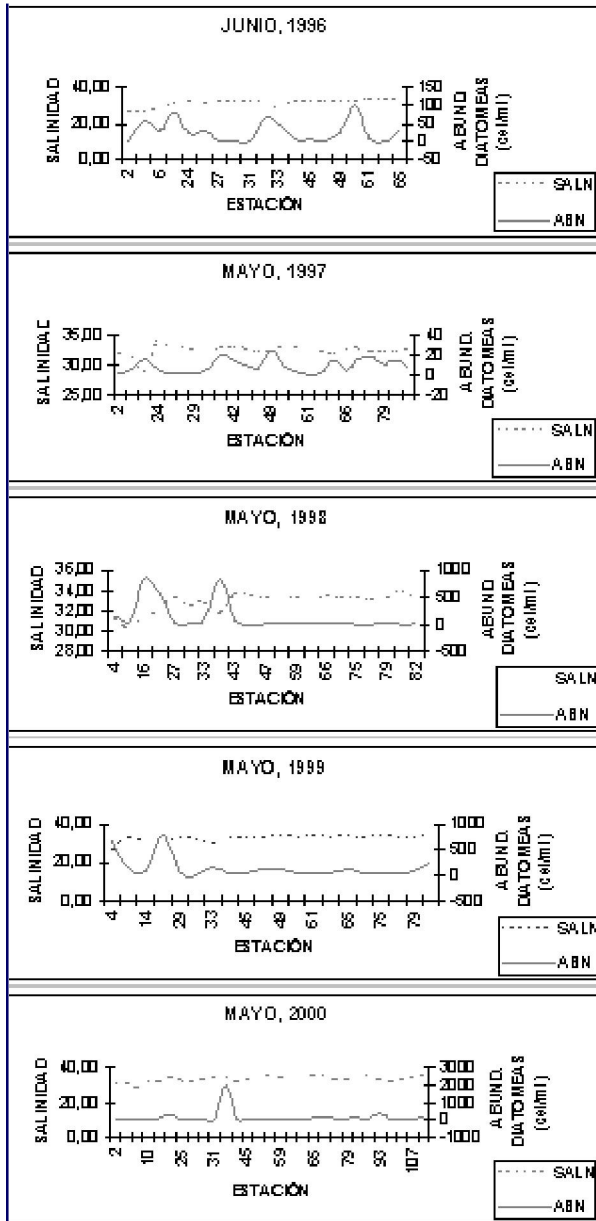


Figura 4 Relación entre la salinidad del mar y la abundancia de diatomeas en el océano Pacífico colombiano, periodo 1996 – 2000.

correlación entre la abundancia de diatomeas y la salinidad del mar, es decir, los valores de abundancia tienden a aumentar (1975 cel/ml) cuando la salinidad se incrementa (entre 34 y 35). Igualmente, los valores de salinidad en esta época son mayores en comparación con los años anteriores (entre 26 y 33).

En mayo de 2000, se observa que tiende a existir una

3.3.2 Dinoflagelados

En la Figura 5, se muestra la relación entre la salinidad del mar y la abundancia de dinoflagelados para el período 1996 – 2000. En 1996, la correlación entre abundancia de dinoflagelados y salinidad no está bien definida,

