"ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA COSTA ECUATORIANA" *

Por:
Freddy Hernandez [1]

Abstract

Daily meteorological parameters as: air temperature, maximum and minimum air temperature and precipitation from the meteorological stations of the Oceanographic Institute of Ecuadorian Navy were analyzed in this job. Spatial and temporal variations were described applying analyses of principal components, observing the existence of the annual cycle and the influence of interannual variations El Niño and La Niña in all parameters, and following the methodology of ombrothermal diagrams it was noticed the existence of three climatology groups in the Ecuadorian coast. 1. San Lorenzo station, without ecologically dry months during all year; 2. Esmeraldas station, with ecologically dry months from July to November; and, 3. Manta, La Libertad, Guayaquil, Puná, Puerto Bolívar stations, with ecologically dry months from may to November. Extreme climate indices for maximum and minimum air temperature and precipitation were identified following the methodology of The Expert Team (ET) on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI), sponsored by the WMO Commission of Climatology (CCl) and the Climate Variability and Predictability (CLIVAR) Project, observing in general a behavior with significant positive trends in maximum and minimum air temperature demonstrating the decrease of cold days and nights.

Resumen

Datos diarios de parámetros meteorológicos como: temperatura del aire, temperatura máxima y mínima del aire y precipitación de la red de estaciones meteorológicas del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador han sido analizados en este trabajo. Variaciones espaciales y temporales fueron descritas aplicando análisis de componentes principales notando la existencia del ciclo anual así como la influencia de las variaciones interanuales El Niño-a en todas los parámetros y siguiendo la metodología de los diagramas ombrotérmicos se encontró la existencia de tres grupos de climatología en la costa ecuatoriana. 1. Estación San Lorenzo sin meses ecológicamente secos durante todo el año, 2.- Estación Esmeraldas los meses ecológicamente secos desde julio a noviembre y 3.- Manta, La Libertad, Guayaquil, Puna y Pto. Bolivar sus meses ecológicamente secos entre mayo y noviembre. Índices extremos de clima para temperatura máximas y mínimas del aires y precipitación se encontraron siguiendo la metodología del Equipo de Expertos de CCl/CLIVAR para "Climate Change Detection Monitoring and Índices" (ETCCDMI), observando en general un comportamiento a tendencias positivas significativas en las temperaturas máximas y mínimas del aire confirmando las disminución de los días y noches frías están disminuyendo.

Introducción

En el 2004, el Panel Intergubernamental en Cambio Climático (PICC), integrado por miles de científicos de todo el mundo, afirmó que la creciente contaminación industrial aumenta el "efecto invernadero", lo que origina un aumento en la temperatura o calentamiento global, la elevación del

---

* Presentado en Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Julio 2006 como Tesis de Grado previa Graduación de Oceanógrafo

[1] Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Av 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec Guayaquil-Ecuador

nivel del mar y cambios en el clima, con olas de calor, sequías, inundaciones y violentas tormentas. Un tipo de variabilidad asociada a los cambios en el clima es el "El evento El NIÑO que no solo se presenta y repercute en el Ecuador y Sudamérica, también en todo el globo terrestre" (Zambrano, 1999), "los cambios son de variada intensidad y han provocado efectos débiles como en el 1986-87 y en otras extremadamente fuertes tal como ocurrió en 1982-83" (Espinoza, 1996) y 1997-1998 este ultimo superó en intensidad, anomalías e impactos al evento ocurrido en 1982-1983.

La temperatura promedio en la tierra se ha incrementado cerca de 0.6º C en el siglo XX, este cambio tiene diferente distribución sobre la tierra haciendo que algunas áreas se hayan calentado más que otras, no se puede pronosticar con exactitud como serán los cambios climáticos ni que consecuencias traerá sobre la sociedad, pero debemos tomar al clima como un aliado y no como una amenaza.

En este trabajo se definen estaciones climatológicas basadas en los diagramas ombrotérmicos, y las variaciones espaciales y temporales de los parámetros analizados son descritas utilizando el método multivariado(Dallas, 1996), Análisis de Componentes Principales (PCA), y la variabilidad climática en este estudio será explicada mediante el análisis de las tendencias en los índices climáticos extremos definidos por el Equipo de Expertos en índices y detección de cambios climáticos (*The Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices ETCCDMI*) auspiciado por la Comisión Climatológica de la Organización (CCl) Meteorológica y el proyecto de variabilidad y predictibilidad climática (*Climate Variability and Predictability CLIVAR*), (Petterson et al. 1996)

Materiales y Métodos

Las series de datos analizados, pertenecen a las estaciones de la red meteorológica del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR), la ubicación de las estaciones sí como los periodos de estudio, se encuentran en la Figura 1, se trabaja con datos diarios de temperatura del aire (Ta), temperatura máxima del aire (Tmax), temperatura mínima del aire (Tmin) y precipitación (Prec).

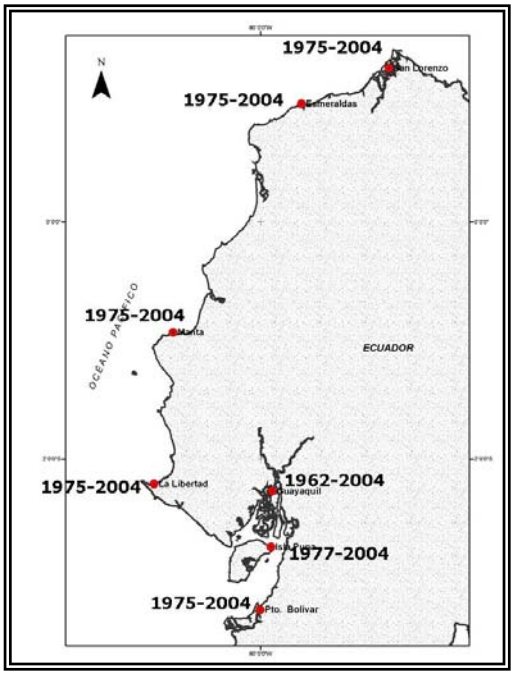


Figura 1 Ubicación de las estaciones y periodos de estudio

Como primer punto se define condiciones normales mensuales para cada parámetro que en las temperaturas se toma el promedio mensual y en Prec es el promedio de los acumulados mensuales. Gausenn [citado por Cañadas, 1983] establece que en Climatología, la distribución de temperatura y la precipitación durante el año en curso tiene mayor importancia que su media anual toma en consideración los periodos que son favorables o desfavorables para la vegetación como: periodo húmedo, seco, calido y frío. Se considera un mes ecológicamente seco, cuando la precipitación total mensual, expresada en milímetros, es igual o inferior, a dos veces del valor de la temperatura promedia mensual expresado en grados Celsius, es decir $P \leq 2T$, de acuerdo a esta definición dada por Gaussen, el diagrama Ombrotérmico es un grafico en el cual se marca: En la abscisa: meses del año, en la ordenada, a la derecha la escala de precipitación en mm.,

a la izquierda la temperatura en grados Celsius, a escala doble de la precipitación, durante los meses secos la curva de temperatura se encuentra sobre la curva de precipitación.

Las variaciones espaciales y temporales en las series son analizadas mediante Análisis de Componentes Principales, dos corridas fueron realizadas, la primera a fin encontrar los modos empíricos estacionales y la segunda removiendo el ciclo anual a las series se encuentra los modos empíricos de variabilidad interanual (Rodríguez, 2003).

21 índices de clima extremo fueron calculados, los mismos fueron tomados de (Petterson et al. 1996) en la Tabla I se muestran los índices como sus definiciones, las tendencias de los índices fueron caracterizadas mediante una prueba de hipótesis con la hipótesis nula de que la pendiente es igual a cero, y la hipótesis alternativa que la pendiente es diferente de cero, se trabajo al 95% de nivel de confianza, se procedió al calculo de los índices usando el software Rclimdex, que es un programa que se en encuentra en el sitio Web del grupo de expertos en detección y cambios climáticos. *http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/*

Tabla I Definición de índices extremos de temperaturas y precipitación, se mantiene la nomenclatura internacional según lo recomendado por (Petterson et al. 1996)

	INDICES EXTREMOS
	Índices de temperatura
tx10p	Días fríos, porcentaje de días cuando TX< percentil 10 (días)
tx90p	(Días calientes) Porcentaje de días cuando TX> percentil 90 (días)
tn10p	Noches frías, Porcentaje de días cuando TN< percentil 10 (días)
tn90p	Noches calientes, Porcentaje de días cuando TN> percentil 90 (días)
wsdi	Indicador de la duración de periodos calientes, Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil (días)
csdi	Indicador de la duración de periodos fríos, Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TN<10th percentil (días)
TXx	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria (^{o}c)
TNx	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria (^{o}c)
TXn	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria (^{o}c)
TNn	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria (^{o}c)
DTR	Diferencia media mensual entre TX y TN (^{o}c)
	Índices de precipitación
RX1day	Máximo mensual de precipitación en 1 día (mm)
Rx5day	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos (mm)
SDII	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (mm /día) (definidos por PRCP>=1.0mm) en un año (mm /día)
R10	Número de días en un año en que PRCP>=10mm (días)
R20	Número de días en un año en que PRCP>=20mm (días)
CDD	Número máximo de días consecutivos con RR<1mm (días)
CWD	Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm (días)
R95p	Precipitación anual total en que RR>95 percentil (días)
R99p	Precipitación anual total en que RR>99 percentil (días)
PRCPTOT	Precipitación anual total en los días húmedos (RR>=1mm) (mm)

Resultados

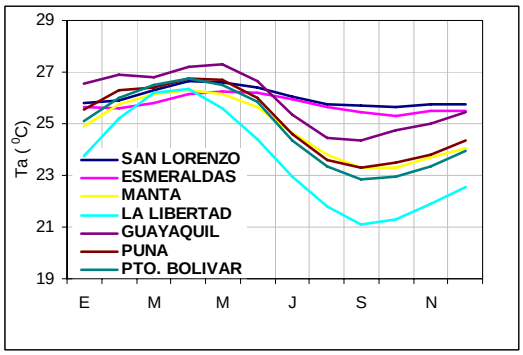


Figura 2 Valores mensuales normales de Ta

En todas las estaciones se evidencia la presencia del ciclo anual para las temperaturas, se pueden visualizar para Ta en la Figura 2, a manera de ejemplo, definiendo las estaciones climáticas, mayores valores de temperatura en estación humedad (Diciembre-Mayo) y menores valores en estación seca (Junio-Noviembre), existiendo diferencia en los rangos, para las estaciones al norte (San Lorenzo y Esmeraldas) del Ecuador el rango anual bordea 1ºC y en las demás estaciones el rango se amplia y va desde 3.1ºC a 5.2ºC en Manta y La Libertad respectivamente, este comportamiento se refleja en Tmax y Tmin, los valores de Prec se muestran en los diagramas ombrotérmicos, Los diagramas ombrotérmicos, definen meses ecológicamente secos, la Figura 3 de muestran los diagramas para cada estación, los meses donde la Prec <Ta graficados a dobles escala, se consideran se consideran meses ecológicamente secos

El modo uno en los modos de variabilidad estacional refleja como variabilidad común en todas las estaciones y con la presencia de una variabilidad interanual 3-5 años llamada El Niño-a, Figura 4, modo 1 explica el 66.9 de la varianza y el modo 2 el 10.4 % de la varianza

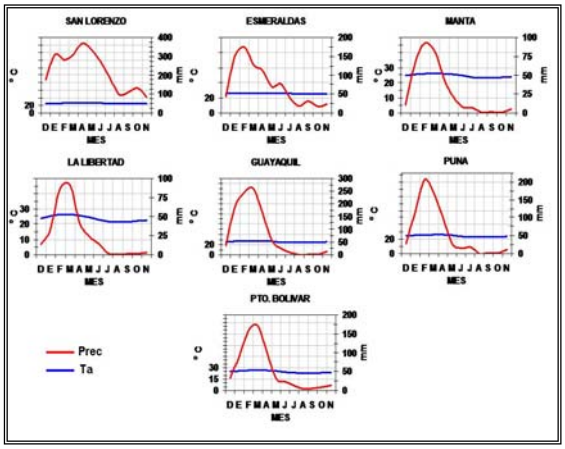


Figura 3 Diagramas Ombrotérmicos

De los 21 índices encontrados solo se muestran 6 que son los mostraron tendencias significativas al 90% de confianza, en la Figura 5 a) txx muestra tendencia positiva en Esmeraldas y Guayaquil, y tendencias negativas en Puna y Pto. Bolivar b) tnx existen tendencias positivas en todas las estaciones las tendencias están entre 0.02 y 0.03º C/año. c) tnn todas las tendencias son positivas 0.06 C/año en San Lorenzo y en el resto de las estaciones su valores entre 0.02 y 0.03º C/año exceptuándose Guayaquil donde no se reportaron tendencias significativas. d) dtr muestra tendencias negativas en San Lorenzo, La Libertad, Puna y Pto. Bolivar.

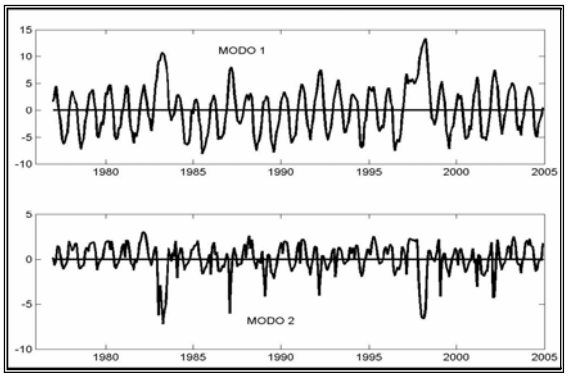


Figura 4 Modos empíricos estaciónales

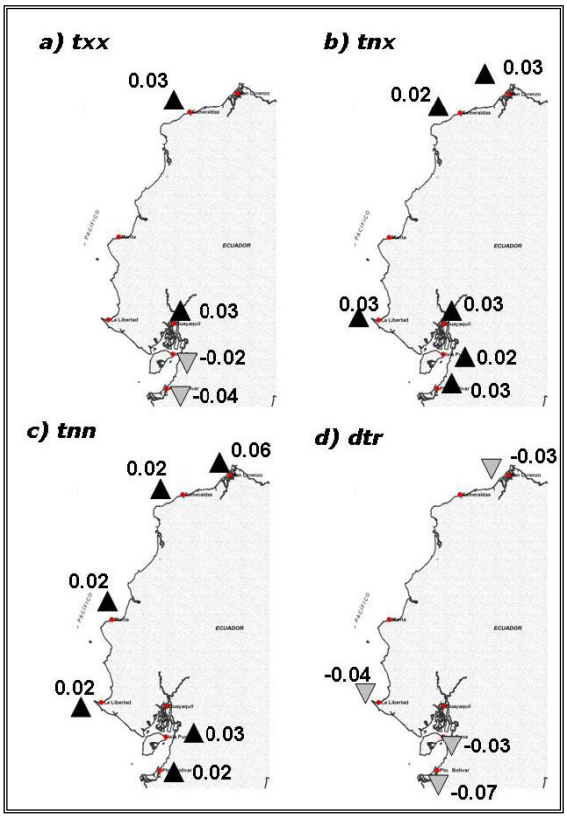


Figura 5 Índices extremos con tendencias significativas al 90% de confianza

Conclusiones

En las cuatro variables analizadas existe la presencia de un ciclo anual en todas las estaciones, aunque en las estaciones San Lorenzo y Esmeraldas el mismo no está tan bien definido como en las estaciones al centro y sur de la costa ecuatoriana, esto se debe a que la variación estacional de la corriente de Panamá o el Niño llega inclusive a las estaciones al sur de la costa ecuatoriana haciendo que los rangos se amplíen y se reflejen en los ciclos anuales de temperaturas, por otro lado la variación estacional de la corriente de Humboldt no influye en la costa norte del Ecuador y haciendo que haya menores rangos de temperatura a lo largo de todo el año.

