

ESPECIES PLANCTÓNICAS MARINAS COMO BIOINDICADORAS DE MASAS DE AGUA FRENTE A LA COSTA ECUATORIANA DURANTE EL EVENTO EL NIÑO 2009 - 2010

Manuel Cruz¹⁻²
María Elena Tapia¹
Christian Naranjo¹

Resumen

Con la finalidad de determinar la influencia del evento El Niño 2009-2010 que se desarrolló en las regiones Niño 1+2 y 3.4, en base a los organismos indicadores de masas de aguas para determinar la intensidad y efectos en la costa ecuatoriana, se utilizaron cinco grupos de organismos planctónicos: Diatomeas, Dinoflagelados, Quetognatos, Pterópodos, Heterópodos y las concentraciones de clorofila *a* antes, durante y después del evento El Niño 2009-2010.

En el primer trimestre del 2009 se registró una alta producción primaria, mientras que desde septiembre a noviembre se observó la más baja productividad del mar, en las estaciones fijas La Libertad como en Manta.

En la estación fija de La Libertad, durante todo el 2009 predominaron especies de fitoplancton que se relacionan con masas de aguas frías como *Leptocylindrus danicus* y *Rhizosolenia stolterfothii*, pero también se presentaron dinoflagelados que indican la presencia de aguas cálidas como *Proboscia alata* y *Ceratium macroceros*, que desde mayo a agosto aumentaron su porcentaje, originando aguas de mezcla.

Las especies de zooplancton de aguas frías como *Sagitta peruviana*, se presentaron durante El Niño 2009-2010, pero siempre su porcentaje fue menor en Manta, otra especie que ha predominado es *Sagitta bedoti*, indicadora de aguas de mezcla, estuvo dominante el segundo semestre con mayor porcentaje en Manta.

De las 10 especies de Pterópodos y heterópodos identificadas, se observaron desde septiembre del 2009 a marzo del 2010, estadíos juveniles de *Hyalocylis striata* indicando la presencia de Aguas Subtropicales y Tropicales cerca de la costa Ecuatoriana, relacionadas con el evento cálido que se encontraba en la región Niño 3.4.

El evento de El Niño desarrollado en la región Niño 3.4 en el Pacífico Central tuvo una influencia débil a moderada en la costa Ecuatoriana porque en la región Niño 1+2 del Pacífico Oriental existía un episodio neutral, que minimizaba la influencia del evento cálido que se encontraba en el Pacífico Central.

Palabras claves: Fitoplancton, Zooplancton, Diatomeas, Dinoflagelados, Quetognatos, Pterópodos, Heterópodos

¹Instituto Oceanográfico de la Armada - INOCAR- Base Naval Sur - Guayaquil.

²Fac, Ciencias Naturales. Univ. de Gquil.

Abstract

With the purpose of determining the influence of the event El Niño 2009-2010 who was developed in regions Niño 1+2 and 3,4, on the basis of the indicators organisms of waters masses to determine the intensity and effects in the Ecuadorian coast, five groups of planktonics organisms were used: The Diatoms, Dinoflagellates, Chaetognatha, Pterópods, heterópods and concentrations of chlorophyll *a*, before, during and after the event El Niño 2009-2010.

In the first trimester of the 2009 a high primary production was registered, whereas from September to November the lowest productivity of the sea in the fixed station of La Libertad like as much in Manta was observed.

In the fixed station of La Libertad during the year 2009 predominated species of phytoplankton that are related to cold waters masses like *Leptocylindrus danicus* and *Rhizosolenia stolterfothii*, but also they appeared dinoflagellates that indicates the presence of warm water like *Proboscia alata* and *Ceratium macroceros*, which from May to August they increased his percentage, originating mixture waters.

The species of zooplankton of cold waters like *Sagitta peruviana*, they appeared during El Niño 2009-2010, but always its percentage was smaller in Manta, another species that has predominated is *Sagitta bedoti*, indicator of mixture water, was dominant the second semester with greater percentage in Manta.

Of 10 species of Pterópods and heterópods, identified they were observed from September of 2009 to March of 2010, juveniles stages of *Hyalocylis striata* indicating the presence of subtropical and tropical water near the Ecuadorian coast, related to the warm event that was in region Niño 3.4.

The event the El Niño developed in region Niño 3,4 in the central Pacific had a weak to moderate influence in the Ecuadorian coast because in region Niño 1+2 of the Eastern Pacific a neutral episode existed, that diminished the influence of the warm event that was in the Central Pacific.

Palabras claves: Phytoplankton, Zooplankton, Diatoms, Dinoflagellates, Chaetognatha, Pterópods, Heterópods.

INTRODUCCION

Algunas especies planctónicas son potencialmente aptas para ser utilizadas como indicadores biológicos, dentro del área del Pacífico y en especial en aguas ecuatorianas debido a la ubicación estratégica. Sweatt (1980), considera que para evaluar un ecosistema con lleva obtener una información adecuada concerniente a su abundancia, distribución y su ecología.

Los monitoreos periódicos en la composición de las especies de la comunidad marina en un sitio clave y puntual, es un método para reconocer las variaciones temporales de la comunidad planctónica en los ecosistemas marinos (Naranjo, 2006).

Determinar los episodios cálidos como El Niño denominado también como El Niño Oscilación

Sur (ENOS) o fríos como La Niña, es muy importante para el Ecuador, y conocer también que uno de los índices para identificar este evento, es la Oscilación del Sur (IOS), que se obtiene de la diferencia de la presión atmosférica entre la isla de Tahití (Océano Pacífico Oriental-central) y Darwin (Océano Pacífico Occidental). (<http://www.imn.ac.cr/educa/ENOS-2.htm#INTRODUCCIÓN>).

La determinación de un evento El Niño o La Niña en el Océano Pacífico, generalmente responden a modelos hechos en base al comportamiento de los vientos, medición de la temperatura del mar superficial y sub-superficial hasta los 500 metros de profundidad, presión, entre otros parámetros, los que se están monitoreando diariamente con énfasis en la región 3.4, (5° N – 5° S, 120° -170° w). Según el Climate Prediction Center de la NOAA, U.S.A., para determinar los episodios cálidos y fríos, en las regiones Niño del océano

Pacífico Tropical, se considera una diferencia de $\pm 0.5^\circ$ Celsius y están basados en el Oceanic Niño Index (ONI).