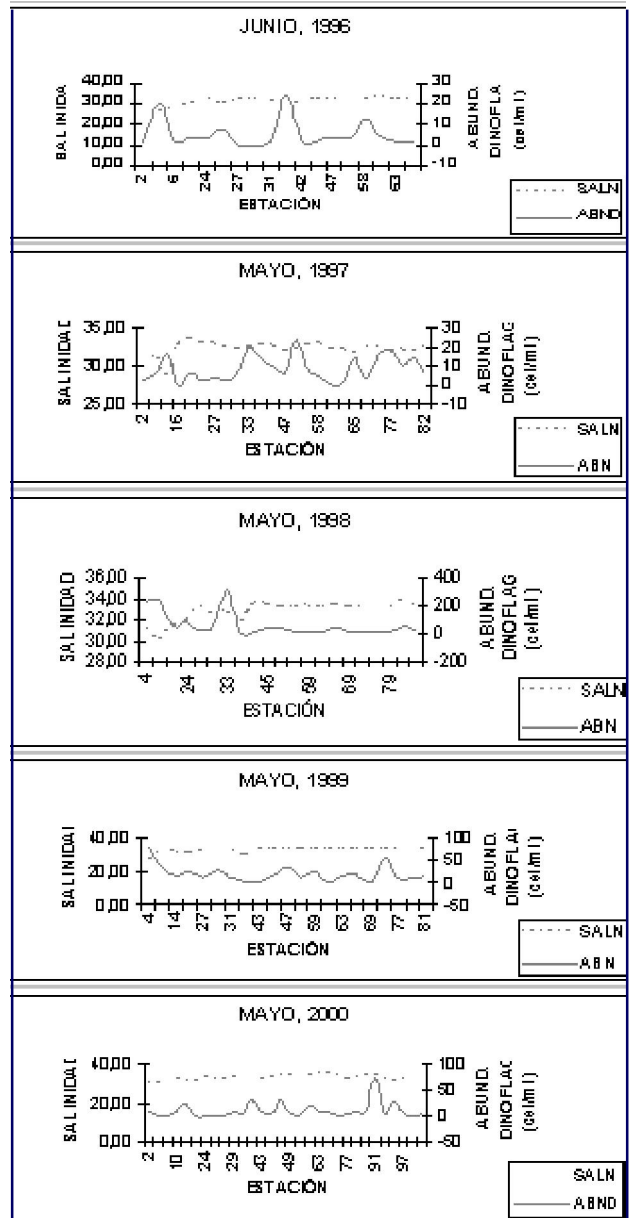


Figura 5 Relación entre la salinidad del mar y la abundancia de dinoflagelados en el océano Pacífico colombiano, periodo 1996 – 2000.

mientras que en 1997 se puede observar que la abundancia de dinoflagelados es menor (6 cel/ml) cuando la salinidad aumenta (32.7) y viceversa, lo cual se mantiene desde la región costera hacia la región oceánica. Este comportamiento es muy similar al de las diatomeas para la misma época, en donde la salinidad oscila entre 28.5 y 29.7.

En 1998, en condiciones de El Niño, se observa que la abundancia de dinoflagelados está correlacionada con la salinidad del mar, siendo la abundancia mayor (306 cel/ml) cuando la salinidad aumenta (32.7); sin embargo, en algunos puntos esta correlación es inversa, especialmente en la región costera (abundancia de 26 cel/ml y salinidad de 33.3).

Durante el fenómeno La Niña (1999), los valores de salinidad son muy similares (entre 26.2 y 33.6); no obstante, se puede observar una tendencia de correlación entre la abundancia de dinoflagelados y la salinidad del mar, similar al año anterior.

En mayo de 2000, igualmente se observa una correlación entre la abundancia de dinoflagelados y la salinidad del mar, pues los valores de abundancia tienden a disminuir (0 cel/ml) con el descenso de la salinidad (28.4). Este comportamiento es evidente desde la región costera (abundancia de 0 cel/ml, con salinidad de 28.5) hacia la región oceánica (abundancia de 5 cel/ml, con salinidad de 32.6).

3.4 Composición de especies de fitoplancton

3.4.1 Diatomeas

Durante el mes de junio de 1996 se identificaron 29 géneros y 72 especies, siendo las más importantes por su abundancia: *Chaetoceros affinis*, *Ch. peruvianus*, *Ch. cinctus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. dydimus* y *Ch. lorenzianus*; *Rhizosolenia alata*, *R. delicatula*, *R. setigera* y *R. hebetata*; *Nitzschia angularis*, *N. bicapitata*, *N. closterium*, *N. longissima* y *N. lineata*; *Odontella dubia*, *O. mobiliensis*, *O. alternans*, *O. pulchella* y *O. regia*; *Skeletonema costatum*; *Coscinodiscus eccentricus*, *C. nitidus*, *C. concinnus*, *C. granii*, y *C. radiatus*.

En comparación con lo presentado en el año anterior, hay un descenso en número de especies durante mayo de 1997, en el cual se encontraron un total de 63 especies correspondientes a 32 géneros, siendo en su orden los mejor representados: *Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. affinis*, *Ch. coarctatus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. dydimus*

var. anglica y *Ch. peruvianus*; *Rhizosolenia alata*, *R. alata var. curvirostris*, *R. castracanei*, *R. hebetata*, *R. fragilissima* y *R. setigera*; *Coscinodiscus nitidus*, *C. eccentricus*, *C. granii*, y *C. radiatus*; *Bacteriastrium hyalinum*; *Nitzschia angularis*, *N. bicapitata* y *N. closterium*; *Asteromphalus brookeii*, *A. elegans* y *A. heptatis*.