La influencia de la variabilidad interanual, El Niño-a, representada por los "Modos empíricos estacionales" en todas las estaciones permite decir que ésta es parte de la variabilidad climática, no así lo efectos que pueda causar los diversos sectores del país.

Analizando los diagramas ombrotérmicos permite concluir tres zonas diferentes, 1.- Estación San Lorenzo sin meses ecológicamente secos durante todo el año, 2.- Estación Esmeraldas los meses ecológicamente secos desde julio a noviembre y 3.- las estaciones Manta, La Libertad, Guayaquil, Puna y Pto. Bolivar no tiene meses ecológicamente secos desde diciembre a abril.

Las temperaturas máximas mensuales aumentan al centro y norte del Ecuador pero disminuyen en las estaciones ubicadas a la entrada del Golfo de Guayaquil. Las temperaturas mínimas, los máximos valores como los mínimos tienen predominancia al aumento (tnx y tnn). En general se observa un comportamiento a tendencias positivas significativas en las temperaturas máximas y mínimas, como conclusión aparte los días y noches frías están disminuyendo tx10p y tn10p respectivamente. Las noches calientes tienen tendencia positiva en Guayaquil, La Libertad y Manta en Pto. Bolivar presenta tendencia negativa, producto del aumento en las temperaturas mínimas, las mínimas temperaturas ocurren en la noche.

Bibliografía

[1] ZAMBRANO, E. El Niño, Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Guayaquil, 1996, Vol. 8 No 1, 109-114 p.

[2] ESPINOZA, J. El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente, Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Guayaquil, 1996, Vol. 8 No 1, 115-134 p.

[3] DALLAS, E. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos, Internacional Thomson Editores, México, 2000, 109 – 111 p.

[4] PETERSON, T. C., C. FOLLAND, G. GRUZA, W. HOGG, A. MOKSSIT, AND N. PLUMMER, 2001: Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporters 1998–2001. World Meteorological Organization Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 p.

[5]CAÑADAS, L. Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, MAG-PRONAREG, Quito, 1983, 15 p.

[6] RODRIGUEZ, E. Variabilidad de la circulación de mesoescala en la Cuenca oceánica del Pacífico Colombiano, Tesis Doctoral, Universidad de Concepción, Chile, 2003.

CONTAMINACION POR RESIDUO DE HIDROCARBURO DEL PETROLEO EN EL PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL Y SU AREA DE INFLUENCIA DEBIDO A ACTIVIDADES NAVIERAS, PERIODO 1984 AL 2004.

Por

Antonio Rodriguez Moreira

Abstract

This study featured a quantitative and qualitative evaluation of the contamination of hydrocarbons and petroleum from different cruises in the waters of Estero Salado and Estero El Muerto in the area surrounding the docks of the Guayaquil Port Authority, using contamination data colleted during the period 1984 to 2004 by INOCAR.

Qualitatively, the studies show the presence of bilge waters in most of the study areas from the merchant ships that arrive daily at the port, with the majority occurring in the years 1999 and 2004.

With chromatograph analysis were registered 40 positive samples and15 negative samples, being the highest detection on 2004 year. It was found that the higher frequency of oil spill occurred in the influence area of the APG harbor was in the general loading area # 1 until harbor # 6

From the quantitative point of view, the concentration of solved and dispersed hydrocarbons (HDD) in all the study area, considering the tide state (high and low tide) is relatively low compared with the permissible limit of 10, considered as the maximum value for surface natural waters in the standard UNESCO 1976. By the other hand, it must be considered that this minimum concentration produce the existence of a permanent oil film, giving a character of chronicle with the consequence of producing negative effects to the ecosystem at a short or medium term.

Resumen

Este estudio determino una evaluación cualitativa y cuantitativa de la contaminación por hidrocarburo del petróleo que generan las diferentes embarcaciones en las aguas del Estero Salado y El Muerto circundante a los muelles de Autoridad Portuaria de Guayaquil, utilizando registros de contaminaciones ocurridas en esta área durante el periodo de 1984 hasta el 2004 información técnica existente del Instituto Oceanográfico de la Armada.

Cualitativamente, muestran la presencia de residuos de aguas de sentinas, en el área estudiada ocasionada en su mayoría, por buques mercantes que a diario arriban al Puerto, siendo los de mayor ocurrencia en los años de 1999 y 2004

Cromatograficamente se registraron 40 muestras positivas y 15 muestras negativas, siendo el de mayor detección el año 2004. Se presenta además que la mayor frecuencia de derrame ocurrido en el área de influencia de los muelles de A.P.G. es desde los muelles de carga general # 1 hasta el muelle # 6.

Desde el punto de vista cuantitativo, la concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en todo el área de estudio considerando el estado de marea (Flujo y Reflujo), son relativamente bajos con relación al limite permisible de 10 establecido como valor máximo para aguas superficiales no contaminadas en la norma UNESCO 1976,no obstante debe tenerse presente que esta concentración mínima, provoca la existencia de una película permanente de aceite, lo que le da un estado de cronicidad con las consecuencias de producir efectos deletéreos al ecosistema a corto plazo.

INTRODUCCION

EL PUERTO DE GUAYAQUIL

Geográficamente esta localizado a 02° 16´51´´ de latitud sur y 79° 54´49´´ de longitud

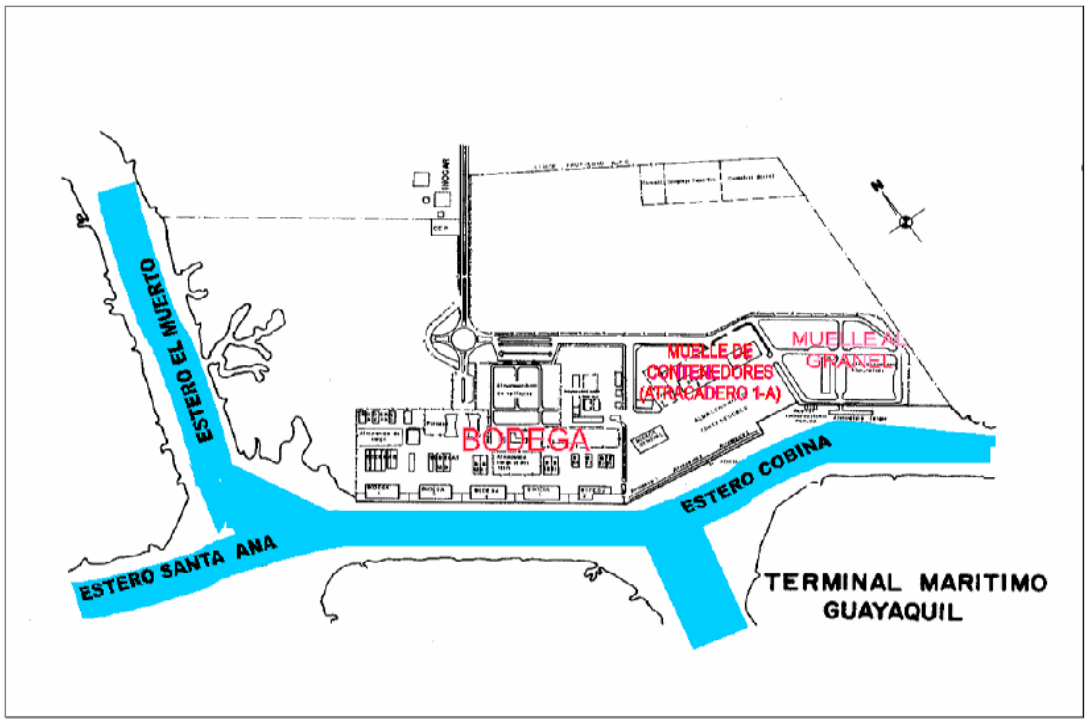


Fig. 1 Área de Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG)

Oeste, en un ramal del estuario del Río Guayas, denominado Estero Salado cerca de 50 millas náuticas desde el mar. El área total del Puerto es de 95,40 hectáreas, tiene capacidad para prestar servicios a las naves de cargas refrigeradas, containeras y sólidas y liquidas al granel. Cuenta con 1.635 mts. de muelle distribuidos en 8 atracaderos.
El acceso al Terminal portuario desde el mar se lo realiza a través de un brazo natural que al inicio se lo conoce como Canal del Morro, para luego denominárselo Estero Salado. El Canal de navegación comprende dos partes: Canal exterior de ambiente marino y el canal interior con influencia estuarina.

El canal se encuentra sujeto a la acción de las mareas, dos pleamares y dos bajamares diarias, que varían de acuerdo a la época y también a lo largo del canal.

El Puerto Marítimo de Guayaquil, está rodeado de esteros adyacentes, a unos 1.200 mts en la que se efectúan un tráfico diario de embarcaciones menores y mayores como lanchones de menos de10 T.R.B. Canoa de fibra con motor y B/B con más de 10 T.R.B. En el Estero santa Ana se produce la movilización de buques tanquero diarios de cabotaje que realizan el bunkerero a los buques de tráfico internacional acoderados en las instalaciones de los muelles de Autoridad Portuaria y en los muelles privados asentados en el rió Guayas tales como Industrial Molinera, Molinos del Ecuador, Fabril, Ecuagran, Cipresa etc. El área de fondeadero llamada Cuarentena, son lugares en que ciertas motonaves antes de entrar al Puerto mismo, realizan sus achiques de sentinas. En el Estero tres Bocas, el trafico marítimo es hacia los muelles privados de Banana puerto y Trinipuerto en la Isla Trinitaria y de buques Tanqueros que transportan los diferentes derivados del petrolero para el abastecimiento de la Ciudad, y de las Centrales térmicas desde la Refinería de La Libertad hasta el Terminal Petrolero de El Salitral.

En el Estero El Muerto, es hacia los atracaderos de muelle privado de Fertiza y para las centrales térmicas de la trinitaria, a unos 800-1000m, se encuentra la Base Naval Sur, lugar donde se encuentran acoderadas la mayoría de las unidades de la Institución Armada durante la mayor parte del año, así como la existencia de Diques Flotantes los cuales generan contaminación a las aguas del Estero El Muerto, lugar que se considera que esta afectado por problemas de contaminación crónica.
Siendo Guayaquil el principal Puerto Marítimo y fluvial del Pacifico Ecuatoriano, y de gran importancia del comercio exterior que maneja el sistema portuario nacional, así como las diversas actividades como la exportación: carga refrigerada e importación de materias primas para la industria, se determino un estudio de evaluación cualitativa y cuantitativa de los derrames eventuales de residuos de hidrocarburos del petróleo ocasionado por las diferentes embarcaciones acoderadas en los muelles de Autoridad Portuaria de Guayaquil.

ANTECEDENTES

ESTUDIOS E INVESTIGACIONES DE CONTAMINACION MARINA REALIZADA EN EL ESTERO SALADO POR PARTE DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS

Instituciones que están involucrados en la investigación del medio ambiente marino, como PMRC. ESPOL-CONUEP INOCAR etc. y con el apoyo de entidades internacionales han realizado estudios de calidad de las aguas del Estero Salado, Río Guayas y en general del Golfo de Guayaquil.
Entre las cuales están:

TALLER REGIONAL CPPS/PNUMAS/CEPAL SOBRE EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR UN DESARROLLO PORTUARIO, EN 1986

Se expuso el informe técnico División de Química del INOCAR relacionado a la presencia de contaminación por hidrocarburos del petróleo y otros parámetros químicos del Estero El Muerto el cual es un ramal del Estero Salado, en la que se indica que, en mayor o menor grado la presencia de este contaminante, durante todo el año.

DIVISION QUIMICA 1988 INFOME TECNICO ALGUNAS CARACTERISTICA QUIMICAS DE LAS AGUAS DEL ESTERO EL MUERTO DURANTE 1988 ESTACION FIJA.

Se evalúo la contaminación de las aguas del Estero El Muerto producida por la presencia de hidrocarburo del petróleo tanto en época lluviosa (Febrero, Marzo Abril) como en la seca (Septiembre, Octubre y Noviembre) y su relación en las mareas (Flujo y reflujo) y otros parámetros químicos

Como resultado de estos análisis los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos encontrados en este estado podrían deberse a la permanencia de buques de diferente tonelajes en la zona que continuamente emanan residuos de aguas de sentinas e hidrocarburos en esta área de cabotaje y atracaderos de buques, lo que provoca la existencia de una película permanente de aceite.