En los países sudamericanos como el Ecuador, se están haciendo investigaciones del comportamiento de especies fitoplanctónicas y zooplanctónicas para identificar las masas de aguas, que se presentan antes, durante y después de un evento El Niño y La Niña, con la finalidad de utilizar estas especies como bioindicadoras de ecosistemas marinos y relacionarlas con el Evento El Niño o La Niña.

Los primeros trabajos realizados por Cruz, (1983), tuvieron el objetivo de conocer sus ambientes y reporta tres especies de Pterópodos tecosomados para el Golfo de Guayaquil, en los alrededores de la isla Puná. En el mismo año como resultado del análisis de 4 cruceros en el Golfo de Guayaquil, Cruz, (1983) menciona siete (7) especies: 5 Pterópodos tecosomados y 2 Heterópodos.

Más tarde, Cruz, (1996) reporta 9 especies de Pterópodos tecosomados y 5 Heterópodos, interpretando los ecosistemas marinos en base a las asociaciones de especies y reconoce que *Hyalocylis striata* es una especie que siempre está asociada a masas de aguas cálidas, luego Cruz, (1998) manifiesta que de las 10 especies de Pterópodos y Heterópodos encontrados, en aguas ecuatorianas, sólo 4 de ellas responden a los cambios que ocurren en el mar ecuatoriano. Este investigador, concluye que *Hyalocylis striata* es una especie que puede ser considerada y utilizada para pronosticar tempranamente el Evento "El Niño" y encontró que también se pueden utilizar estas especies para determinar los períodos cálidos y fríos, frente al Ecuador (Cruz, 2000, 2006).

El propósito de este trabajo es incrementar especies del fitoplancton como diatomeas y dinoflagelados, otras especies del zooplancton como quetognatos, que juntos con los pterópodos y heterópodos, puedan identificar mejor masas distintas de aguas frente al Ecuador y determinar las especies que se presentaron antes, durante y después del evento El Niño 2009 – 2010.

ÁREA DE ESTUDIO

Los monitoreos se efectuaron en dos estaciones fijas costeras con un total de 24 muestras de red para Fitoplancton y 24 muestras de red para Zooplancton con una periodicidad mensual en La Libertad y en Manta, utilizando lanchas de la Armada del Ecuador.

La posición geográfica de las estaciones fijas corresponde:

La Libertad $02^\circ 04' 00''$ sur - $81^\circ 05' 21''$ oeste y Manta $00^\circ 52' 00''$ sur - $80^\circ 49' 00''$ oeste, situadas a 10 millas y 8 millas de la costa respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Localización del área de estudio en las estaciones fijas de La Libertad y Manta durante los años 2009-2010.

Las estaciones están influenciadas por diferentes corrientes marinas del Océano Pacífico Sureste, las masas de aguas cálidas tropicales superficiales provenientes del norte con temperaturas mayores de 25°C , comienzan a fines de diciembre hasta abril asociados a un período de lluvias (época húmeda).

Zambrano (1998), describe la estructura térmica mensual – anual desde 1990-1997 en La Libertad, determina que la termoclina de 20°C representa su relación con la estructura térmica del Pacífico

Sureste, con un comportamiento similar durante eventos ENOS de 1991, 1992 y 1997, así como durante las fases frías de 1996. Además, manifiesta que durante un episodio ENOS la costa del Ecuador es frecuente la presencia de ondas ecuatoriales internas Kelvin.

MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos de Campo:

Clorofila *a*: Se colectaron muestras de agua con la botella Van Dorn en ocho niveles de profundidad: 0-10-20-30-40-50-75-100 m de profundidad.

La cantidad de muestras de agua marina para Clorofila fue de 1000 ml, las muestras fueron filtradas con una bomba al vacío a través de filtros de fibra de vidrio Whatman (0.40 micras), previamente envuelto con papel aluminio y llevada en refrigeración por 24 horas.

Arrastres planctónicos: Se realizaron arrastres superficiales hasta los 50m. de profundidad y verticales durante 10 minutos a una velocidad de 2 nudos, se emplearon redes de 30 cm de diámetro con una abertura de malla de 335 μ para colectar muestras de zooplancton. Adicionalmente se utilizó una red de 30 cm de diámetro con una abertura de malla de 50 μ para colectar muestras de fitoplancton.

Se emplearon flujómetros previamente calibrados para determinar el volumen de agua filtrada a través de la red, registrándose las lecturas iniciales y finales en cada uno de los lances. Las muestras fueron fijadas con solución de formaldehído al 4% previamente neutralizados con Tetraborato de sodio (Bórax).

En el Laboratorio:

Clorofila *a*: Las muestras refrigeradas en un tiempo de 24 horas, se las deja reposar por 30 minutos a temperatura ambiente, se centrifugaron cada muestra. Luego en un fluorómetro TURNER DESIGNS se leyeron las densidades ópticas de clorofila *a*, las lecturas se realizaron directamente en el tubo de fluorescencia (Tabla 1). Para los cálculos se emplearon las ecuaciones de (SCOR UNESCO Working Group 17, 1966).

Tabla 1. Escala de Clorofila *a*: Producción Primaria, expresado en mg/m³ (Tapia, 2006).

Rangos	Productividad
< 0.20 mg/m ³	Clorofila = Aguas de baja productividad
0.20 – 0.50 mg/m ³	Clorofila = Aguas ligeramente productivas
> 0.50 mg/m ³	Clorofila = Aguas productivas

Fitoplancton (muestras de red 50 μ):

Para los análisis de las muestras de redes, se obtuvieron 2 alícuotas homogeneizadas, colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 20 x 20 mm, en un microscopio binocular, recorriendo toda el área del cubreobjeto, los datos son expresados en cel/m³ (Semina, 1967).

En la identificación de especies fitoplanctónicas, se utilizaron los trabajos de Jiménez (1983), Pesantes (1983), Zambrano (1983), autores que han investigado las especies del Golfo de Guayaquil; y otros textos como Cupp (1940), Moreno (1996).

Zooplancton (muestras de red 335 μ):

Se procedió a extraer alícuotas con la ayuda del separador de Folsom, se analizó toda la muestra planctónica obtenida mediante arrastres superficiales y verticales. Posteriormente las muestras fueron analizadas para determinar cualitativa y cuantitativamente las comunidades del zooplancton.

Para la identificación de las taxa del zooplancton se utilizaron las referencias bibliográficas del Manual de zooplancton de Tregouboff & Rose (1957), Boltovsky (1981) y Gasca & Suárez (1996); De Boyd, S. (1977).