Para mayo de 1998, año en el cual se presentó un evento Niño, se identificaron 127 especies y 53 géneros, según CCCP (2002), siendo los más representativos: *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. peruvianus* y *Ch. dictyota*; *Odontella sinensis*, *O. regia*, *O. longicruris*, *O. alternans* y *O. aurita*; *Coscinodiscus eccentricus*, *C. nitidus*, *C. granii*, *C. radiatus* y *C. concinnus*; *Nitzschia pacifica*, *N. angularis*, *N. bicapitata*, *N. brevissonii*, *N. longissima*, y *N. recta*; *Rhizosolenia alata*, *R. setigera*, *R. alata var. curvirostris*, *R. hebetata* y *R. robusta*; *Asteromphalus heptatis* y *A. elegans*; *Bacteriastrium hyalinum* y *B. elongatum*.

Así mismo, para 1998 se observaron ocho especies nuevas para esta región y únicas para esta época como fueron *Asteromphalus cleveanus*, *Actinoptychus mediterraneum*, *Chaetoceros atlanticus var. neapolitana*, *Gyrosigma balticum*, *G. fasciolata*, *Melosira fausta*, *Odontella longissima* y *Pleurosigma heros* (CCCP, 2002).

En mayo de 1999, en donde se presentaron condiciones de evento La Niña, notándose un aumento en el número de especies en comparación con 1998 (evento El Niño) con 144 especies y 57 géneros reportados, según CCCP (2002). Los géneros más representativos fueron: *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. cinctus* y *Ch. atlanticus*; *Rhizosolenia alata var. curvirostris*, *R. hyalina*, *R. hebetata*, *R. alata* y *R. delicatula*; *Nitzschia pacifica*, *N. angularis*, *N. recta*, *N. bicapitata*, *N. brevissonii*; *Coscinodiscus nitidus*, *C. eccentricus*, *C. granii*, *C. concinnus*; *Asteromphalus heptatis*, *A. elegans* y *A. flabellatus*; *Cyclotella striata* y *C. meneghiniana*; *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata* y *P. pungens*.

Igualmente, en 1999 se presentaron 6 especies nuevas en esta área como *Asteromphalus hyalinus*, *Chaetoceros anastomosans*, *Campylodiscus undulatus*, *Fragiliaropsis rombica*, *Pinnularia brevicostata* y *Pixidicula striata* (CCCP, 2002).

Durante mayo de 2000, período en el cual retornan las condiciones normales, se identificaron 180 especies agrupadas en 68 géneros, siendo este año con mayor

número de especies en comparación con los anteriormente mencionados. Las especies más destacadas según CCCP (2002) son: *Dactyliosolen fragillissimus*; *Thalassiosira anguste-lineata* y *T. allenii*; *Leptocylindrus danicus*; *Planktoniella sol*; *Pseudo-nitzschia pungens*, *P. pseudodelicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. lineola* y *P. delicatissima*; *Chaetoceros diadema*, *Ch. compressus*, *Ch. lorentzianus* y *Ch. affinis*; *Skeletonema costatum*; *Eucampia cornuta*; *Guinardia flaccida* y *G. striata*; *Licmophora abbreviata*; *Thalassionema nitzschoides*, *T. bacillare* y *T. delicatula*; *Nitzschia longissima*; *Hemiaulus hauckii*; *Detonula confervacea*; *Coscinodiscus marginatus*; *Grammatophora marina* y *Rhizosolenia imbricata*.

La comunidad de diatomeas más abundante durante junio de 1996 y mayo de 1997, fueron las especies pertenecientes a los géneros *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*, bajo condiciones de temperatura entre 26.5 y 29°C y de salinidad, entre 28.5 y 29.7; estas comunidades fitoplanctónicas se desarrollan favorablemente bajo condiciones de temperatura y salinidad, relativamente bajas, según Castillo y Oviedo (1990).

Durante mayo de 1998, en condiciones de temperatura y salinidad más altas, las especies de diatomeas del género *Chaetoceros* continua siendo la más predominante, junto con el género *Odontella*, las cuales pueden soportar temperaturas altas. No obstante, las especies nuevas registradas, *Asteromphalus claveanus*, *Actinoptychus mediterraneum*, *Chaetoceros atlanticus* var. *neapolitana*, *Gyrosigma balticum*, *G. fasciolata*, *Melosira fausta*, *Odontella longissima* y *Pleurosigma heros*, son posibles indicadores del fenómeno cálido del Pacífico (El Niño), debido a su condición de especies únicas encontradas durante esta época (CCCP, 2002).