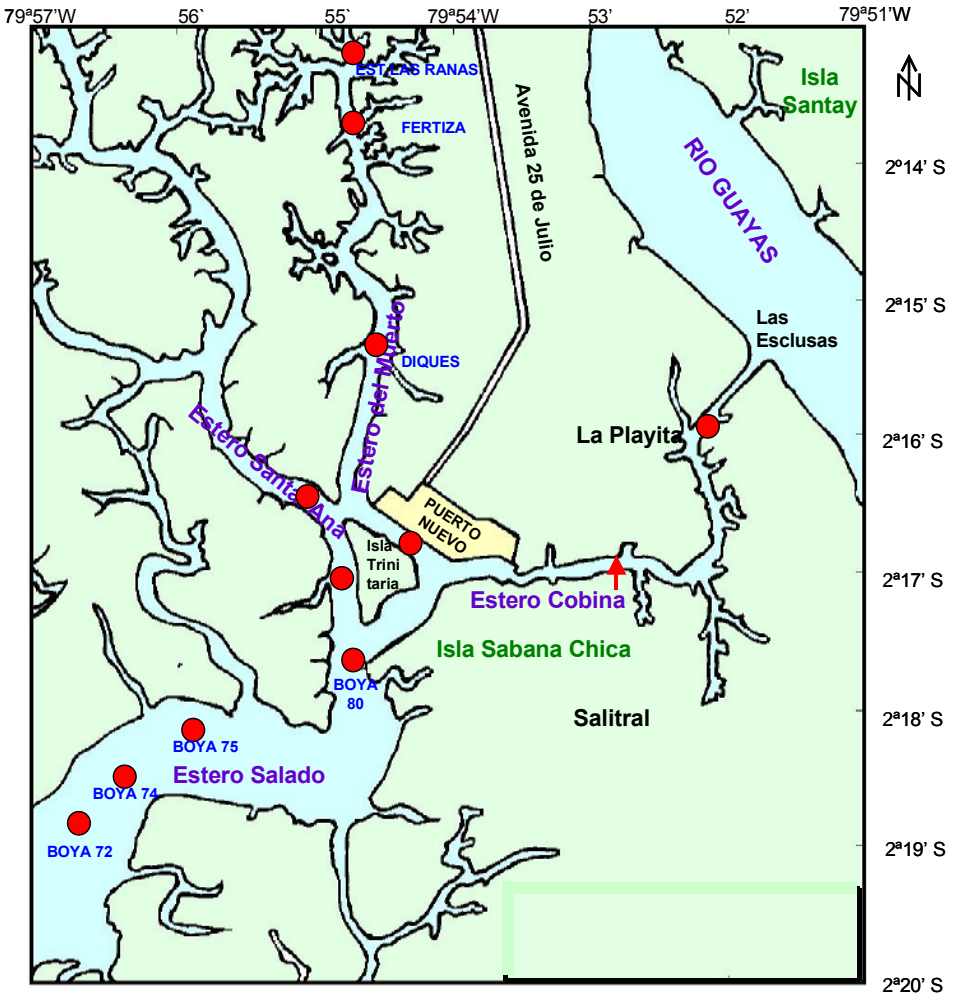
SOLORZANO (1986) En su estudio sobre hidrocarburos disueltos y dispersos en el estuario interior del Golfo de Guayaquil, presenta valores de 1.48 y 0.11 ug/l criseno para el Puerto Marítimo y Fertisa respectivamente, para el mes de Noviembre de 1985 valores ligeramente menores a los reportados en el presente estudio.

EN 1990, EL GRUPO TECNICO DE CALIDAD DE AGUAS DEL PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS COSTEROS (P. M. R. C.)

En el documento “Estudio de la calidad del agua costera en el Ecuador” establece que: en el Estero El Muerto, se observa contaminación por hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, en menor o mayor grado durante todo el año, pudiendo además apreciarse la influencia de la marea en el transporte del contaminante ya que en forma general, las más altas concentraciones se encuentra en flujo.

UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende tres zonas bien diferenciadas la una en el Estero salado en el ámbito de los muelles de APG. la segunda en las inmediaciones del sitio de los diques y la tercera el Estero El Muerto lugar de fondeadero de buques.



FUENTE DE DATOS

Los datos utilizados para el presente trabajo se origina de la información general de las contaminaciones producidas por derrames de residuos de hidrocarburo del petróleo, originado por las diferentes embarcaciones en el Puerto Marítimo de Guayaquil y su área de influencia, en los años 1998,1999 2000, 2001 2002 2003 y 2004 y datos de concentración de hidrocarburo disueltos y dispersos en el año 2001 y 2004.

METODOLOGIA

DE MUESTREO:

Para el análisis de casuística de derrame de petróleo y sus derivados, las muestras fueron colectadas en frascos de polietileno de 500 ml tanto del área afectada como de sentina y de combustible de embarcaciones sospechosas

.

Para el análisis de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, las muestras fueron tomadas, con la ayuda de un soporte pesado, en botellas de vidrio de 4 litro de capacidad, previamente tratada y a una profundidad de 1 metro bajo la superficie extraídas inmediatamente con n-hexano y refrigeradas para su posterior análisis por espectroflurometría.

DE ANÁLISIS

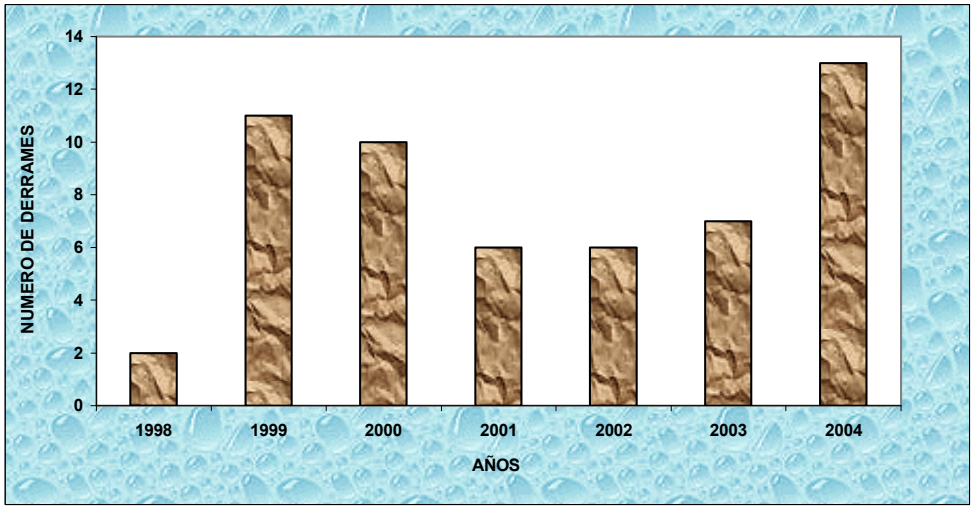
Identificación específica del causante del derrame del petróleo y sus derivados, como contaminantes del medio marino: análisis cualitativo a través de cromatografía en capa fina sobre cromatoplaca de silicagel y aluminio provisto de un indicador fluorescente.
Finalmente en la muestra del área afectada, se determinó la concentración de residuo de hidrocarburo del petróleo por gravimetría.
Hidrocarburos del Petróleo disueltos y dispersos: Metodología propuesta por la CPPS (Plan de Acción para la protección del Pacifico Sudeste y Áreas Costeras Adyacentes)

EVALAUCION DE RESULTADOS

4.1. MACROCONTAMINACION

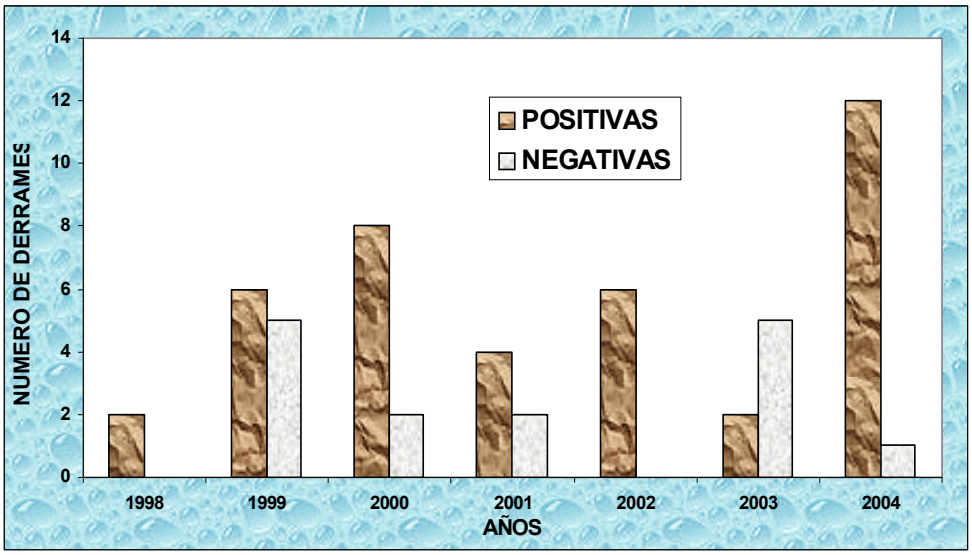
Contaminaciones producidas por derrames de residuos de hidrocarburos del petróleo por las embarcaciones en el Puerto de Guayaquil.

Desde 1998 al 2004 se han registrados 55 casos de derrames de hidrocarburos del petróleo en el área del Estero Salado circundante a los muelles de APG. (Autoridad Portuaria de Guayaquil)
2 casos de derrame corresponden al año de 1998 6 casos corresponde al año 2001 y 2002, 7casos corresponde al año 2003 pudiéndose apreciar, entonces que la mayor ocurrencia de derrames se suscitó en los años 1999 y 2000 y 2004. Graf. 1



Graf. 1 CONTAMINACION POR RESIDUOS DE HIDROCARBUROS DEL PETROLEO OCURRIDO EN EL ESTERO SALADO CIRCUNDANTE A LOS MUELLES DE A.P.G.

De los análisis cualitativos de residuos de hidrocarburos del petrolero por cromatografía en capa fina, efectuados a las muestras por contaminación se registraron en total de 40 muestras positivas y 15 muestras negativas, observándose en el grafico que en los año 1998 y 2002 solamente se registraron muestras positivas en tanto que en el año 2004 se aprecia el mayor registro de muestra positiva y menor de muestras negativas. Graf. 2



Graf. 2 VERIFICACION DEL ORIGEN DE VERTIDOS DE RESIDUOS DE HIDROCARBUROS DEL PETROLEO MEDIANTE TECNICA DE CROMATOGRAFIA EN CAPA FINA

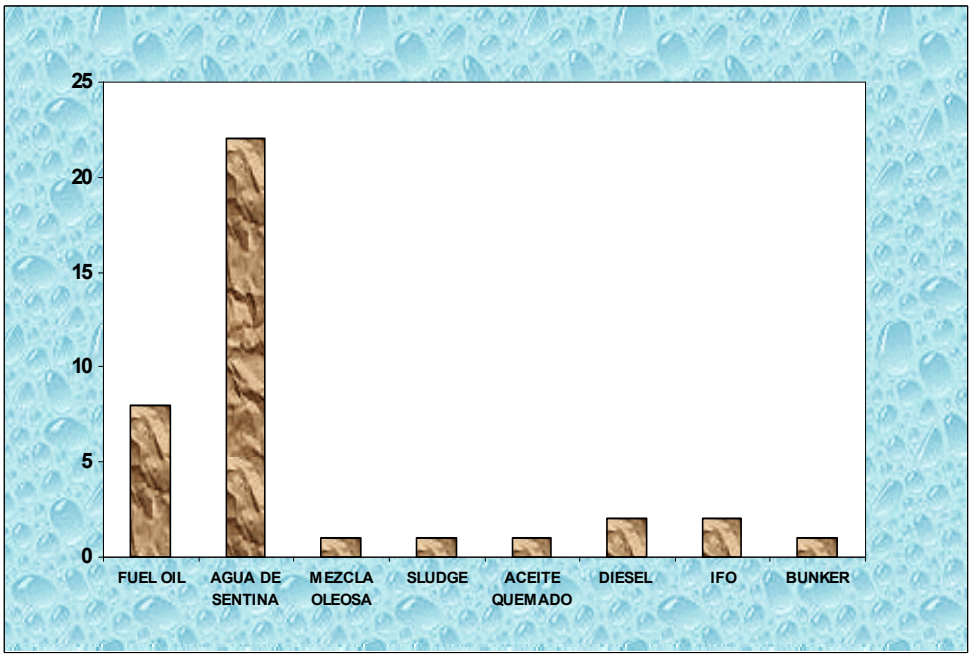
De los análisis que resultaron positivos se estableció que el comportamiento del recorrido cromatográfico en placa de silicagel en cada muestra, a través de imagen fluorescente con luz ultravioleta demostró las condiciones de paridad con la muestra problema (agua del área contaminada) con los combustibles de sentina, fuel-oil, sludge diesel según el caso, ya que se obtuvo espectros de emisión de luz iguales
Con estos resultados se establecen los tipos de hidrocarburos que prevalecen en muestras de agua contaminada con las llamadas prueba Rf (factor de Retraso) y que son característicos en su aspecto y color propio del tipo de combustible que se utiliza en cada embarcación De las muestras que resultaron negativas, en cambio se estableció que la imagen del recorrido cromatográfico es diferente, y no fue posible hacer las comparaciones, probablemente las muestras no fueron representativas en especial el área contaminada, consecuentemente no se determino el origen del derrame de hidrocarburos ocurrido en los alrededores de los muelles de APG.

Otro caso de muestra negativa, es cuando el origen de la mancha detectada presenta características de agua combinada con detritus y restos de basura su espectro de emisión que refleja a la luz ultravioleta es diferente al combustible por lo tanto el origen de la mancha es orgánico o de otra fuente

Otro caso que no se puede determinar contaminación por hidrocarburos al medio marino por parte de buques, es porque no se tiene información suficiente que indique si

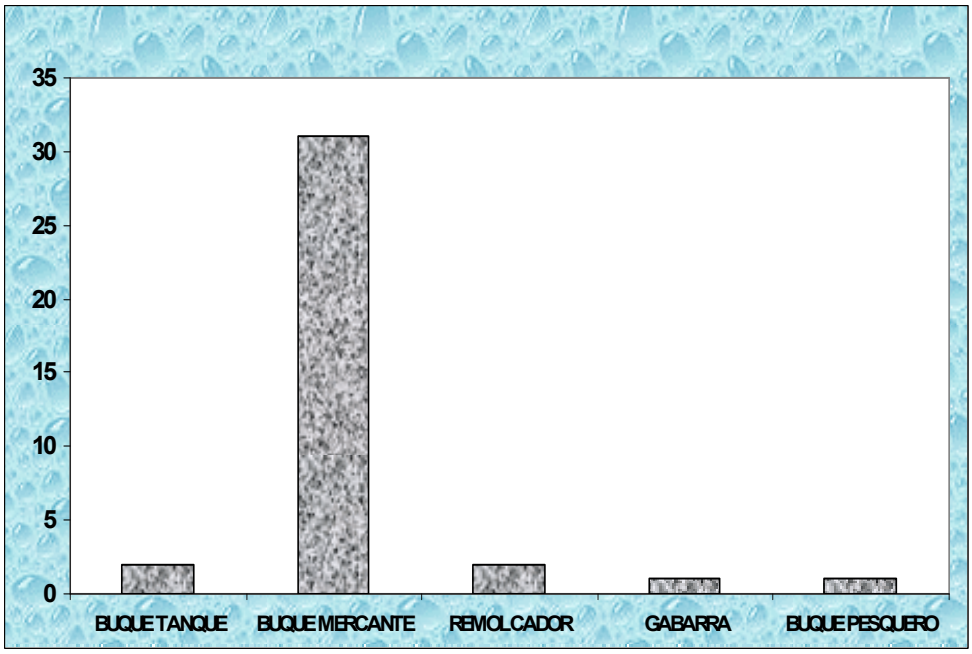
las muestras fueron tomadas del receptor hídrico y no se tiene la identificación técnica, tanto del problema que se halla suscitado cuanto del origen de las muestras.