Resultados

En evento El Niño 2009-2010 según el Climate Prediction Center (CPC) de la NOAA, en la región Niño 3.4 comenzó en junio del 2009 y terminó en abril del 2010 (Tabla 2), mientras que en la región Niño 1+2 el evento El Niño se presentó durante cinco meses en el 2009 y durante el año 2010 hubo un episodio neutral hasta junio del 2010 (Tabla 3).

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Tabla 2. El Niño 2009-2010 (números rojos) en la región Niño 3.4, permaneció 11 meses.

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8
2010	1.7	1.5	1.2	0.8	0.0	-0.4						

Tabla 3. El evento El Niño en la región Niño 1+2 se presentó durante cinco meses en el 2009.

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2009	0.1	0.0	-0.2	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.3	0.1	0.5	0.3
2010	0.3	0.0	0.2	0.6	0.1	0.0						

Antes del Evento El Niño 2009-2010.

Durante enero, febrero y marzo del 2009, que incluye la época lluviosa en el Ecuador, la mayor producción primaria superficial fue observada en el primer trimestre del 2009, se observaron los valores más altos de clorofila *a* en concentraciones mayores de 0,60 mg/m³ en aguas superficiales a 10 millas, frente a Salinas (2° S), en la costa ecuatoriana (Figura 2), mientras que a 10 millas de Manta (1° S), los valores más altos mayores a 0,70 mg/m³, fueron observados durante el mes de Marzo del 2009 a 30 m de profundidad (Figura 3).

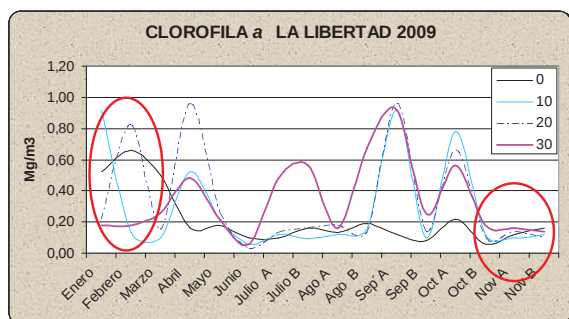


Figura 2. Se observa en febrero la mayor concentración de clorofila *a* - 0 m.

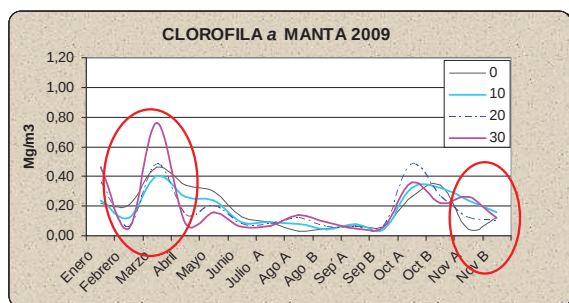


Figura 3. Se observa en marzo las mayores concentraciones de clorofila *a* - 30 m.

Las especies de fitoplancton, bioindicadores de masas de aguas frías como *Leptocylindrus danicus*

y *Rhizosolenia stolterfothii*, se presentaron con una alta abundancia en marzo-abril frente a Salinas y en menor densidad celular *Proboscia alata* que es típica de aguas cálidas (Figura 4). En la estación fija frente a Manta, la mayor abundancia de las especies de aguas frías fue observada en febrero y marzo, mientras que *Proboscia alata* especie típica de aguas cálidas se presentó con una baja abundancia relativa (Figura 5).

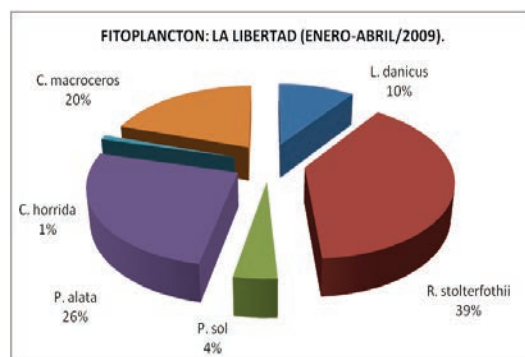


Figura 4. La especie de aguas fría *R. stolterfothii* predominó de enero a abril del 2009.

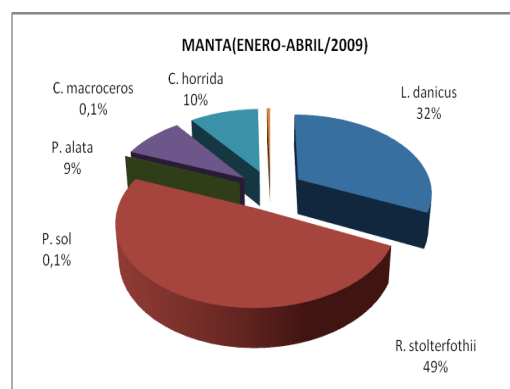


Figura 5. Especies de aguas frías y cálidas se observaron en Manta

En las especies zooplanctónicas (quetognatos), de enero a abril, predominaron las especies *Sagitta enflata* con el 54,6 % que es una especie cosmopolita y *Sagitta peruviana* con el 28% que

caracteriza la presencia de la corriente fría de Humboldt frente a Salinas (Figura 6). En Manta las especies de aguas cálidas como *Sagitta pacifica* con el 51,6 % predominaron sobre las especies de aguas frías habiendo una mezcla de masas de agua (Figura 7).

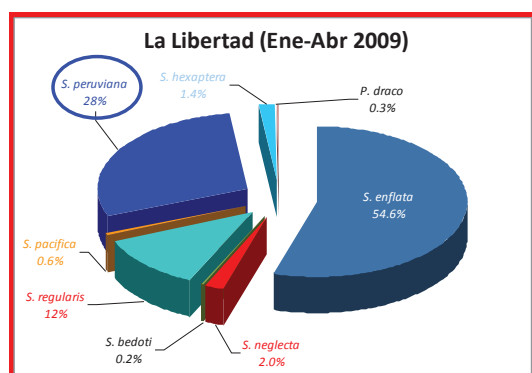


Figura 6. De enero-abril, predominaron especies frías como *S.peruviana*.

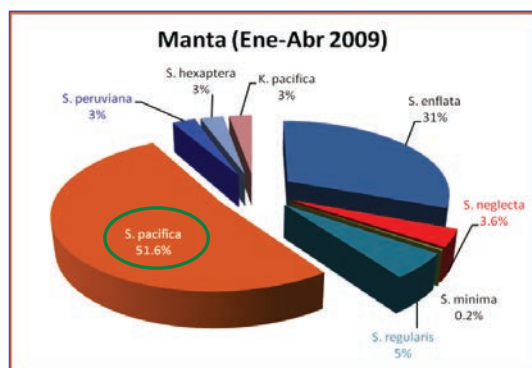


Figura 7. En Manta se observaron especies de aguas frías y cálidas como *S. pacifica*.