Las condiciones de un evento La Niña, se presentaron en mayo de 1999, en donde la temperatura y la salinidad del mar descienden nuevamente, siendo los géneros de diatomeas más abundantes, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia* (Uribe, 2003). Sin embargo, las especies nuevas y únicas presentes en esta época, *Asteromphalus hyalinus*, *Chaetoceros anastomosans*, *Campylodiscus undulatus*, *Fragiliaropsis rombica*, *Pinnularia brevicostata* y *Pixidicula striata* (CCCP, 2002), son posibles indicadores del fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) en territorio marítimo del Pacífico colombiano.

En condiciones normales (mayo de 2000), la abundancia de diatomeas aumenta y predominan diferentes espe-

cies, ya que la temperatura disminuye y la salinidad aumenta en comparación con los años anteriores. Los géneros predominantes fueron principalmente *Dactyliosolen* y *Thalassiosira*, mientras que la abundancia del género *Chaetoceros* disminuye notablemente. Esto se debe, posiblemente, a que cada género tiene diferentes adaptaciones metabólicas para su desarrollo en medios de temperaturas bajas y ricos en nutrientes, como es el caso de la *Thalassiosira*, la cual se encuentra relacionada con aguas frías o templadas (Uribe, 2003), aunque hay especies de este género en aguas cálidas de zonas neríticas (Cupp, 1948).

Las especies de diatomeas reportadas durante el período 1996 – 2000, son cosmopolitas, provenientes de aguas templadas, especialmente, las pertenecientes a los géneros *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* y *Odontella*, las cuales están asociadas con rangos amplios de temperatura (entre 24.4 y 28.5°C) y de salinidad (entre 19.7 y 34.4), es decir, euritéricas y eurihalinas. Igualmente, las corrientes oceanográficas transportan organismos, los cuales se ubican en áreas que favorecen su desarrollo por condiciones de temperatura y salinidad del mar (Castillo y Oviedo, 1990). Estos dos factores dificultan la definición de especies de diatomeas como indicadores biológicos; no obstante, hay especies únicas que pueden indicar la presencia de eventos ENOS.

3.4.2 Dinoflagelados

En el mes de junio de 1996, se identificaron 15 géneros y 25 especies, siendo las más representativas por su abundancia en su orden: *Diplopelta asimetrica*; *Pyrocistis hamulus*; *Plectodinium nucleovelatum*; *Prorocentrum gracile* y *P. micans*; *Oxytoxum turbo*; *Diplopsalis minor* y *Gonyaulax sphaeroidea*.

En comparación con lo presentado en el año anterior, hubo un aumento en número de especies durante mayo de 1997, en el cual se encontraron un total de 68 especies agrupadas en 23 géneros, siendo las más importantes: *Ceratocorys horrida*; *Gonyaulax fragilis*, *G. turbynei*, *G. poliedra* y *G. sphaeroidea*; *Ceratium tripos* var. *tripos*, *C. massilense* var. *armatum* y *C. tripos* var. *porrectum*; *Prorocentrum micans*, *P. glacile* y *P. compressum*; *Dynophysis rotundata*; *Plectodinium nucleovelatum* y *Oxytoxum scolopax*.

Durante mayo de 1998, con presencia del fenómeno del Niño, se identificaron 128 especies y 31 géneros (CCCP, 2002), siendo los más representativos: *Ceratium furca*

var. furca, *C. tripos* var. breve, *C. tripos* var. tripos, *C. fusus* var. seta y *C. fusus* var. fusus; *Protoperidinium conicum*, *P. subsphaeroidea*, *P. steinii*, *P. joubini* y *P. depressum*; *Prorocentrum minimum*, *P. gracille*, *P. compressum*, *P. micans* y *P. euarquatum*; *Gonyaulax polygramma*, *G. sphaeroidea*, *G. poliedra* y *G. fragilis*; *Gymnodinium splendens*, *G. sanguineum* y *G. catenatum*.