Los problemas de contaminación que se han detectado en el estero salado, en las inmediaciones de A.P.G. en referencia a hidrocarburos del petróleo, en su mayor parte se han originado por derrames de residuos de agua de sentina de las embarcaciones, siguiendo en importancia el fuel oil, diesel, ifo, bunker, sludge y diferentes mezclas oleosas. Graf. 3.



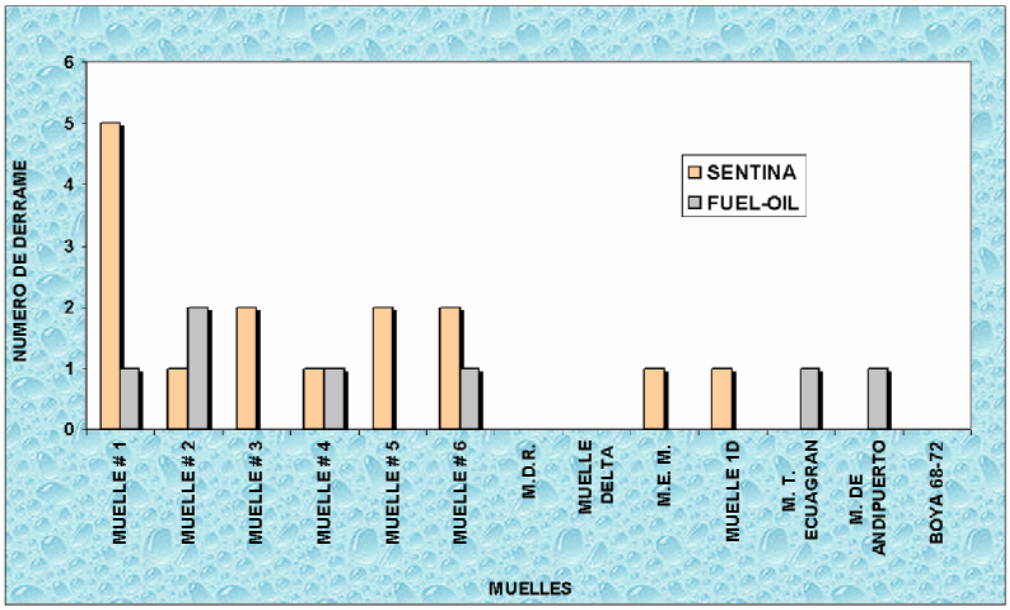
Graf. 3 TIPO DE RESIDUO DE HIDRICARBURO DEL PETROLEO QUE HAN OCASIONADO LAS EMBARCACIONES AL ESTERO SALADO CIRCUNDANTE A LOS MUELLES DE A.P.G.

Y en lo que respecta a los tipos de embarcaciones que han producido problemas de contaminación, podemos referirlos en el siguiente orden: Buques Mercantes, Buques Tanques, Buques Pesqueros, Remolcadores y Gabarras. Graf. 4



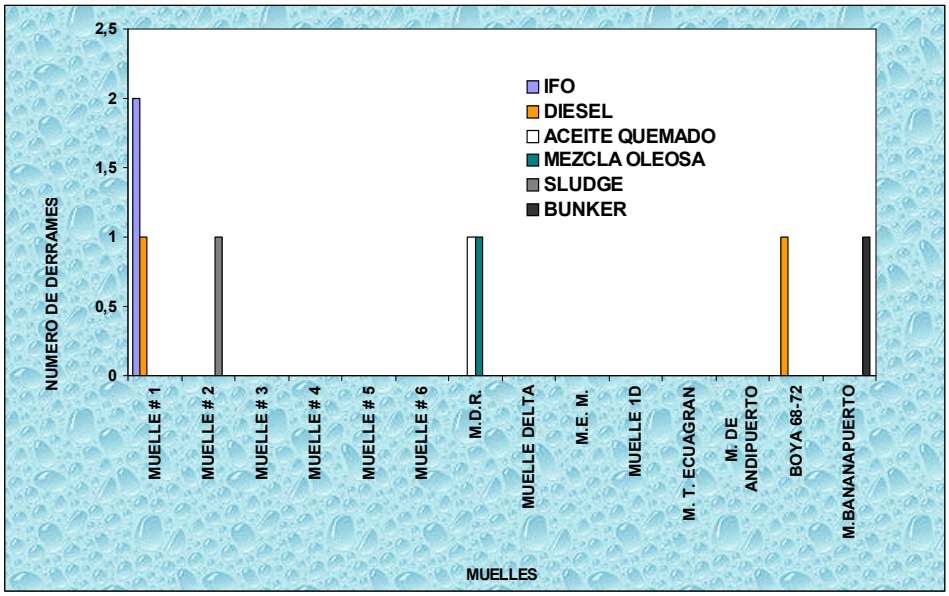
Graf. 4 TIPOS DE EMBARCACIONES QUE HAN OCACIONADO CONTAMINACION POR RESIDUO DE HIDROCARBURO DEL PETROLEO AL ESTERO SALADO CIRCUNDANTE A LOS MUELLES DE A.P.G.

Los lugares donde ocurrieron los derrames de aguas de sentina en el Estero Salado fueron en las inmediaciones de los muele # 1 hasta el muelle # 6 y en los muelles de embarcaciones menores y muelle 1D en total 21 derrames, y derrames de Fuel oil hasta el muelle de Terminal Ecuagran y Andipuerto con 8 derrames. Graf. 5



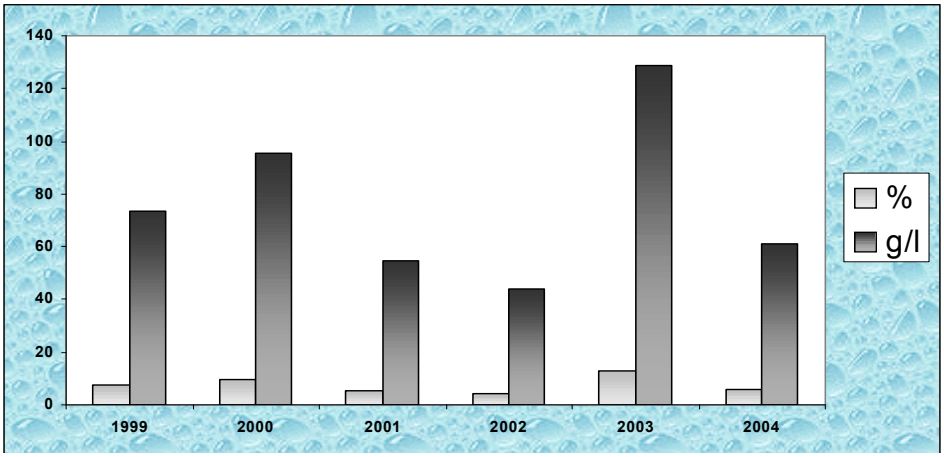
Graf. 5 FRECUENCIA DE TIPO DE DERRAME (AGUAS DE SENTINA Y FUEL OIL) EN LAS AREAS CIRCUNDANTES A LOS MUELLES DE A.P.G.

En lo que se refiere a otros tipos de residuo como diesel, sludge, aceite quemado mezcla oleosa y bunker han ocurrido una solo derrame por el área del muelle # 1, muelle # 2, muelle de remolcadores en las inmediaciones de la boya 68-72 y en el muele de Banana puerto respectivamente. Graf. 6



Graf. 6 FRECUENCIA DE TIPODE DERRAME (DIESEL, SLUDGE, ACEITE QUEMADO, MEZCLA OLEOSA, BUNKER) EN LAS AREAS CIRCUNDANTE DE LOS MUELLES DE A.P.G.

A partir de la información obtenida en las muestras de agua contaminada tomada en el estero en las inmediaciones de las muelles de A.P.G. puede apreciarse que las concentraciones tienen una relación directa con los volúmenes encontrados en cada una de las muestras del área contaminada en g/l y en porcentaje anual.
La más alta concentración corresponde al año 2003 con 128.6 g/l y 12.86 % la más baja concentración corresponde al año 2002 con 43.77 g/l y 4.37 %. Graf. 7



Graf. 7 CONCENTRACION DE RESIDUOS DE HIDROCARBURO DEL PETROLEO EN EL ESTERO SALADO CIRCUNDANTE A LOS MUELLES DE A.P.G.

ANALISIS DE LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS DEL PETRÒLEO EN AREAS ADYACENTES (ESTEROS Y RIOS)

En el área del Estero El Muerto se ha producido contaminación por hidrocarburo del petróleo, pero en forma esporádica En Octubre de 1997 se produjo contaminación en el Estero a 500 m del Cuerpo de Guardacostas, lugar en que se encontraba en construcción la Central Térmica Trinitaria por parte de La compañía Babcook Wilcox, se detectó un derrame de hidrocarburos que cubría un sector de aproximadamente 500 m a lo largo del perfil costero.

En Marzo de 1998, en el mismo lugar se produjo derrame de Diesel circundante a la planta INECEL.

En el Río Guayas.-

El río Guayas está formado por dos grandes cauces que son el Daule y el Guayas, recorre toda la parte norte de la Ciudad, y va a desembocar directamente al mar por medio del canal de Jambeli, esta considerado como el gran receptor de los residuos que son evacuados directa o indirectamente de la ciudad. La contaminación producida por residuos de hidrocarburos en esta área es mínima entre las cuales citamos:

En Marzo de 1998 se produjo contaminación por residuos de grasa en el Río Daule por parte de la empresa UNICOL en el sector denominado “canal de la muerte”. En Junio de 1998 el Remolcador Warson provocó contaminación por residuos de sentina en el Río Guayas en las inmediaciones del varadero de la Empacadora Nacional al sur de la ciudad En Marzo de 1999 un M/N produjo contaminación por residuos de sentina en el Río en las inmediaciones del muelle SU NAVAL al sur de la Ciudad. En Julio del 2000 en el Varadero Vatadur al sur de la ciudad un buque pesquero originó contaminación por mezcla oleosa en el Río Guayas En el área de muelle TIMSA se produjo contaminación por mezcla oleosa por parte de una motonave en el Río Guayas en marzo del 2001 En el mes de Mayo la Empresa Trasmabo produjo contaminación por diesel en el Río Guayas en las inmediaciones del muelle La Julia. Finalmente en el mes de Junio un Buque pesquero produce contaminación por sentina en el Río Guayas.

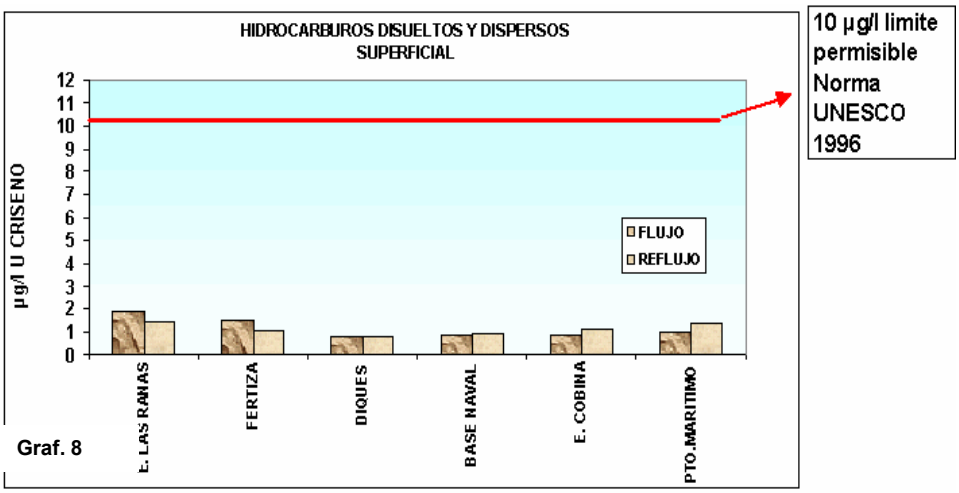
4.2. MICROCONTAMINACION.

Concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos en la capa superficial del Estero Salado y área de influencia de los muelles de Autoridad Portuaria de Guayaquil.

En el lapso comprendido entre el 2001 y el 2004, puede observarse que, en el año 2001 se ha producido dos casos de contaminación: En el Estero El Muerto: en las inmediaciones del sitio de fondeadero de los Diques de la Base Naval Sur y en las inmediaciones del área de Cuarentena, lugar de fondeadero de los buques de alto calado que esperan acoderarse en el Puerto Marítimo de Guayaquil.

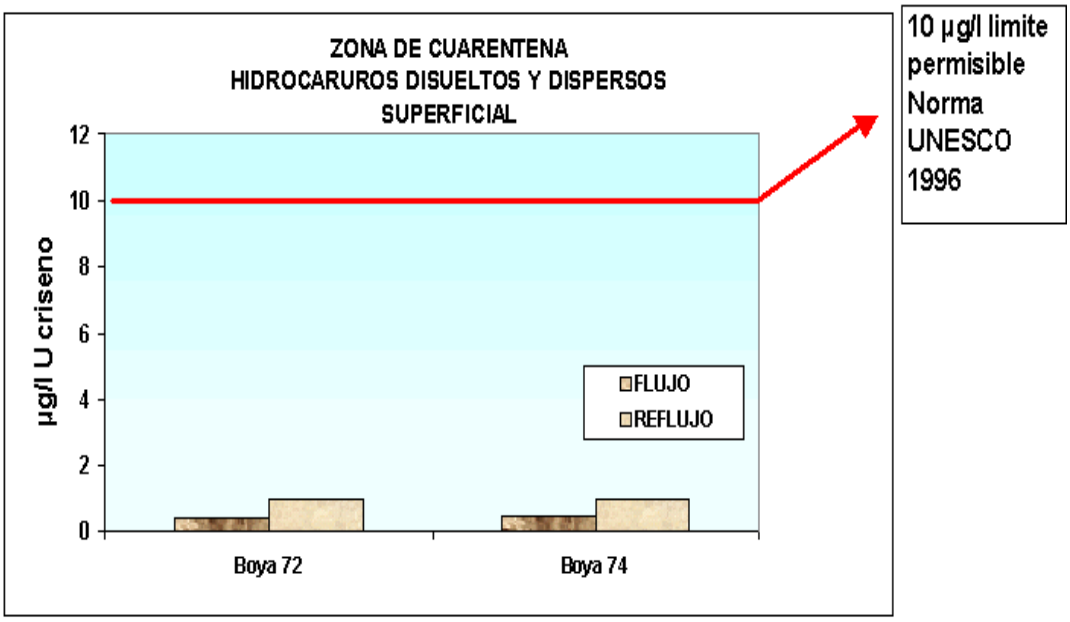
En el año 2004, el área afectada comprende el Estero El Muerto desde Fertiza hasta el área del Puerto Marítimo, el Estero Cobina frente al delantal de los muelles de APG. hasta el Balneario denominado La Playita la Isla Trinitaria, entre la Isla Santa Ana y la Isla Sabana Chica y el Estero Salado en el área de la Boya 80 y zona de Cuarentena boya 75.