Algunas especies de Pterópodos y Heterópodos, indicadoras de aguas cálidas fueron observadas en febrero, pero con una abundancia mínima, que indican una ligera influencia de aguas cálidas, propias de la época lluviosa, las especies que se presentaron son: *Creseis acicula*, *Atlanta gaudichaudi* y *A.lesueuri*. En abril se detectó la presencia de especies como *Creseis virgula*, que indica una intrusión significativa de aguas oceánicas a la costa. La presencia mínima de una diversidad de especies de aguas cálidas en el mes de mayo, incluyendo *Atlanta turriculata* (Figura 8), refuerzan la presencia de un episodio cálido de un transición, hacia una época cálida que coincide con el inicio en el mes de abril/2009, del evento El Niño en la región Niño 1+2 (Tabla 2).

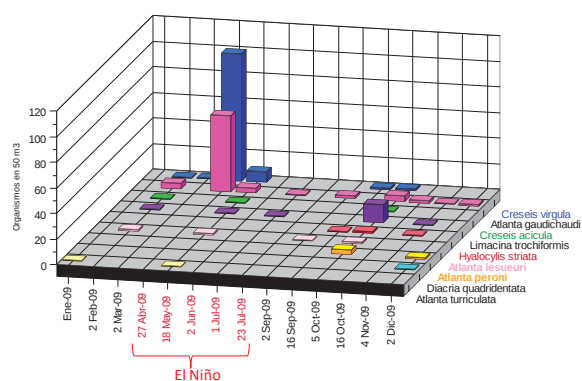


Figura 8. En la estación fija de “La Libertad”, pocas especies indicadoras de aguas cálidas se observaron antes y durante el evento El Niño (rojo), en la región Niño 1+2 en el océano Pacífico Oriental.

Evento El Niño 2009-2010.

De mayo a agosto, continuaron presentándose las especies fitoplanctónicas de aguas frías como *Leptocylindrus danicus* y *Rhizosolenia stolterfothii* en Salinas, (Figura 9) y en Manta las condiciones cálidas aumentaron con la presencia de *C. macroceros* (Figura 10).

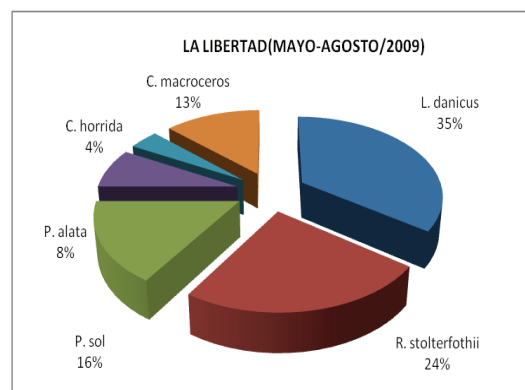


Figura 9. En La Libertad de Mayo a Agosto, las especies de aguas frías continúan predominando.

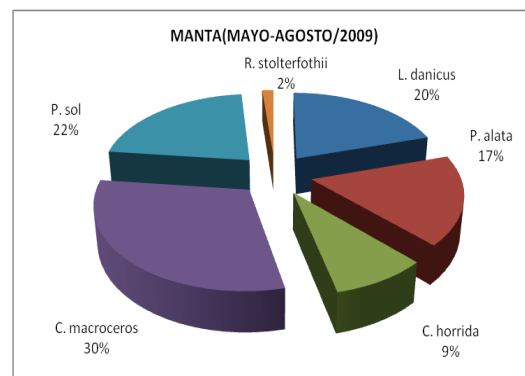


Figura 10. En Manta se observa una mayor influencia de especies de aguas cálidas.

Las especies zooplanctónicas como los Quetognatos, continuaron presentándose siendo

de aguas frías como *Sagitta peruviana* y *S. hexaptera* (Figura 11), aunque en menor porcentaje *Sagitta bedoti*, que indica aguas de mezcla en la Libertad, mientras que en Manta el porcentaje de las especies de aguas cálidas como *Sagitta neglecta* fue mayor; interpretándose que hay mayor mezcla de aguas frías y cálidas (Figura 12).

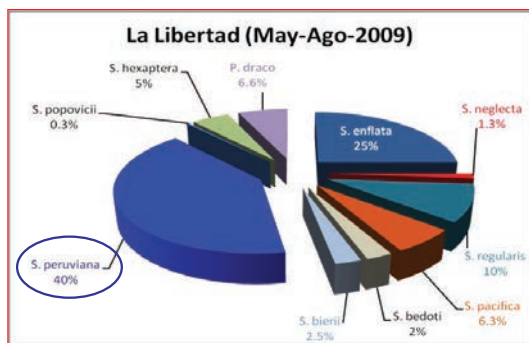


Figura 11. Entre mayo a Agosto continúan las especies de aguas frías en La Libertad.

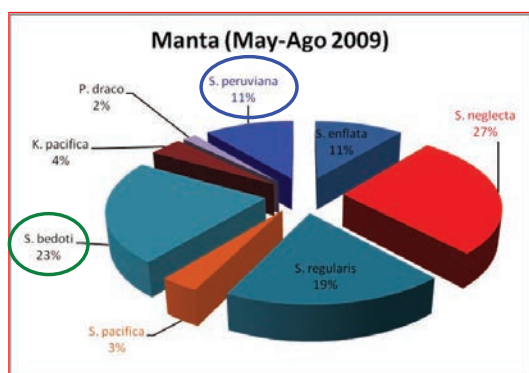


Figura 12. En Manta hay una mayor influencia de especies de aguas cálidas.

En Mayo se presentó una gran diversidad de especies de Pterópodos y Heterópodos con una abundancia mínima, que se relacionan con la presencia de aguas cálidas, frente a la costa ecuatoriana y la presencia de El Niño en la región Niño 1+2 (Figura 8).

Pero que no se mantuvo ni progresó hasta el mes de agosto desde septiembre a octubre se observó que las especies de fitoplancton de aguas frías como *R. stolterfothii* predominaron en La Libertad (Figura 13), mientras que en Manta disminuyeron las especies de aguas cálidas como *P. alata* aumentaron (Figura 14).