Así mismo, para este mismo año, se observan 29 especies nuevas para esta época, las cuales se mencionan a continuación, de acuerdo con lo reportado en CCCP (2002): *Ceratium concilians*, *C. furca* var. furca, *C. karsteni*, *C. paradoxides*, *C. pentagonum* var. tenerum, *C. pulchellum*, *C. tripos* var. porrectum y *C. vultur* var. japonicum; *Dinophysis argus*, *D. fortii*, *D. hastata* y *D. nias*; *Gymnodinium baccatum* y *G. fragilissima*; *Gonyaulax jolliffei* y *G. polyedricum*; *Phalacroma cuneus* y *P. favus*; *Podolampas elegans*; *Polykrikos kofoidii*; *Prorocentrum emarginatum*, *P. granii*, *P. mexicanum* y *P. scutellum*; *Protoperidinium crassipes*, *P. gibbosum* y *P. quarnerense*; *Spiraulax kofoidii*.

En mayo de 1999, año en el cual se presentaron condiciones de evento Niña, se observa una disminución en el número de especies en comparación con 1998 (evento Niño) con 92 especies y 30 géneros reportados, siendo los más importantes: *Protoperidinium*: *P. steinii*, *P. conicum* y *P. depressum*; *Ceratium furca*, *C. fusus* var. seta, *C. tripos* var. tripos y *C. teres*; *Prorocentrum micans*, *P. minimum* y *P. compressum*; *Gonyaulax fragilis*, *G. polygramma*, *G. scrippsae* y *G. sphaeroidea*; *Phalacroma rotundatum*; *Gymnodinium sanguineum*, *G. catenatum* y *G. breve*.

Igualmente, en 1999 se presentaron 9 especies nuevas, según CCCP (2002), como *Amphidinium curcubita*, *Goniodoma sphaericum*, *Gonyaulax szeptum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Peridinium punctulatum*, *Phalacroma doryphorum*, *P. rotundatum*, *Polykrikos schwartzii* y *Protoperidinium leonis*.

Durante mayo de 2000, se identificaron 117 especies agrupadas en 16 géneros, siendo el año con mayor número de especies en comparación con los anteriormente mencionados. Las especies más destacadas según CCCP (2002), son: *Scrippsiella trochoidea*; *Ptychodiscus inflatus*; *Oxytoxum minimum* y *O. scolopax*; *Prorocentrum micans*; *Gonyaulax polygramma*; *Protoperidinium cerasus*, *P. steinii* y *P. conicum*; *Cladopyxis brachiolata*; *Ceratium macroceros*, *C. kofoidii* y *C. lineatum*; *Ceratocorys horrida*; *Dinophysis caudata* y *D. exigua*; *Preperidinium meunieri*; *Diplopelta simmetrica*; *Pyrophacus steinii* y *Podolampas palmipes*.

Los géneros de dinoflagelados más abundantes para

1996 y 1997, fueron *Pyrocistis*, el cual es un género eurihalino y *Ceratocorys*, el cual se desarrolla favorablemente durante mayo de 1997, en donde se presenta un calentamiento de masas de agua; sin embargo, en mayo de 1998, este género estuvo ausente, debido a que es un organismo que se desarrolla en rangos estrechos de temperatura (estenotérmico), teniendo en cuenta que es reconocido como indicador de aguas cálidas (Antonietti et al., 1993; Uribe, 2003).

Las especies de dinoflagelados del género *Ceratium*, fueron muy abundantes en mayo de 1998, en condiciones El Niño, en comparación con los años anteriores, lo cual demuestra que es un género que se desarrolla a temperaturas altas, aunque algunas especies soportan variaciones de temperatura muy estrechas como es el caso de *Ceratium fusus* var. seta, *C. tripos* var. tripos y *C. furca* var. furca, de acuerdo con lo reportado por Castillo et al. (1988) y Uribe (2003), los cuales se pueden establecer como indicadores del fenómeno El Niño en la Cuenca del Pacífico colombiano. Así mismo, por su abundancia y por ser especies únicas, son posibles indicadores biológicos, *Ceratium concilians*, *C. furca* var. furca, *C. fusus* var. fusus, *C. karsteni*, *C. paradoxides*, *C. pentagonum* var. tenerum, *C. pulchellum*, *C. tripos* var. porrectum, *C. vultur* var. japonicum, *Dinophysis argus*, *D. fortii*, *D. hastata*, *D. nias*, *Gymnodinium baccatum*, *G. fragilísima*, *Gonyaulax jolliffei*, *G. polyedricum*, *Phalacroma cuneus*, *P. favus*, *Podolampas elegans*, *Polykrikos kofoidii*, *Prorocentrum emarginatum*, *P. granii*, *P. mexicanum*, *P. scutellum*, *Protoperidinium crassipes*, *P. gibbosum*, *P. quarnerense* y *Spiraulax kofoidii*.