En las dos estaciones que constan en el estero Las Ranas la concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) es mayor en Flujo(1.872µg/l), en tanto que en el estado de marea de reflujo la concentración es menor (1.44 µg/l). Lo propio ocurre en el área de fertiza, la concentración es mayor en Flujo (1.539 µg/l), en tanto que en reflujo es menor 1.08 µg/l). En el área de los diques y base naval el comportamiento de la concentración de HDD en sus dos estados de mareas son casi similares en sus concentraciones (0,7975 µg/l-0.823 µg/l),.0.864 µg/l—0.936 µg/l). En el área de Estero Cobina la concentración de H DD es mayor en reflujo (1.147 µg/l) en tanto que en Flujo es de 0.86 µg/l Igual comportamiento ocurre en el área del puerto Marítimo mayor es en reflujo (1.394 µg/l) mientras que en Flujo es menor (1.83 µg/l) Graf. 8

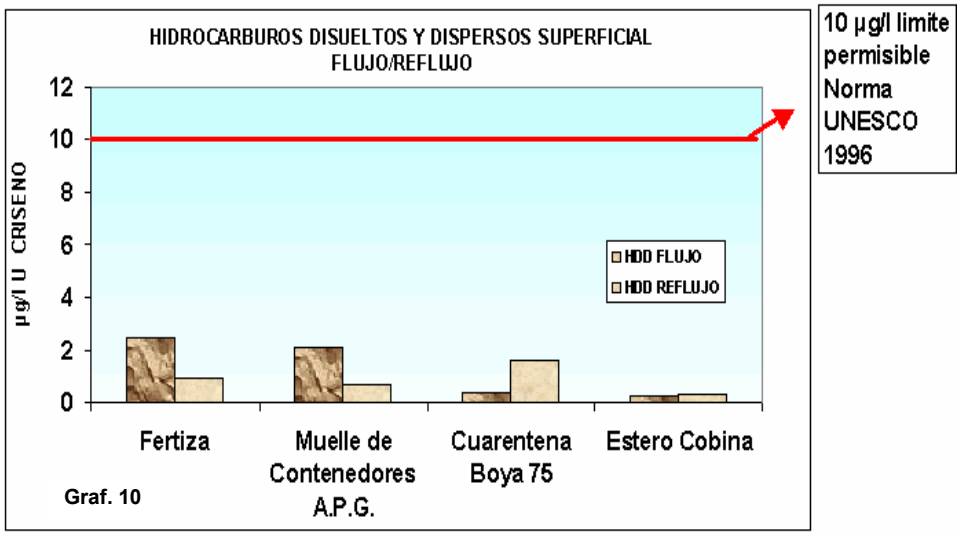


Graf. 8

En las estaciones del área de cuarentena, Boya 72, Boya 74 lugar de fondeadero de los buques que esperan acoderarse en el Puerto Marítimo, la concentración de HDD es mayor en reflujo, mientras que en flujo la concentración es menor Graf. 9.



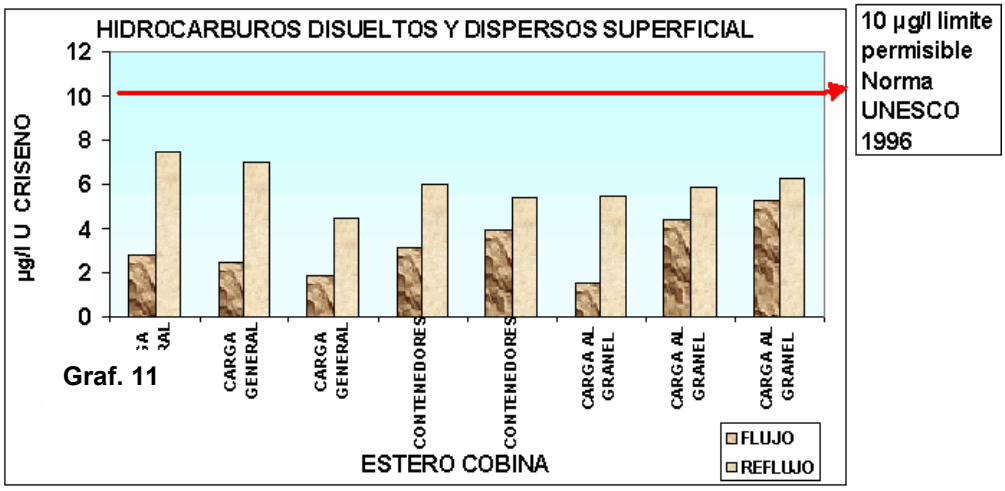
De los análisis de HDD efectuado en le 2004 desde el área de Fertiza hasta la zona de del Estero Cobina se encontró mayor concentración en Flujo en el área de Fertiza y muelles de Contenedores de APG.(2.48 y 2.12 µg/l respectivamente) mientras que en reflujo es menor (0.92 y 0,67 µg/l respectivamente) En el área de Cuarentena, Boya 75 la concentración es mayor en reflujo (1.62 µg/l) y en Flujo su valor es menor 0,36 µg/l. En el área del Estero Cobina la concentración de HDD fue muy baja tanto en flujo como en reflujo (0,25 y 0.32µg/l) Graf. 10



Graf. 10

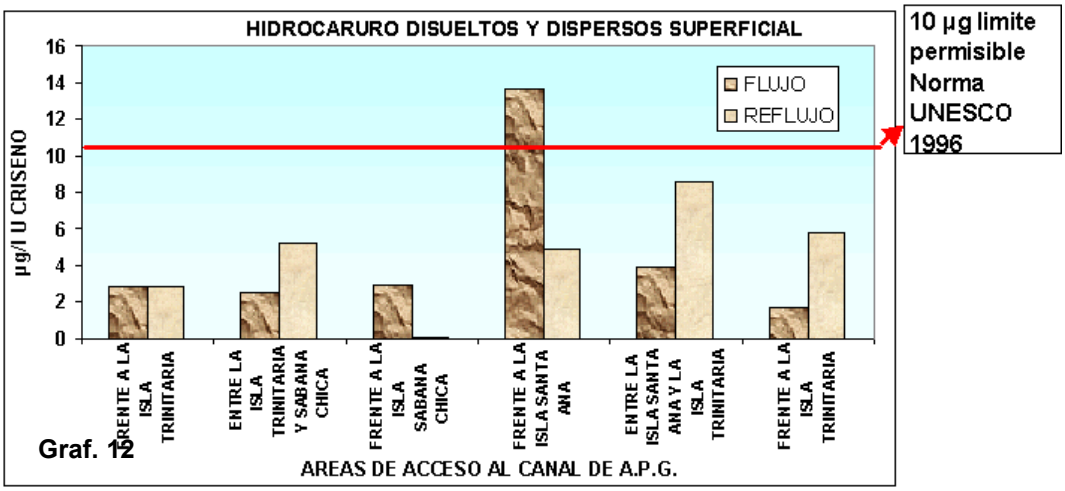
En lo que respecta a las concentraciones encontradas de HDD en el área de los muelles de A.P.G. se detecto mayor concentración en reflujo en el área del Estero

Cobina frente a los muelles de carga general (Bodega # 4(7, 7.5 y 4 µg/l) en tanto que en flujo es menor (2.8, 2.5 y 1.9 µg/l) Igual comportamiento ocurre frente a los contenedores Atracadero 1 A y frente al muelle de carga al Granel En tanto que en reflujo la concentración es menor. Graf. 11



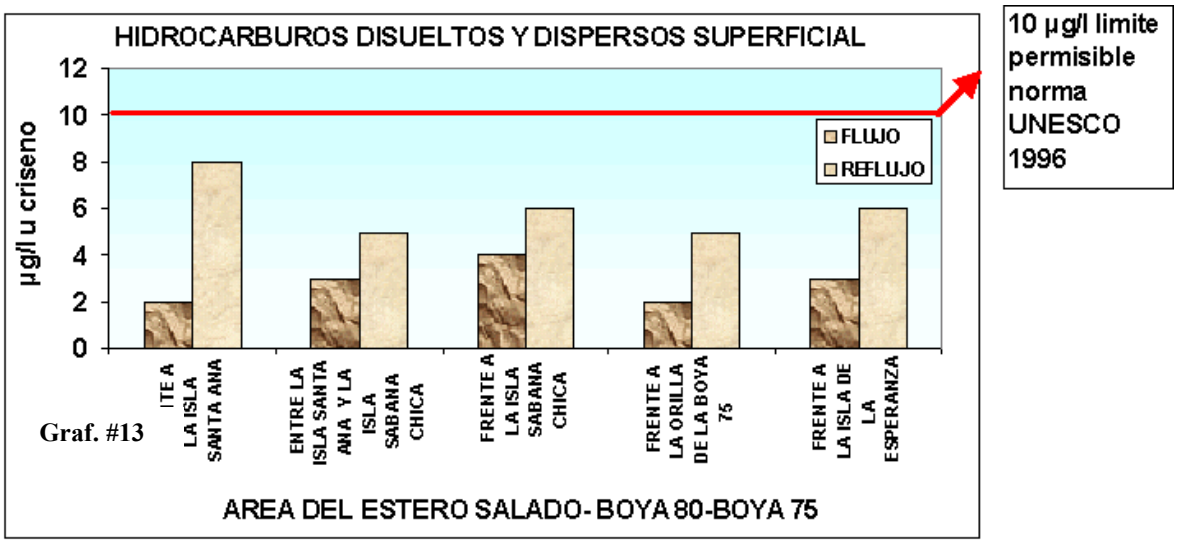
Graf. 11

En el área del Canal de acceso, isla Trinitaria e isla Santa Ana se presenta concentraciones bajas de HDD en los dos estados de marea a excepción de la estación que comprende frente a la isla Santa Ana que esta relativamente elevado por encima del valor de limite permisible que es valor de 10 µg/l. Graf. 12



Graf. 12

En el área del Estero Salado Boya 80 y Boya 75 Zona de Cuarentena la presencia de HDD en las aguas de esta área son mayores en reflujo, mientras que flujo es menor. Graf.13



Graf. #13

CONCLUSIONES

- De la información obtenida de los últimos 7 años se puede considerar que la contaminación por residuos de hidrocarburos del petróleo que produjeron estas embarcaciones ha sido en forma esporádica por lo tanto, se puede manifestar que no es alarmante.

- Los residuos aguas de Sentina es el contaminante que más ha provocado contaminación en el Estero en las inmediaciones de los muelles de A.P.G.

- En segundo orden le sigue el fuel-oil cuando se produce maniobras de carga y trasvasije de este combustible de tal manera que producen derrame que afecta al ecosistema marino del Puerto.

- En lo referente a la contaminación marina causada por buques, que se encuentran acoderados en muelles del estero El Muerto, ésta se da por la actividades de navegación, atraque de buques, achiques de sentinas, carga y descarga de combustibles en este sector, lo cual contribuye a la contaminación de las aguas por hidrocarburos del petróleo, ya que por lo general cuando las embarcaciones están en los muelles se aprovecha para su mantenimiento y limpieza descargando directamente las aguas residuales al Estero, presentándose por lo tanto una fina

película de aceite en la superficie de las aguas, lo que establece su peligrosidad para la biota del lugar.

- A pesar de que las concentraciones detectadas están por debajo de los niveles permisibles, sin embargo, debe tenerse presente la cronicidad de la permanencia del parámetro en todo el ámbito de estudio ya que repercute en la calidad estética de la misma como para la vida de los diversos organismos que en ella habitan.

- Es de indicar que los eventuales derrames de residuos de hidrocarburos del petróleo, afectan directamente a la biomasa fito y zooplanctónica en la columna de agua y a la fauna bentónica, sin olvidar los efectos cancerígenos de este contaminante.

- Se establece que la presencia de los residuos de hidrocarburos del petróleo se debe a las actividades de navegación y de trasvase de combustibles que se lleva a cabo cotidianamente en el área del puerto marítimo y del estero El Muerto, es decir que la fuente es antropogénica.

BIBLIOGRAFIA

1. **CIOH 1994.** Manual de técnicas de análisis de contaminantes marinos

2. **CPPS 1981.** Fuentes Niveles y efectos de la contaminación marina en él Pacifico Sudeste

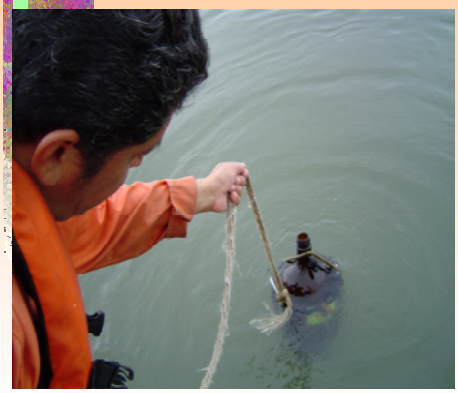
3. **CPPS/PNUMA 1986.** Taller Regional sobre Evaluación del Impacto Ambienta Producido por un desarrollo Portuario. Informe Técnico División de Química

4. **División Oceanografía Química, 1988.** Algunas características químicas de las aguas del Estero El Muerto durante 1988. Estación fija INOCAR Informe Técnico

5. **Grupo Técnico de Calidad de Aguas, 1993 PMRC**
INOCAR Estudio de la calidad de agua costera ene. Ecuador. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros

6. **Karin B.** Cromatografía de Capa Fina Una Introducción}

MUESTREO DE CAMPO DE HIDROCARBUROS DISUELTOS Y DISPERSOS EN EL ESTERO SALADO CIRCUNDANTE A LOS MUELLES DE A.P.G.





DESALOJO DE AGUA DE SENTINA DESDE UN BUQUE MERCANTE A UN CARROCISTERNA










DERRAME DE FUELOIL
HOBI MARU


PRESENCIA DE RESIDUO DE HIDROCARBURO DEL PETROLEO EN EL AREA DEL ESTERO SALADO CIRCUNDANTE A LOS MUELLES DE A.P.G.