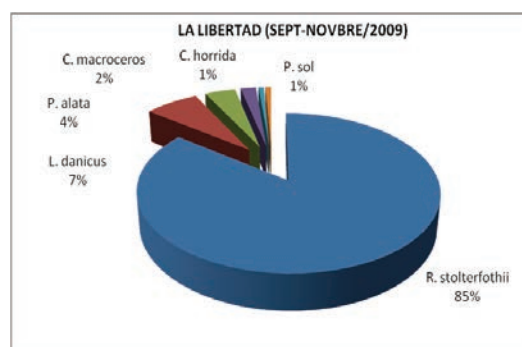


Figura 13. Entre septiembre-octubre especies predominaron en La Libertad.

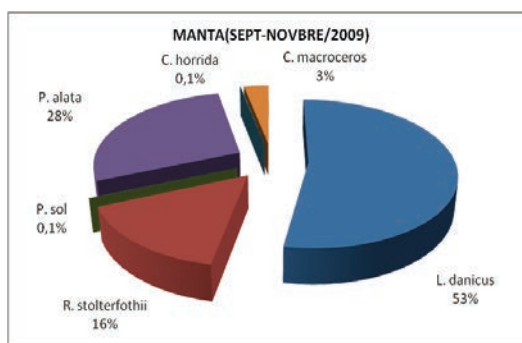


Figura 14. En Manta aumentaron las especies de aguas frías, *P. alata*.

Otras especies como *Sagitta neglecta* y *S. mínima* están caracterizando la presencia de masas de aguas cálidas típicas de ambiente nerítico- costero, lo refuerza el gran porcentaje de *S. bedoti* especie que se relaciona con aguas de mezcla para La Libertad (Figura 15). Esta misma presencia de especies de aguas cálidas y de mezcla se observa en Manta con la disminución del porcentaje de las especies de aguas frías (Figura 16).

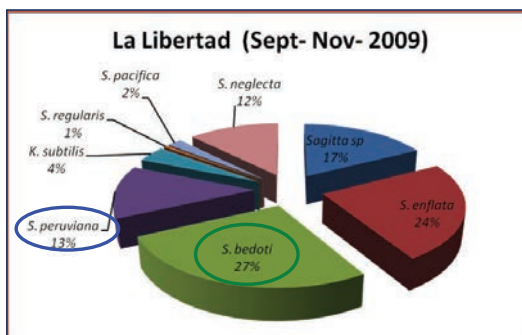


Figura 15. *Sagitta bedoti* indica aguas de mezcla para la estación de La Libertad.

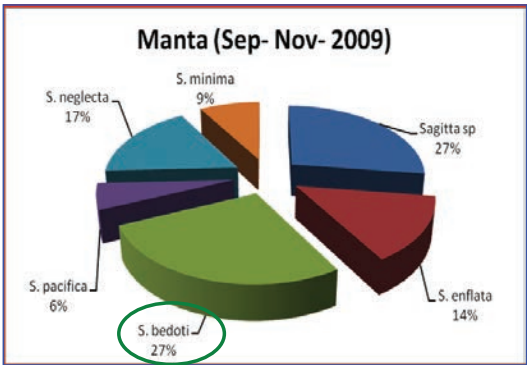


Figura 16. Las aguas de mezcla se mantiene en Manta, aumentando las especies cálidas.

La presencia de aguas cálidas y de mezcla para las dos estaciones fijas lo refuerza la presencia del Pterópodos *Hyalocylis striata*, especie indicadora de aguas cálidas (Figura 8), que se presentó como juvenil y la mínima abundancia, lo que indica la influencia de aguas cálidas tropicales y subtropicales, pero sin definir un episodio cálido estable y maduro hasta noviembre del 2009.

Desde enero hasta abril se observó que las especies de fitoplancton de aguas cálidas como *P. alata* y *Ceratium macroceros* predominaron en La Libertad (Figura 17), mientras que en Manta se registró un incremento significativo de las especies de aguas cálidas como *P. alata* (Figura 18).

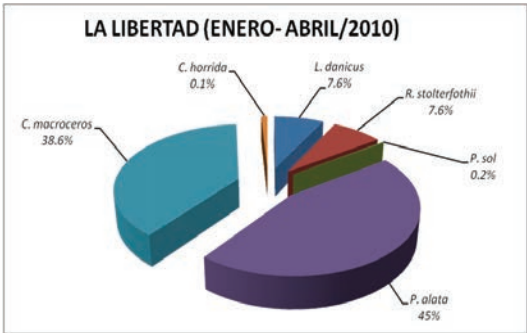


Figura 17. En La Libertad se observó incremento de *Proboscía alata* y *Ceratium macroceros*, típicas de aguas cálidas.

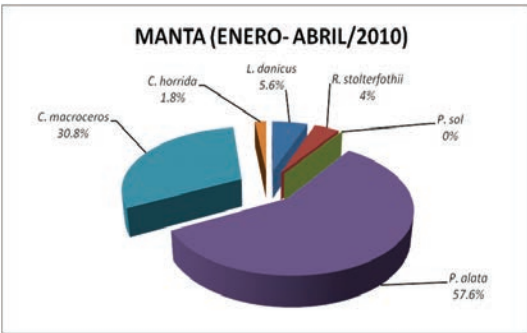


Figura 18. En Manta se observó una dominancia de *Proboscía alata*.

En La Libertad durante el segundo cuatrimestre se registró la dominancia de *Planktoniella sol* y *Proboscía alata*, indicadoras de aguas cálidas (Figura 19). Mientras en Manta se observó una intrusión de agua fría registrando la dominancia de *Leptocylindrus danicus* y en menor densidad celular a *Proboscía alata* (Figura 20).

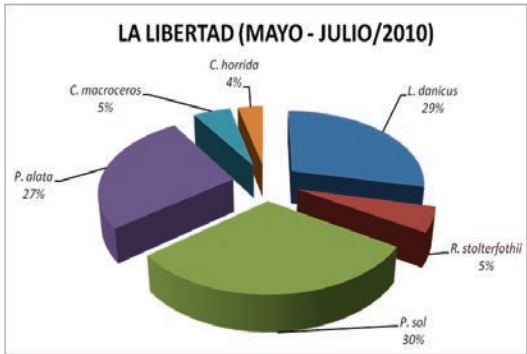


Figura 19. En La Libertad se observó la dominancia de *Planktoniella sol*.