Durante el evento de La Niña, al descender la temperatura del mar, los géneros de dinoflagelados más abundantes son *Protoperidinium* y *Ceratium*, los cuales se desarrollan en aguas cálidas; sin embargo, las especies encontradas en este período no presentan rangos estrechos de bajas temperaturas (Uribe, 2003), lo cual hace difícil identificar organismos de dinoflagelados como indicadores del fenómeno La Niña. No obstante, las especies nuevas y únicas en este período pueden sugerirse como indicadores del evento la Niña, las cuales son: *Amphidinium curcubita*, *Goniodoma sphaericum*, *Gonyaulax szeptum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Peridinium punctulatum*, *Phalacroma doryphorum*, *P. rotundatum*, *Polykrikos schwartzii* y *Protoperidinium leonis*.

Con el retorno de las condiciones normales en mayo de 2000, las especies de los géneros *Scrippsiella*, *Gonyaulax*, *Oxytoxum*, *Protoperidinium*, *Alexandrium* y *Dinophysis* tienen una gran distribución en aguas tropi-

cales y subtropicales. El género más importante y abundante fue *Scrippsiella*, que aunque se adapta a condiciones amplias de temperatura entre 10 y 30°C y de salinidad, entre 5 y 55, estuvo ausente durante los eventos El Niño y La Niña, según Uribe (2003).

3.5 Variación de los nutrientes, período 1996 – 2000

En la Figura 6, se presentan las concentraciones promedio de los nutrientes: nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicato, para el período 1996 – 2000.

Durante el período 1996 – 2000, las menores concentraciones de nutrientes las registran el fosfato, el amonio y el nitrito, ya que el fitoplancton consume gran cantidad de estos nutrientes; sin embargo, las concentraciones

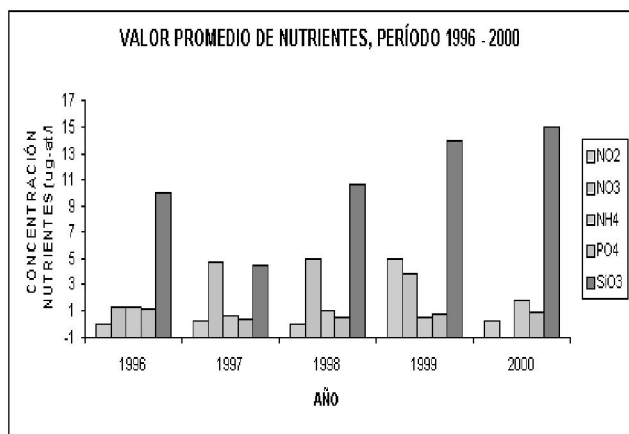


Figura 6 Concentraciones promedio de nutrientes en el océano Pacífico colombiano, período 1996 – 2000.

observa que durante todo el período, los valores de concentración del silicato fueron más altos (con un promedio de 10.8 µg-at/l) en comparación con los demás nutrientes, cuyos valores se mantienen relativamente bajos (entre 0.05 y 5.01 µg-at/l).

En junio de 1996, la concentración promedio del nitrato, amonio y fosfato fueron similares, con valores que oscilaron entre 1.14 y 1.34 µg-at/l, mientras que el nitrito registró la concentración más baja (0.07 µg-at/l) y el silicato, la concentración más alta, alcanzando 9.98 µg-at/l de magnitud.

de nitrato y silicato son relativamente altas. La variación en la concentración de los nutrientes, se debe a varios factores, especialmente biológicos, ya que el fitoplancton asimila el amonio, el fosfato y el nitrato, con o sin iluminación, mientras que para la asimilación de nitrito es indispensable la energía lumínica (Uribe, 2003).

Adicionalmente, las concentraciones altas de nitrato registradas durante este período en la Cuenca Pacífica colombiana, se debe posiblemente a que el nitrato es el nutriente más estable de los compuestos nitrogenados, ya que no se oxida fácilmente, como el amonio y el nitrito; además, según Levinton (1995), la asimilación del nitrato puede ser inhibida por el amonio disuelto, lo cual está relacionado con la baja concentración de amonio y por ende, la alta concentración de nitrato en la Cuenca Pacífica colombiana durante el período de estudio.