AREAS DE MAYOR PRODUCTIVIDAD BIOLOGICA (CLOROFILA "a") EN EL PACIFICO ECUATORIAL (82°W-92°W) DURANTE 1988-1999 Y SU RELACION CON EVENTOS EL NIÑO*

Por Gladys Torres*

Abstract

During 1988-1999 were carried out 23 Oceanographic Cruises on board the B/I-ORION of the Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) in the Tropical Pacific Equatorial. The study area was a geographical location among 81°W-94°W y 2°N - 3.23°S of Ecuador. This data were contained by seasonal category, with a total of 23 cruises, 486 stations and 3187 data to chlorophyll sampling in 8 levels of depth (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75m). The results emphasized two areas of more productivity. ***1) In Galapagos*** *this upwelling were presented with the high biomass of chlorophyll >0.5 mg/m^3, was presented toward the south region of Galapagos. Other nucleus of 1.5 mg/m3 among Island Isabela and Fernandina in dry seasonal. In the humid seasonal was registered two nuclei (1.0 mg/m^3), a nucleus to the west of Galapagos associated with Cromwell Current and another nucleus to Island San Cristobal southeast possibly associated with a mixture of upwelling Cromwell and Humboldt.* ***2) In Gulf of Guayaquil****: it is the high estuary in profile of the South American Pacific, present nuclei among 1 to 3 chlorophyll mg/m^3. At level subsuperficial the biggest density was located among the 0 at 30m of depth, condition that varies depending on the intensity of the area of mixtures of appeared waters and warm waters lightly. During events El Niño the chlorophyll biomass diminished with values <0.2 mg/m^3, due to the discontinuity of the upwelling and/or masses of waters warm poor in nutrients. These areas of more biological productivity in chlorophyll "a" to they would be associated to the areas of more captures of fishing pelagic and of the Tuna.*

Resumen

Durante 1988 a 1999 se realizaron 23 cruceros oceanográficos a bordo del B/I-ORION del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) en el Pacífico Tropical Ecuatorial Ecuatoriano en una ubicación geográfica entre 81°W-94°W., y desde 2°N – 3.23°S, agrupados por categoría estacional (seca y húmeda), con un total de 23 cruceros, 486 estaciones y 3127 datos de muestras de clorofila "a" obtenidas en 8 niveles de profundidad (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75m). Los resultados enfatizaron dos áreas de mayor productividad. 1) En ***Galápagos*** *el afloramiento fue representado con la mayor biomasa de clorofila >0.5 mg/m^3, se presentó hacia la región sur de Galápagos, con un núcleo de 1.5 mg/m^3 entre Isla Isabela y Fernandina para la época estacional seca, mientras que en la época húmeda se registraron dos núcleos (1.0 mg/m^3), un núcleo al oeste de Galápagos asociado con la Corriente de Cromwell y otro núcleo al sudeste de San Cristóbal posiblemente asociado con una mezcla del afloramiento de Cromwell y Humboldt. 2) En el* ***Golfo de Guayaquil*** *principal estuario de Pacífico Sudamericano, presento núcleos entre 1 a 3 mg/m^3 de clorofila. A nivel subsuperficial la mayor densidad se ubicó entre los 0 a 30m de profundidad, condición que varía ligeramente dependiendo de la intensidad de la zona de mezclas de aguas afloradas y aguas cálidas. Durante eventos El Niño las densidades de clorofila disminuyeron con valores menores a 0.2 mg/m^3, debido a la discontinuidad del afloramiento y/o masas de aguas cálidas pobres en nutrientes. Estos sitios de mayor productividad estarían asociados a los sitios de mayores capturas de pesca pelágica y del Atún.*

* Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR. PO.BOX. 5940, Base Naval Sur-Via Pto Marítimo, Email gtorres@inocar.mil.ec.
Poster presentado en el Simposium International "The Colour of Ocean Data and information management with special attention to Biogical, in Brussels", 25-27 November, 2002.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones océano atmosféricas correspondientes al Pacífico Este Ecuatorial son el producto de la interacción de varias masas de agua, que inciden directamente en la componente planctónica del mar ecuatoriano, localizándose surgencias con efectos positivos en incrementar la productividad biológica hacia la región Insular de Galápagos y hacia el Golfo de Guayaquil que es el principal estuario del Pacífico Sudeste (Torres y Tapia 1998). Sin embargo, durante eventos de El Niño las condiciones oceanográficas han sido severas para la región costera del Pacífico Sudeste, principalmente al Ecuador por su posición geográfica ecuatorial (Jiménez 1976; Rojas-Mendiola *et.al.*, 1985; Avaria, 1984; Torres, 1998); con efectos negativos en los niveles tróficos superiores (Barber y Chavéz, 1983). En la última década, las investigaciones en Oceanografía Biológica han puesto al descubierto que la composición de especies de la cadena alimenticia pelágica están íntimamente acopladas con las funciones biogeoquímicas de los océanos en la biosfera (Chisholm, 1999 Chávez *et al.*, 1999).

Todos los micro-organismos marinos de característica vegetal contienen varios pigmentos fotosintéticos, siendo la clorofila"a" el pigmento contenido en la mayoría del fitoplancton. La estimación cuantitativa de clorofila refleja la abundancia del fitoplancton o vegetales microscópicos conocidos como productores primarios, son la base de la cadena alimenticia acuática. Las mediciones de clorofila son utilizados como uno de los índices biogeoquímicos (Morel *et al.*, 1991), para monitorear su variabilidad natural en ecosistemas de afloramiento, Frente Ecuatorial, El Niño, el cual es utilizado por representar sitios de mayor productividad a macro-escala regional. La nueva era tecnológica de la oceanografía operacional, es desarrollar la aplicación de sensores remotos en el manejo costero integrado mediante imágenes satelitarias para medir y predecir los cambios en ecosistemas marinos (Donlon, 2004).

El objetivo de la presente investigación, fue diagnosticar las áreas de mayor productividad biológica en base a Clorofila "a" superficial y subsuperficial, durante la década 1989-1999 para la Región del Pacífico Tropical (Ecuador).

AREA DE ESTUDIO

El área geográfica de estudio comprende parte de la región del Pacífico Sudeste entre 81°W-94°W., y desde 2°N – 3.23°S (Fig. 1).
Durante la última década 1988-1999 se realizaron 23 cruceros oceanográficos a bordo del B/I-ORION del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). Comprende dos épocas estacionales definidas, época seca (< temperatura por el aporte del > flujo de las Corrientes de Humboldt y Cromwell; época húmeda (> temperatura con aporte de lluvias). Durante este periodo se presentaron dos eventos El Niño 1991-93 y 1997-98.

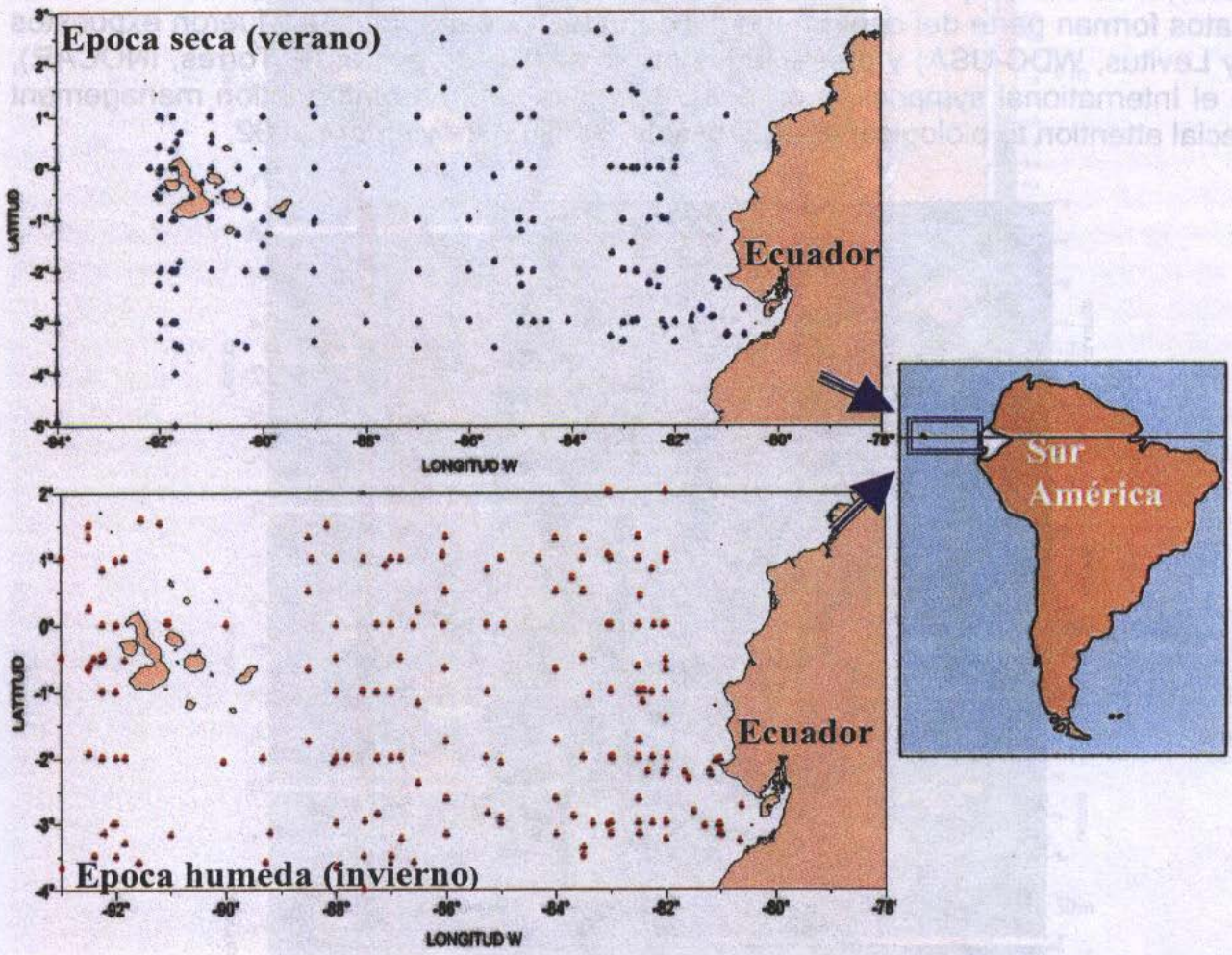


Fig. 1.- Distribución areal del area de estudio en el Pacifico Ecuatorial

PROCEDIMIENTOS

Las muestras para clorofila "a" fueron obtenidas desde una roseta multimuestreadora, muestras (un litro) de agua en los niveles de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 metros de profundidad, las muestras fueron filtradas con una bomba al vacío a través de filtros de fibra de vidrio Whatman. Los filtros fueron colocados en 10 ml. de acetona al 90% en frascos de vidrio de 25ml. y cubiertos con papel aluminio bajo refrigeración por 24 horas. En un fluorómetro TURNER DESIGNS (10-005-R), se leyeron las densidades ópticas de clorofila "a", se adicionó 3 gotas de ácido clorhídrico al 5% para convertir la clorofila "a" en feopigmentos, los procedimientos y cálculos fueron estimados siguiendo la metodología de SCOR UNESCO Working Group 75 (1966).

Los datos fueron agrupados por categoría estacional. Época seca mayo-octubre: Con un total de 11 cruceros, 258 estaciones y 1650 datos. Época húmeda noviembre-abril: Con un total de 12 cruceros, 228 estaciones y 1477 datos. Las estaciones fueron tanto diurnas como nocturnas. Se utilizó un mapa digitalizado del área marítima del Ecuador, en la cual sé plotearon los resultados para ambas épocas estacionales y por niveles de profundidad de 0 a 50m se designo una imagen de color entre 0 a 2.5 mg/m^3. (Fig. 2 y 3), y a profundidades de 75m y 100m se utilizó la misma imagen de colores pero con rangos

entre 0-0.5 mg/m^3, con ayuda del programa SURFER (6.04) se realizaron los mapas respectivos, los mismos que también están publicados en formato digital (INOCAR, 2000). Estos datos forman parte del centro mundial de datos Oceanográficos y fueron expuestos (Sydney Levitus, WDC-USA) y presentados en la sesión de poster (G.Torres, INOCAR), durante el International symposium on oceanographic data and information management with special attention to biological data, Brussels, Belgium, noviembre 2002.

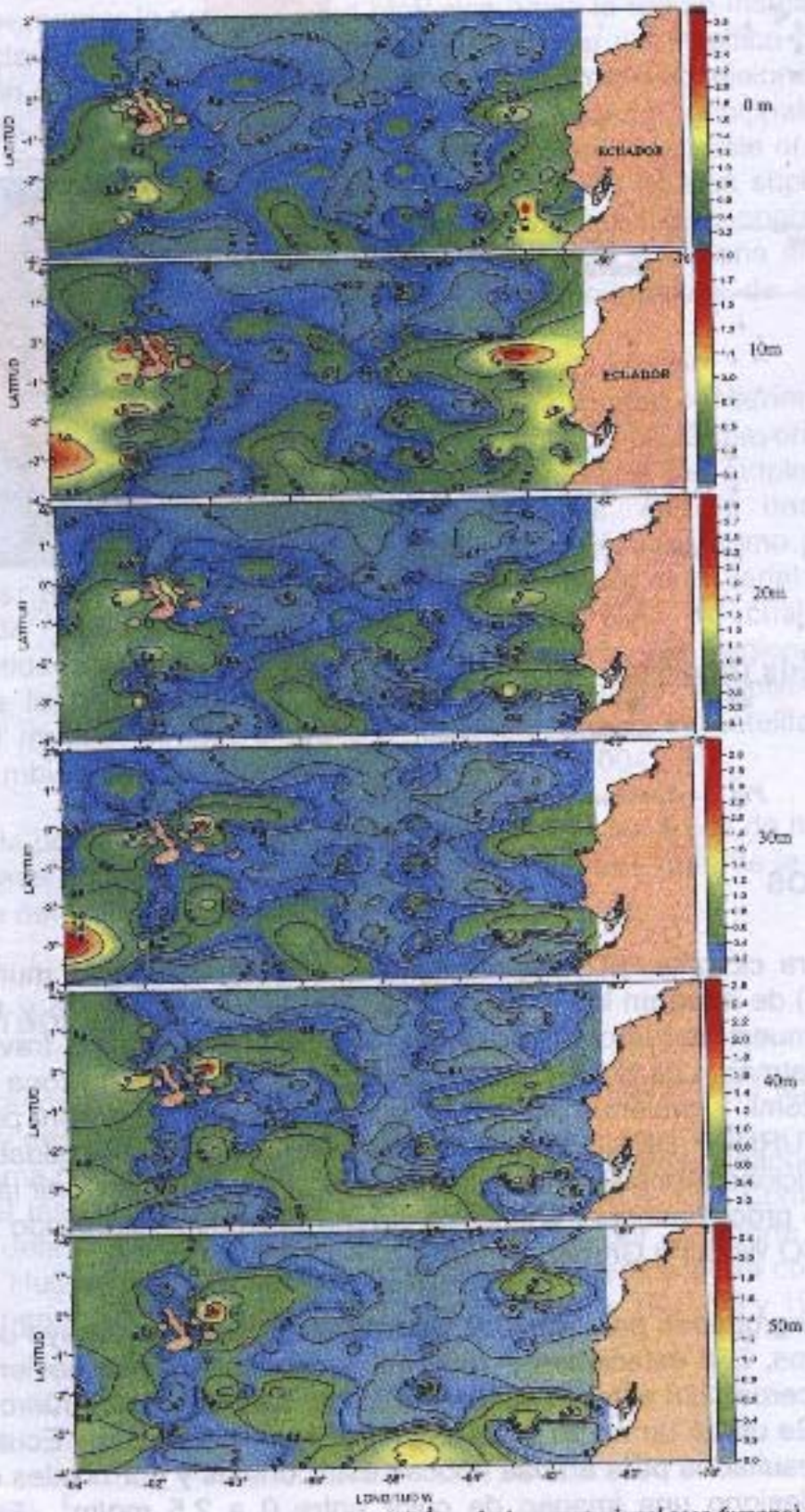


Fig. 2.- Distribución Clorofila "a" (mg/m^3) en la época estacional seca (verano) en el Pacífico Ecuatorial entre 1989 a 1999.