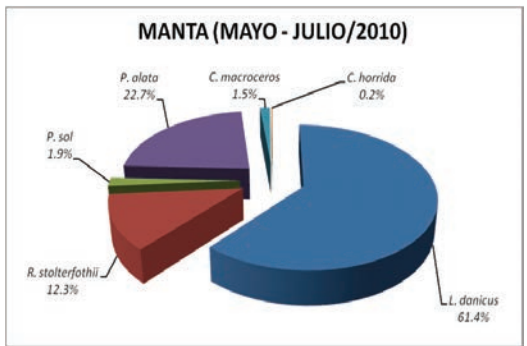


Figura 20. En Manta se registró la presencia de especies de agua de mezcla.

En La Libertad, durante los meses de enero-abril de 2010, se presentaron una elevada diversidad de especies de quetognatos, estableciéndose las especies *S. enflata* y *S. bedoti* con la mayor abundancia relativa con valores de 45% y 18% respectivamente. Especies de ambiente oceánico y cálido se registraron durante este período, tales como *Pterosagitta draco* 14%, *S. regularis* 6%, *S. pacifica* 2% y *Krhonitta pacifica* 1%, esta asociación de especies indica una fuerte intrusión de aguas cálidas y oceánicas provenientes de región del Pacífico Central.

La presencia de las especies *S. neglecta* 5% y *S. mínima* 1%, se interpreta como la presencia de Aguas Tropicales Superficiales provenientes de la Cuenca de Panamá y su abundancia son normales durante la época húmeda (Naranjo, 2006).

Adicionalmente se reportó la presencia de especies típicas de aguas frías tales como *S. peruviana* 5%, *K. subtilis* 2% y *S. popovicii* 1%, lo que indica que a nivel subsuperficial se observó una ligera intrusión de aguas frías de la Corriente de Humboldt (Figura 21).

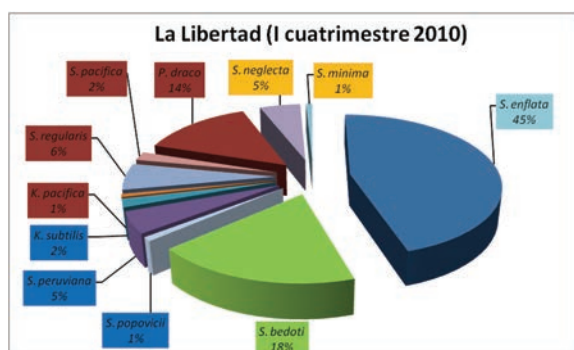


Figura 21. Composición y abundancia de las especies de quetognatos en la estación fija La Libertad durante enero-abril de 2010.

En Manta durante la época húmeda de 2010, se determinó la mayor abundancia de las especies *S. enflata* 39%, y *S. bedoti* 28%. Asociada a estas especies se observaron la presencia de las especies *S. neglecta* 17%, *S. minima* 10%. Estas especies son típicas de Aguas Tropicales Superficiales siendo más abundante en la localidad de Manta, que en La Libertad.

Adicionalmente se registraron durante enero – abril de 2010, especies típicas de aguas cálidas oceánicas representadas por el conjunto de especies tales como *P. draco* 2%, seguido de *K. pacifica* 2%, *S. pacifica* 2% y *S. regularis* 0.8%.

En Manta, se determinó una esporádica presencia de especies de aguas frías, principalmente *S. peruviana*. (Figura 22)

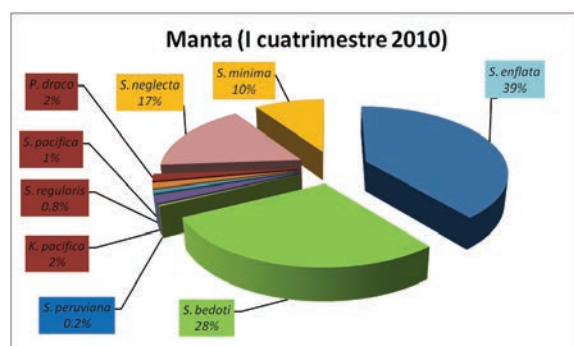


Figura 22. Composición y abundancia de las especies de quetognatos en la estación fija Manta durante enero-abril de 2010.

Después del Evento de El Niño.

En la región Niño 1+2 del Pacífico Oriental, el episodio neutral o post Niño comenzó desde septiembre del 2009 hasta julio del 2010 (Tabla 1), período en que las especies indicadoras de aguas cálidas, se presentaron frente a la costa ecuatoriana, con una mínima abundancia porque en la región Niño 3,4 del Pacífico Central, continuaba con un evento cálido, que terminó en abril del 2010 (Tabla 2). A partir de mayo hasta julio del 2010, frente al Ecuador disminuyó la diversidad de especies de aguas cálidas, se ausentó *H. striata* y aumentó la abundancia de *Limacina trochiformis*, especie que caracteriza las aguas costeras.

Durante el período de mayo a julio, en La Libertad se determinaron un incremento de la diversidad de especies típicas de aguas frías, registrándose la asociación de las especies *S. peruviana* 6%, *K. subtilis* 3%, *S. popovicii* 2%, y *S. bierii* 2%, en comparación a la época húmeda. Sin embargo aún persisten especies que tipifican un núcleo de aguas cálidas en el estrato desde los 50m hasta la superficie con la presencia de la especie *S. neglecta* con 13%. Adicionalmente se registró a *S. bedoti* con un 20%, esta especie caracteriza una mezcla de aguas frías y cálidas y que su mayor abundancia se incrementa durante las etapas de transición (Figura 23).

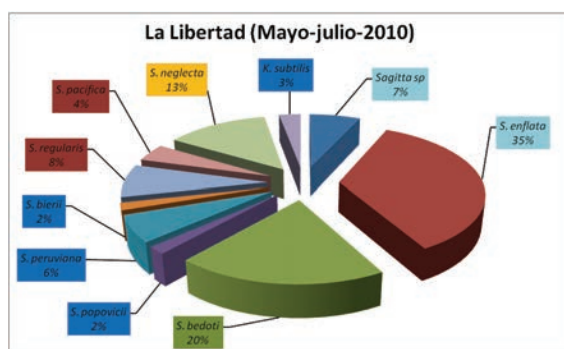


Figura 23. Composición y abundancia de las especies de quetognatos en la estación fija La Libertad durante mayo-julio de 2010.

En Manta, durante mayo a julio de 2010, se reporta la dominancia de la especie *S. bedoti* con 32%, que es una especie que caracteriza procesos de mezcla de aguas cálidas y frías, producto de la presencia de *S. neglecta* 31%, que tipifica la presencia de Aguas Tropicales Superficiales y con una menor abundancia relativa las especies *S. peruviana* 5% y *S. popovicii* 0.4% que caracterizan

la presencia de la Corriente de Humboldt (Figura 24).