Las altas concentraciones de silicato coinciden con la mayor abundancia de diatomeas, entre 1998 y 2000, ya que el silicio es un constituyente esencial para el esqueleto de las diatomeas; pues la disminución de silicato inhibe la reproducción de la célula y en algunos casos, puede suprimir su actividad metabólica (Levinton, 1995; Segar, 1998). Adicionalmente, es importante mencionar que la concentración de silicato en aguas profundas es mayor que en aguas superficiales, debido al crecimiento y sedimentación del plancton, los cuales remueven este nutriente del océano, por medio de procesos biológicos (Levinton, 1995).

En general, la concentración de nutrientes disminuye durante los períodos cálidos como se observa en mayo de 1997 y mayo de 1998, y tiende a aumentar durante los períodos fríos (mayo de 1999); ésto se debe a que en la presencia del fenómeno El Niño, hay un hundimiento de la termoclina, lo cual ocasiona que las aguas ascendentes sean cálidas y pobres en nutrientes (Uribe, 2003).

4. CONCLUSIONES

La abundancia de diatomeas y dinoflagelados dependen de factores como la temperatura, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes.

Muchas especies de diatomeas son cosmopolitas y se pueden desarrollar dentro de amplios intervalos de temperatura y salinidad, lo cual dificulta la definición de especies de diatomeas como indicadores biológicos de eventos ENOS; no obstante, se reportan 8 especies de diatomeas nuevas durante el fenómeno El Niño y 6

especies nuevas durante el evento La Niña, las cuales pueden ser consideradas como indicadores biológicos. Las especies de dinoflagelados son mejores indicadores biológicos de eventos ENOS, ya que algunas especies se desarrollan en intervalos de temperatura y salinidad estrechas, como es el caso de *Ceratium fusus* var. *seta*, *C. tripos* var. *tripos* y *C. furca* var. *furca*, los cuales son indicadores biológicos del fenómeno El Niño en el océano Pacífico colombiano. Igualmente, se consideran indicadores biológicos, 29 especies nuevas de dinoflagelados registradas durante este evento.

Durante el fenómeno La Niña (1999), se registran 9 especies nuevas de dinoflagelados para el Océano Pacífico colombiano, considerados como indicadores biológicos de este evento, pertenecientes a los géneros: *Amphidinium*, *Goniodoma*, *Gonyaulax*, *Lingulodinium*, *Peridinium*, *Phalacroma*, *Polykrikos* y *Protoperdinium*.

Las concentraciones de nutrientes más bajas las registran el fosfato, el amonio y el nitrito, mientras que las concentraciones de nitrato y silicato son relativamente altas. Esta variación se debe a varios factores, especialmente biológicos, ya que el fitoplancton asimila el amonio, el fosfato y el nitrato, con o sin iluminación, mientras que para la asimilación de nitrito es indispensable la energía lumínica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antonietti, E., Villanueva, P., Delgado, E. & Chang, F. (1993). Dinoflagelados indicadores del Niño 1991-1992. *Boletín ERFEN* (1/2), 20 - 22.

Castillo, F. A., Montagut, C. & Castillo, M. (1988). Avances en el estudio de fitoplancton marino (dinoflagelados) como parte del componente ERFEN. *Memorias VI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar* 4, 338 – 349.

Castillo, F. A. & Oviedo, O. L. (1990). Distribución y abundancia de las diatomeas del Pacífico colombiano durante los cruceros PACÍFICO XI-XII ERFEN VIII-IX. *Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar* 7, 357 – 376.

Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. (2002). *Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica colombiana. Imágenes de la Naturaleza*. Tumaco.

Cupp, E. (1948). *Marine plankton diatom of the west coast of North America*. California: University of California Press.

Levinton, J. S. (1995). *Marine Biology: Function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University Press.

Lewis, M. R. (1992). Satellite ocean color observations of global biogeochemical cycles. In: P. G. Falkowski & A. D. Woodheas (editors), *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*. New York: Plenum Press.

Rojas, P. J. & Pabón, J. D. (2000). Análisis preliminar de la actividad biológica en las áreas marítimas colombianas con información de imágenes de color del océano. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Segar, D. A. (1998). *Introduction to ocean sciences*. New York: Wadsworth Publishing Company.

Uribe, H. J. (2003). Relación entre las condiciones ambientales y la comunidad fitoplanctónica (diatomeas y dinoflagelados) de la Cuenca del Pacífico colombiano (1996–2001). Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.