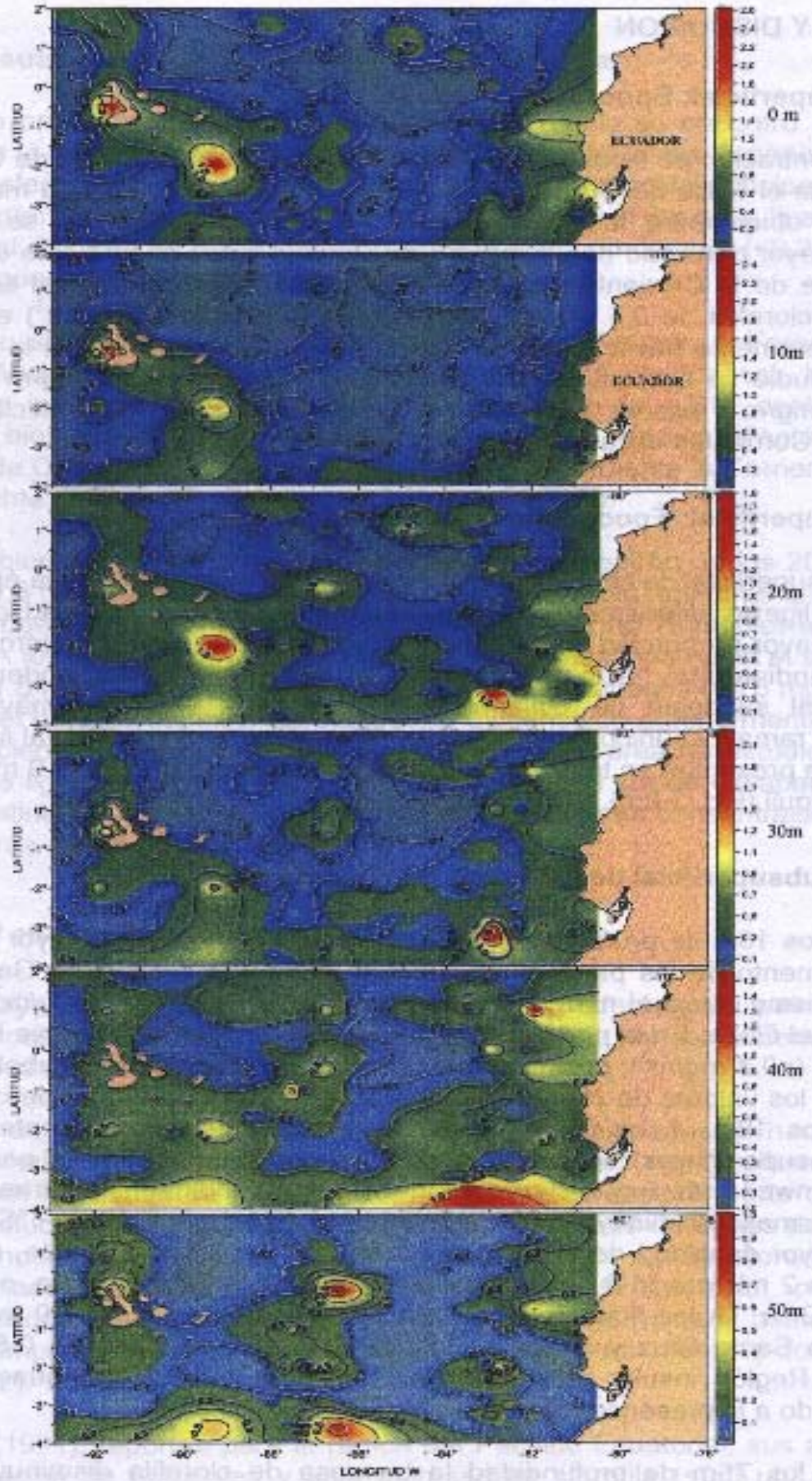


Fig. 3.- Distribución Clorofila "a" (mg/m³) en la época estacional húmeda (invierno) en e Pacífico Ecuatorial entre 1989 a 1999.

RESULTADOS Y DISCUSION

Distribución superficial: Época seca

La mayor concentración de clorofila se evidenció hacia la región insular de Galápagos (2-5 mg/m^3) y hacia el Golfo de Guayaquil (1-1.5 mg/m^3). En Galápagos la mayor densidad de clorofila se ubico entre las islas Isabela y Fernandina, también se observó una tendencia de mayor densidad (0.5-1 mg/m^3) de clorofila hacia el sudoeste de Galápagos, debido al aporte de la Corriente Cromwell. Hacia el margen continental se presentaron densidades de clorofila de 0.5 mg/m^3; pero con un núcleo (>1.5 mg/m^3) en el Golfo de Guayaquil y ligeramente hacia la Isla de La Plata 1°Sur (Fig. 2-0m). En la región central del área de estudio se presentaron las menores densidades (<0.2 mg/m^3), con ligeros núcleos (<0.4 mg/m^3) apenas perceptibles debido al proceso de mezclas del Frente Ecuatorial y las Corrientes circundantes (giros tropicales).

Distribución superficial: Época húmeda

La distribución superficial de clorofila mantiene un patrón parecido al de la época seca, sin embargo tiene ligeras diferencias. Hacia Galápagos la mayor densidad de clorofila se presento con mayor proporción hacia el sudeste de las Islas, con dos parches uno entre Isabela y Fernandina; otro hacia el sudeste de la Isla Española. La tendencia de mayor concentración al sudoeste de Galápagos posiblemente seria un mayor aporte de Cromwell y/o al ramal oceánico de Humboldt. Hacia el margen continental las densidades de 0.5 mg/m^3 se presentan en toda esta sección, con un ligero núcleo (1.0 mg/m^3) hacia el Golfo de Guayaquil (Fig. 3-0m).

Distribución subsuperficial de Clorofila: Época seca

En el nivel de los 10m de profundidad, se mantienen dos áreas de mayor productividad, pero con incremento de los parches de clorofila hacia el sudoeste de Galápagos (>1.0 mg/m^3), y lo mismo hacia el margen continental con núcleos (>1.0 mg/m^3) hacia 1°S y hacia el norte del Golfo. En la parte central del área de estudio también se incrementó los ligeros parches (<0.4 mg/m^3), posiblemente por el mayor aporte de Humboldt. A los 20m de profundidad los valores de clorofila tienden a disminuir ligeramente pero manteniendo el patrón de los 10m. A los 30m, tiende a incrementarse nuevamente (con valores mayores a los superficiales) sólo para la región insular, posiblemente por el aporte de pulsos de Cromwell más fuertes en este nivel de profundidad; mientras que hacia el continente la biomasa disminuye con ligeros núcleos (0.5 mg/m^3) hacia 1°S y el Golfo. A los 40m, la mayor densidad de clorofila (<0.5 mg/m^3) fue hacia el oeste, norte y sur de Galápagos, con 2 núcleos (1-1.5 mg/m^3) entre Isla Isabela y Fernandina, otro al norte de la Islas Santa Cruz. A los 50m, se observaron dos ligeros núcleos (1.0 mg/m^3) hacia el norte de la isla Santa Cruz y al sur de los 85°W; las densidades de 0.5 mg/m^3 en el entorno de la Región insular estaría evidenciado que masas de aguas afloradas se mantienen debido a la presencia de Cromwell.

En el veril de los 75m de profundidad la biomasa de clorofila disminuye con ligeros núcleos (0.5 mg/m^3) hacia el este y sur de Galápagos. A los 100m sólo un ligero núcleo de 0.3 mg/m^3 se ha seguido evidenciando hacia el norte de la Isla Santa Cruz.

Distribución subsuperficial de Clorofila: Época húmeda

A los 10m de profundidad, la mayor densidad de clorofila se encontró una distribución reducida entre la Islas Isabela, Fernandina y hacia el sur de la isla Española (Fig.3). Hacia el margen costero también es reducida la biomasa de clorofila principalmente hacia el norte (<0.2 mg/m^3), con núcleos entre 0.5-1.0 mg/m^3 hacia el sur de la línea ecuatorial. En la parte central del área de estudio la biomasa fue casi homogénea (<0.2 mg/m^3), debido a masas de aguas cálidas que invaden este sector.

A los 20m, no se evidenció el núcleo de clorofila entre Isabela y Fernandina, pero se mantiene el núcleo al sur de isla Española (sudeste de Galápagos); hacia el sur del continente se incremento la biomasa (>1 mg/m^3); en la parte central también se incremento la biomasa tanto hacia el norte como el sur; al parecer se notó la ausencia del afloramiento de Cromwell al oeste de Galápagos y posiblemente la Corriente de Humboldt fue más evidente su aporte hacia el sur del área de estudio.

A los 30m la biomasa tiende a disminuir manteniendo el patrón de los 20m, pero con un sólo núcleo (1.5 mg/m^3) hacia el sudeste del área de estudio, mientras que hacia el norte tiende a homogenizarse (<0.5 mg/m^3), debido al aporte de Humboldt en este nivel de profundidad. A los 40m, la mayor densidad de clorofila continua hacia el sudeste del área de estudio (<1.5 mg/m^3) y ligeramente hacia el sur de Galápagos (<0.6 mg/m^3); otro ligero núcleo hacia el noreste del área de estudio no evidenciado anteriormente. A los 50m se observó 3 núcleos de 0.5 hacia la parte centro y sur del área de estudio. A los 75m se mantienen dos ligeros núcleos (<0.5 mg/m^3), uno hacia el sur de Galápagos y otro hacia el margen continental a 1°sur. A los 100m se observó ligeras concentraciones <0.3 hacia el oeste del área de estudio.

Magnitud del afloramiento en la fertilidad marina

La zona de mayor productividad mundial es el Pacífico Sudeste, principalmente la zona de afloramiento costero peruano, situación que beneficia al ecosistema del Pacifico Ecuatorial por el aporte de nutrientes y pesca.

Los núcleos de alta biomasa clorofílica fue hacia Galápagos y hacia el Golfo de Guayaquil, estarían asociados al aporte de nutrientes por aguas afloradas, lo cual es coincidente con las zonas de mayor pesca. Los núcleos hacia la parte central oceánica del área de estudio, posiblemente serían avances de masas de aguas del oeste hacia el continente conocidas como ondas Kelvin o advecciones de aguas afloradas atrapadas, o estarían asociadas al ramal oceánico de la Corriente de Humboldt, por el aporte de nutrientes subsuperficiales. Los componentes nutricionales hacia el oeste de Galápagos durante el tiempo de esta investigación fueron altas para nitrato y fosfato (Burgos y Palacios, 2002).

Morel et al., (1991), reportan para la región del Pacífico Ecuatorial, sus aguas contienen alta concentración de nutrientes y baja biomasa de clorofila (<0.5 ug/L) dominado por fitoplancton pequeño. El promedio superficial de clorofila para el Pacífico Ecuatorial es de 0.6 mg/m^3 (UNESCO, 1992). Pak y Zaneveld (1973), encontraron que la Corriente Cromwell, contienen aguas afloradas responsables para la mayoría de parches de alta

productividad en las diferentes islas en Galápagos. La diversidad de especies sería un buen testimonio de la existencia de factores limitantes y/o por la acción de las Corrientes Marinas circundantes (Maxwell, 1974;Torres y Tapia, 1998-2000).

Comportamiento superficial de la Clorofila durante eventos El Niño

Aunque en la base de datos de este estudio no se excluyó la información de los dos eventos El Niño 191-92 y 1997-98 en el promedio decadal, por considerarse que los eventos El Niño son parte de los patrones oceánicos para el Pacífico Ecuatorial. Sin embargo, ambos eventos presentaron diferentes condiciones ecológicas los cuales son discutidos independientemente, para El Niño 1991-92 (Torres, 2002) y El Niño 1997-98 (Torres y Tapia, 1998), a continuación un resumen de cada evento:

Niño 1991-1993: La menor densidad de clorofila (<0.15 fue evidenciada en diciembre 1991 y febrero 1992. En marzo 1992 se recuperaron ligeramente (<0.85 mg/m^3) hacia Galápagos, aún cuando las condiciones térmicas fueron entre 27-28.8 °C. En noviembre 1992, se recuperó la biomasa clorofílica (2.0 mg/m^3) aún con anomalías térmicas. En marzo 1993, la biomasa disminuyó entre 0.33-0.5 mg/m^3 con temperaturas (26.5-28.3°C). El patrón de áreas productivas estuvo asociado por el aporte del leve afloramiento de Galápagos y al aporte nutricional del Golfo de Guayaquil. La biomasa fitoplanctónica fue baja antes del Evento El Niño 1991-92.

Niño 1997-1998: En abril-mayo 1997, la menor densidad de clorofila se evidenció hacia la parte central del área de estudio y hacia el continente (<0.2 mg/m^3); valores de 0.6 mg/m^3 aún se mantenían por el afloramiento entre Isabela y Fernandina. En agosto 1997, se observó la mayor concentración de clorofila en casi toda el área de estudio, la menor densidad 0.4 mg/m^3 se observó hacia el noreste. En diciembre 1997 se registraron valores bajos de clorofila en el margen costero (<0.3 mg/m^3). En marzo 1998 continuaron con bajas densidades (<0.2 mg/m^3). En general la biomasa fitoplanctónica fue muy abundante antes de El Niño 1997-98.

Jiménez (1977, 1981), ha reportado bajas concentraciones de clorofila (< 0.2 mg/m^3) al oeste de Galápagos, evidenciando la ausencia de afloramiento Ecuatorial. Ballance *et al.*, (1997), en sus estudios para el Océano Pacífico (79ºW-170ºW; 30°N y 20ºS) desde 1979-1988, reportaron bajas concentraciones de clorofila <0.2 mg/m^3, con ligeros núcleos de mayor concentración hacia Galápagos y frente a las costas peruanas. Chávez *et al.*, (1999), menciona que durante El Niño 1997-98, en aguas afloradas los promedios para clorofila fue <0.2 mg/m^3; con el Niño maduro (0.05 mg/m^3) y durante La Niña (<1 mg/m^3), lo cual se relaciona con la baja biomasa <0.1 encontrado en diciembre 1991, una ligera recuperación en febrero 1992 por el aporte subsuperficial de nutrientes aún en condiciones cálidas (Torres, 2002).