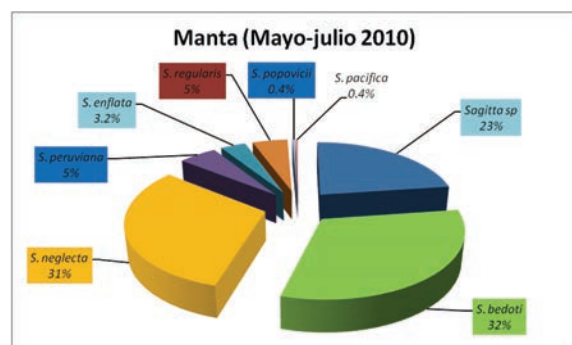


Figura 24. Composición y abundancia de las especies de quetognatos en la estación fija Manta durante mayo-julio de 2010

Las especies de Pterópodos y Heterópodos después del evento El Niño 2009 – 2010, no se ha vuelto a observar a *Hyalocylis striata* en La Libertad, pero si se han observado otras especies que están relacionadas con aguas cálidas como *Creseis acicula*, *Atlanta lesueuri* y *Atlanta peroni*, pero se ha incrementado en abundancia *Limacina trochiformis*, indicando un desplazamiento de Aguas Tropicales del norte del país, hacia el sur del Ecuador llegando su influencia hasta La Libertad. La ausencia de *Hyalocylis striata*, especie relacionada con Aguas Subtropicales, coincide con la disminución en abundancia de *Creseis virgula*, especie que indica la presencia de aguas oceánicas cerca de la costa ecuatoriana (Figura 25).

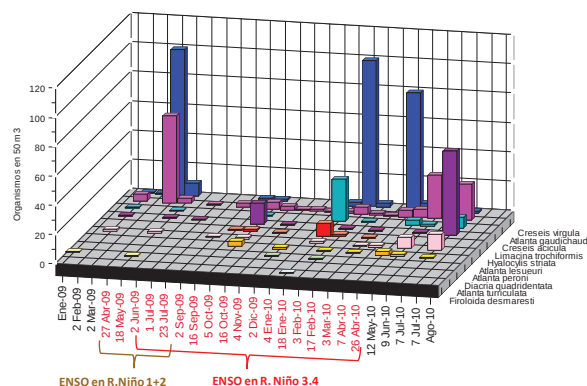


Figura 25. En evento El Niño terminó en abril del 2010 (rojo), después han continuado presentándose algunas especies de aguas cálidas

DISCUSIÓN

• Las concentraciones de clorofila *a* durante el 2009, nos indica que en el primer trimestre del 2009, el mar ecuatoriano presentó una alta productividad primaria y en los últimos meses del

año, mientras que desde septiembre a noviembre se observaron las más bajas concentraciones de clorofila *a*, tanto en la estación fija de La Libertad como en Manta.

• Dinoflagelados del fitoplancton, los Quetognatos, Pterópodos y Heterópodos del zooplancton frente a la costa del Ecuador continental indican que desde enero a abril, predominaron las especies de aguas frías como *Leptocylindrus danicus* y *Rhizosolenia stolterfothii*, y *Sagitta peruviana*, mientras que las especies de aguas cálidas como *Proboscia alata*, *Sagitta neglecta* estuvieron en menor porcentaje.

• Entre mayo a Agosto se hicieron presentes las mismas especies con porcentajes diferentes, predominando las especies de aguas de mezcla como *Sagitta bedoti*, y se presentó en Mayo una gran diversidad de especies de Pterópodos y Heterópodos, que indican un cambio hacia condiciones cálidas, que no progresó ni se mantuvo durante el 2009.

• Desde Septiembre a Noviembre muchas especies como *Ceratium macroceros* indican la presencia de aguas cálidas, otras especies como *Sagitta bedoti* han aumentado su porcentaje e indican la presencia de aguas de mezcla y especies como *Hyalocylis striata* indican la influencia de aguas cálidas y subtropicales cerca de la costa, pero que no han progresado ni se han estabilizado hasta noviembre del 2009.

• Durante el segundo semestre del año 2009, mientras se ha estado desarrollando un evento Cálido de El Niño en la región 3,5 del Pacífico central, frente a las costa de Ecuador, han prevalecido condiciones frías y de mezcla, influenciadas por el ecosistema de Humboldt y Aguas Tropicales provenientes del norte. Desde septiembre hasta noviembre, han incorporado las especies de aguas de mezcla, especies subtropicales, pero sin definir la presencia de un episodio frío o cálido.

• Las especies de fitoplancton que están relacionadas con masas de aguas frías, son coincidentes con las especies de zooplancton, que indican la presencia de aguas frías, durante el primer y último trimestre del 2009, cuando

en la región 1+2 no había el evento El Niño, de igual forma cuando las especies de dinoflagelados aumentan, indica la presencia de aguas cálidas, hay una correlación directa con la presencia de especies de aguas cálidas y de agua de mezcla.

- Las especies del zooplancton como Quetognatos, Pterópodos y Heterópodos, pueden ayudar a interpretar con más detalles, las masas de agua que se encuentran frente a la costa Ecuatoriana cuando se analiza el estado de desarrollo de la especie como ejemplo *Hyalocylis striata*, que siempre está relacionada a masas de aguas cálidas, durante el 2009 sólo se observaron estados juveniles, que indican una ligera intrusión de aguas oceánicas subtropicales con aguas tropicales hacia la costa ecuatoriana.

- Durante los primeros meses del año 2009, se presentaron en La Libertad, un conjunto de especies de quetognatos, siendo la más abundante *S. enflata* y *S. peruviana*. Con el grupo de las diatomeas se presentó abundante la especie *R. stolterfothii* que caracterizan un ecosistema típico de aguas frías. Naranjo (2006) menciona que las especies *S. peruviana*, *S. bierii* y Tapia (2006) señala que *Chaetoceros affinis* y *Rhizosolenia stolterfothi*. Estas especies de quetognatos y diatomeas son típicas aguas frías y caracterizan la presencia de la Corriente fría de Humboldt.

- En Manta, se empezó a registrar especies de quetognatos con mayor abundancia *S. pacifica* asociada a *S. regularis*, y *K. pacifica*; en el caso de las diatomeas con *C. horrida*, *P. alata* que son especies tipifican la incursión de aguas cálidas oceánicas a 10 millas frente al Ecuador.

- Naranjo, (2006) señala que durante el evento El Niño 1997-1998, las especies *S. bipunctata*, *S. regularis* y *P. draco* mostraron una tendencia a preferir aguas cálidas y oceánicas típicas de las Aguas Tropicales Subsuperficiales.

- En la región Niño 1+2, durante enero- abril de 2009, se presentaron valores de TSM cercano a la normal, y en la región Niño 3+4 los valores de la TSM fueron de -0.8 a -0.1.

- Durante los siguientes meses de 2009 se reportó la presencia de especies fitoplanctónicas tales como *Leptocilindrus danicus* y *Rhizosolenia*

stolterfothii que son especies típicas de aguas frías. Las especies de quetognatos presentaron una mezcla de especies tales como *S. peruviana*, *S. hexaptera*, *S. bierii* y *S. popovicii* típicas de aguas frías, y entre las especies cálidas se registraron *S. neglecta*; además de las especies *S. regularis*, *S. pacifica*, *Pterosagitta draco*, son especies típicas de aguas cálidas y oceánicas.

- Durante el período de enero a abril de 2010, se presentaron las especies *P. sol*, *L. danicus* *C. macroceros* típicas de aguas cálidas siendo con mayor abundancia en Manta, un patrón muy similar se presentó con las especies de quetognatos.

- Durante los meses de mayo a julio del 2010, se continuó con la presencia especies de *P. sol* y *L. danicus* en la Libertad y Manta aún se mantienen presentes y asociadas a la presencia de *R. stolterfothi* que es una especie típica de aguas frías que caracterizan procesos de mezcla a 10 millas costa afuera.

- En La Libertad, las especies de quetognatos presentaron un mayor número de especies reportándose especies de aguas frías tales como *S. peruviana*, *K. subtilis*, *S. popovicii*, y *S. bierii*, observado.

- En Manta predomina la presencia de *S. bedoti*, que es una especie que caracteriza procesos de mezcla de aguas cálidas y frías durante el período de mayo a julio del 2010, adicionalmente que caracteriza una elevada productividad zooplanctónica.

- Antes del evento El Niño 2009-2010, en la región Niño 1+2 que se presentó de abril a agosto del 2009, las especies relacionadas con aguas cálidas como *Creseis acicula* y *Atlanta peroni*, tuvieron presencia con una mínima abundancia. Durante El Niño (abril a agosto 2009), estuvo ausente *Hyalocylis striata* porque las anomalías de la temperatura superficial no superó los 0.8°C y esta especie se presenta siempre cuando las anomalías es igual o mayor de 0.9°C.

- En la región Niño 3.4 cuando las anomalías de la temperatura superficial, fue igual o mayor a 0.9°C que comenzó en septiembre del 2009 hasta marzo del 2010, la especie *Hyalocylis striata* se presentó mas frecuente y aumentó la diversidad de especies de aguas cálidas.

Después del evento El Niño, se ausentó *H. striata*, pero continuaron presentándose *Creseis acicula*, *Atlanta lesueuri* y *Atlanta peroni*, indicando la permanencia de aguas cálidas frente a la costa, pero por la influencia de Aguas Tropicales del norte y no por Aguas Subtropicales.

BIBLIOGRAFIA:

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina: 3-859.

Cupp E. 1943. Marine plankton diatoms of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. Eds H.Sverdrup, R. Fleming, L. Miller, 5(1): 1-238.

Cruz, M. 1983. Presencia de Pterópodos Tecosomados en el Golfo de Guayaquil. ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO. Vol. 2, No. 1, pp. 179-186.

Cruz M. 1996. Pterópodos y Heterópodos (Gasterópodos) como Bioindicadores del Evento "El Niño" 1992, en la estación "fija" de "La Libertad", Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 8, No. 1, pp. 51 - 56.

Cruz, M. 1998. Gasterópodos planctónicos (Pterópodos y Heterópodos) como bioindicadores de los Eventos "El Niño" 1992 y 1997-1998 en la estación fija "La Libertad", Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 9, No. 1, pp. 129-144

Cruz, Manuel., N. Gaibor, E. Mora, R. Jiménez & J. Mair 2003. Lo conocido y desconocido de la biodiversidad marina en el Ecuador (Continental e insular). GAYANA (Universidad de Concepción). Vol. 67, No. 2, pp. 232 - 260, ISSN 0717-652X. Página electrónica: www.SCIELO.cl

Cruz, M. 2005 - 2006. Determinación de los períodos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña), en base al comportamiento mensual de los Pterópodos y Heterópodos, como Bioindicadores del ecosistema marino Ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 13, No. 1, pp. 99 - 115

De Boyd, S. 1977. Guide to Marine Coastal plankton and invertebrate larvae. Department of biology west valley community college. California.

Gasca, R. & E. Suárez. 1996. Introducción al zooplancton marino. ECOSUR- CONACYT, México: 1-711.

Keen, M. 1971. Sea shells of tropical West America; Marine mollusks from Baja California to Perú. Second edit. Stanf. Univ. Calif., pp. 1-1064.

Jiménez, R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 193-282.

Moreano H., E. Zambrano, R. de Suescum y N. Paredes 1986. El Niño 1982-1983, su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR-Ecuador, Vol. 3(1), pp. 1-23.

Moreno, J., S. Licea y H. Santoyo. 1996. Diatomms del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur: 1-280.

Naranjo, C., 2006. Variaciones temporales del phylum Quetognatos en las estaciones fijas La Libertad y Manta, Ecuador durante el evento El Niño 1997-1998 y años 2002 - 2003. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales: 1-111.

Pesantes, F., 1983. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 283-399.

SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea water. Monographs on oceanographic methodology, 1, UNESCO: 8-9.

Semina J., 1978. Manual of Phytoplankton. Edited by Sournia- UNESCO: 181.

Sweatt A., 1980. Chaetognaths in lower Nagerragansett Bay. Estuaries. Vol. 3(2): 106-110.

Tapia M., 2006. *Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento “La Niña 1999-2000”.* Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales- Ecuador.

Tregouboff, G. & M. Rose. 1957. *Manuel de Planctonologie Mediterrane.* Centro National de la Recherche Scientifique, París. Tomo 2.

Zambrano E., 1998. *Un análisis de la estructura termal de la estación costera “La Libertad” y su relación con los eventos ENOS.* Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 9(1): 1-8.

Internet:

(1) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis-monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>.

(2) (<http://www.imn.ac.cr/educa/ENOS-2.htm#INTRODUCCIÓN>).