CONCLUSIONES

La distribución decadal (1989-1999) de la biomasa de clorofila "a" ha permitido entender que las áreas de mayor productividad biológica (Golfo de Guayaquil y Galápagos), al parecer tienen un efecto continente e isla, asociada al aporte nutricional anual de las dos

Corrientes frías: Cromwell (> aporte nutricional hacia Galápagos) y Humboldt con sus dos ramales aportarían elementos nutricionales hacia el continente y ligeramente hacia Galápagos.

La abundancia de clorofila "a" tiene un efecto inverso a la temperatura del agua del mar, sin embargo esto no fue evidente en diciembre 1991 y en marzo 1992-1993.

A nivel subsuperficial, la mayor densidad fue evidenciada para la época seca a 10m y 30m, debido al aporte de pulsos del afloramiento de Cromwell; y para la época húmeda fue hacia los 20m de profundidad, posiblemente por la presencia de aguas cálidas en la capa superficial.

Durante los eventos El Niño 1991-92 y 1997-98, la biomasa de clorofila "a" disminuyó drásticamente (<0.2 mg/m^3) en el mar ecuatoriano, sin embargo las condiciones que precedieron en estos dos eventos fueron de diferente magnitud: menor biomasa antes de EL Niño 1991-92; y mayor biomasa antes del Evento de 1997-98.
El manejo de esta información fue proporcionar delineamientos sobre los ecosistemas vulnerables de Galápagos y el Golfo de Guayaquil a los impactos de eventos El Niño y sobrepesca, causados por el déficit alimentario de carbono expresado en clorofila y al estrés climático en los siguientes niveles tróficos.

AGRADECIMIENTOS

A los directivos del INOCAR por permitir la difusión científica de una década de investigaciones. Al Dr. Roberto Jiménez por sus sugerencias en este artículo. A Rodney Martínez por sugerir y permitir postular esta investigación en Europa; y al Dr. Edward Vanden-Berge por la aceptación del poster y gestión de financiamiento para su exposición en Bélgica.

BIBLIOGRAFIA

Avaria, S., 1984. Cambios de la composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile durante el fenómeno de EL Niño 1982-1983. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (15): 303-309.

Ballance, L., Pitman R., and S. Reilly. 1997. Seabird Community structure along a Productivity gradient: Importance of competition and energetic constraint. Ecology, 78 (5): 1502-1518.

Barber, R., and F. Chavez, 1983. Biological Consecuences of El Niño. Science, 222: 1203-1210.

Burgos L., y C., Palacios. 2002. Variación estacional de las características químicas de las aguas ecuatoriales subsuperficiales al oeste de las Islas Galápagos en el área de ocurrencia de la Corriente de Cromwell (1988-2002). Acta Oceanográfica, 11(1): 31-42.

Chavez F., Strutton P., Friederich G., Feely R., Feldman G., Foley D., McPhaden M., 1999. Biological and chemical response of the Equatorial Pacific Ocean to the 1997-98 El Niño. Science, 286: 2126-2131.

Chisholm, S., 1999. Dealing with diversity: structure and function in ocean ecosystems. In IX International Conference Harmful Algal: Abstracts Code: SS10TH0830S

Donlon C. Robinson I., Blackburn D., Edwards A., Dobson M., Hobma T., y J. Morales, 2004. The UNESCO Bilko project: developing training capability for coastal and marine remote sensing. Vanden Berghe, E., Brown M., Costello M., Heip C., Levitus S., P. Pissierssens (Eds). Proceedings of The Color of Ocean Data" Symposium, Brussels, November 2002. UNESCO/IOC, VLIZ. IOC Workshop Report 188.

INOCAR, 2000. Atlas Oceanográfico interactivo. Instituto Oceanográfico de la Armada. www.inocar.mil.ec.

Jiménez R., 1976. The Oceanography of the region north of the Ecuatorial front: Biological aspects. Presentado en Reunión de trabajo sobre el Fenómeno El Niño, FAO, Informes de Pesca, N°. 185: 335-348.

Jiménez, R., 1977. Distribución del fitoplancton en el Frente Ecuatorial. Bol. ERFEN, 3: 11-17.

Jiménez, R., 1981. El fitoplancton como posible indicador del afloramiento originado por la Subcorriente Ecuatorial (Corriente de Cromwell) al oeste de las Islas Galápagos. UNESCO: En Memorias del Seminario sobre Indicadores Biológicos del Planctón 24-44.

Maxwell, D. 1974. Marine Primary Productivity of the Galapagos Archipelago. Degree Doctor of Philisophy of the Ohio State University.

Morel F., Rueter J., y N. Price, 1991. Iron Nutrition of Phytoplankton and its possible importance in the Ecology of Ocean Regions with high nutrient and low biomass. Oceanography, 4 (2): 56-61.

Pak H., and J. Zaneveld., 1973. The Cromwell Current on the east side of the Galápagos Islands. Submitted to J. Geophys. Res

Rojas-Mendiola, B., Goméz O., y N. Ochoa, 1985. Efectos del Fenómeno "El Niño" sobre el Fitoplancton. Boletin Extraordinario sobre "El Niño", Su Impacto en la Fauna Marina. Eds. W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona. Pp. 33-43.

Torres, G. y M. Tapia, 1998. Distribución del Primer Nivel Trófico (Fitoplancton) en el Pacífico Ecuatoriano, periodo 1996-1997 (Pre El Niño). Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 9(1):79-94.

Torres, G., 1998. Variabilidad anual del fitoplancton marino en áreas costeras de La Libertad y Manta (Ecuador) y su inter-relación con El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 9(1): 115-128.

Torres, G. y M. Tapia, 2000. Distribución del Fitoplancton y su comportamiento en el Afloramiento en las Islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico, 10 (1): 137-150.

Torres G., 2002. Ecología del Fitoplancton en el mar ecuatoriano y su relación con El Niño 1991-1992. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil.

UNESCO 1992. Methodology for Oceanic CO2 measurements Technical papers in Marine Science. #65 and Final report of SCOR-UNESCO working group #75.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA DEL FITOPLANCTON DURANTE EL NIÑO 1991-1993, EN EL PACIFICO ECUATORIAL (Ecuador)*

Por:
Gladys Torres Ch.

Abstract

Thirty one surface and twenty four sub-surface (50 m) oceanographic stations were analyzed during three cruises: December 1991, March 1992 and March 1993. During this period a strong "El Niño" 1991-92 event appeared. The physical conditions during the development of "El Niño 91-92" event did not present a defined pattern during the three cruises, showing particular characteristics for each studied region of the Equatorial East Pacific Ocean. Evidence that the phytoplankton decreased drastically in December 1991 was found approximately three months before the high temperatures of March 1992. However, the biological productivity in March 1992 increased, probably due to the development of an intense sub-surface upwelling. Later in March 1993, the anomalous "El Niño" conditions prevailed, with the higher chlorophyll layer deepened to approximately 40m, specially, in the south west of the studied area. The main species with high cell density in the three cruises were B. splendor-maris, P. sol, G. polyedricum, C. tripos, R. alata, R. hebetata. These species showed variability in their distribution, presenting nucleus of associated Diatoms and Dinoflagellates. These enviroment conditions allowed us to establish the existence of inter-specific components between generalist species (diatoms) and specialist species (dinoflagellates); both groups were eurithermic species during "El Niño 1991-93".

Resumen

Se analizaron un total de 31 estaciones superficiales y 24 verticales, comprendidas en tres cruceros oceanográficos: diciembre 1991, marzo 1992 y marzo 1993, periodo en que se presentó El Niño 1991-1992. Las condiciones fisicas durante el desarrollo del evento EL Niño 1991-92, no siguieron un patròn definido, presentado caracteristicas particulares para esta región del Océano Pacifico Sur. Se evidenció que el fitoplancton disminuyó drásticamente en diciembre 1991 con aproximadamente 3 meses de anticipación antes de evidenciarse las mayores anomalías térmicas en marzo 1992. Sin embargo, la productividad biológica en marzo 1992 se incremento, posiblemente por el desarrollo de un intenso afloramiento subsuperficial. Posteriormente en marzo 1993, las condiciones de El Niño prevalecieron especialmente hacia el sudoeste del area de estudio. Las principales especies con mayor densidad célular en los tres cruceros fueron B. splendor-maris, P. sol, G. polyedricum, C. tripos, P. alata, R. hebetata. Estas especies presentaron una distribución variable en la densidad celular, formando ciertos nucleos asociados de diatomeas y dinoflagelados. Estas condiciones ambientales permiten establecer la existencia de competencias inter-específicas entre especies generalistas (diatomeas) y especies especialistas (dinoflagelados); en ambos casos fueron especies euritérmicas durante "El Niño".

[1] Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. PO.BOX. 5940, Base Naval Sur-Vía Pto Marítimo, E-Mail gtorres@inocar.mil.ec. Esta información es un complemento de Tesis doctoral. Universidad. de Guayaquil.

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton está constituido por algas microscópicas autotróficas, forman parte de los organismos del primer nivel de la cadena alimenticia en el mar, y su contenido clorofílico y diversidad de especies caracterizan la salud de la biota marina e indicadoras de las corrientes marinas estacionales del Ecuador. Hasle (1959), ha considerado al Océano Pacífico Tropical como un resorte frente a complicadas variables ambientales (divergencias, convergencias, afloramientos, frentes y zonas de mezclas), con una radiación más constante en la región Ecuatorial y aguas oligotróficas durante El Niño (Barber *et.al.*, 1983).

Estas microalgas viven en la zona fótica, están sujetas a la acción de procesos fisico-bioquímicos, difusión, advección, y pastoreo, que complican la interpretación ecológica de sus resultados (Eppley, 1972). La temperatura, salinidad y luz solar son factores importantes en la tasa de crecimiento y reproducción, la temperatura afecta su viscosidad y densidad del agua dificultando su flotabilidad, con la salinidad tiene un efecto inverso (King, 1966); la densidad del plancton es mayor que la densidad del agua de mar, factor que le permite undirse, de tal manera que la propiedad hidrodinámica de los ambientes acuáticos juega un rol fundamental en la ecología del plancton (Estrada y Berdalet, 1997).

La energía química (nutrientes) del medio acuático, es utilizada por el fitoplancton para elaborar el material orgánico mediante la ayuda de la energía solar (Russel-Hunter, 1970; Man y Lazier, 1991). En el Océano abierto, cerca del 90% de esta regeneración ocurre en las capas superficiales a la luz del sol (< 100m), y el fitoplancton pelágico es responsable del 95% del total de "Productividad Primaria" (Chisholm y Morel, 1991).

El objetivo del estudio fue determinar su importancia ecológica y diversidad de los principales grupos del fitoplancton durante el El Niño 1991-1992, en tres cruceros realizados en la época cálida-húmeda del ecosistema del Pacífico Ecuatorial (1991, 1992 y 1993).

MATERIALES Y METODOS

Area de Estudio

El área de estudio es el sistema del océano del Pacífico Tropical Ecuatorial, influenciado por las condiciones océano – atmosféricas locales y extra-regionales, durante el cual se desarrolló el proceso del Evento El Niño. La información fué colectada en tres Cruceros Oceanográficos a bordo del B/I ORION del Instituto Oceanográfico de la Armada, realizados en diciembre 1991, marzo 1992 y marzo 1993, comprendidas en tres transectas meridionales 92° W (oeste de Galápagos), 87°W (oceánico) y 83°W (costero) del mar Ecuatoriano (Fig. 1).

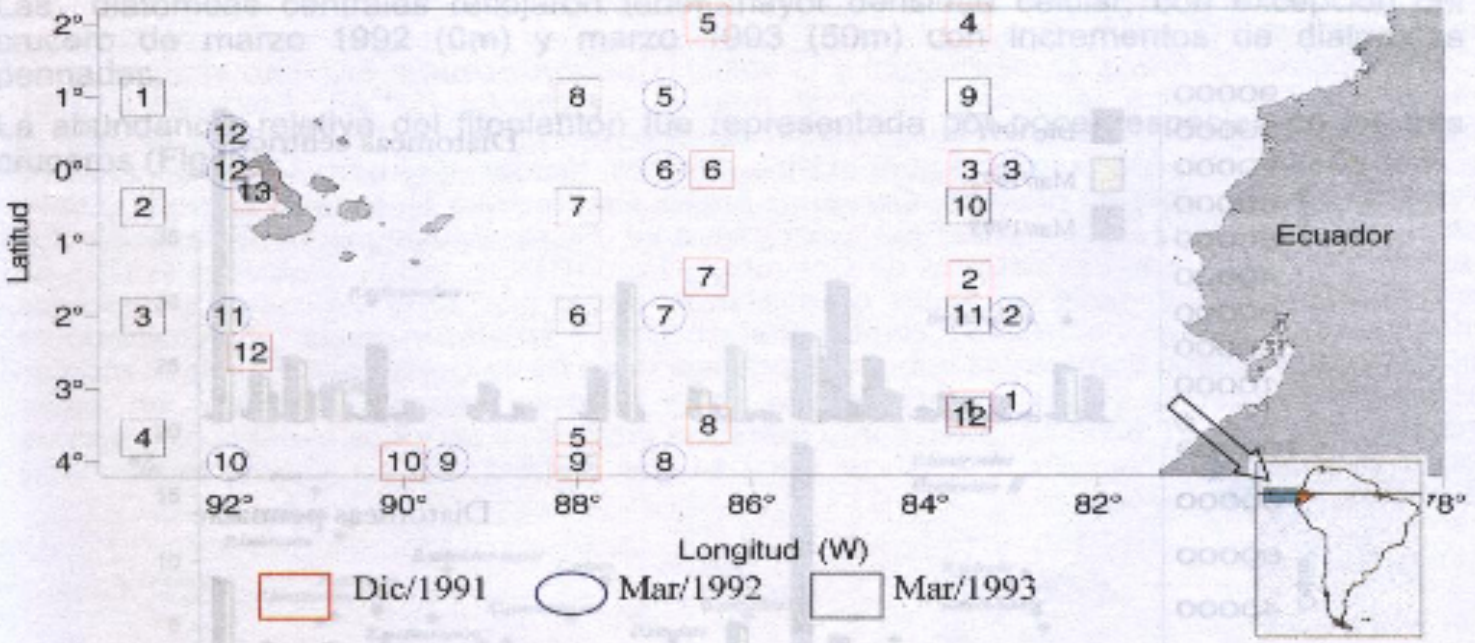


Figura 1.- Ubicación geográfica de las estaciones correspondientes a tres cruceros Oceanográficos, Diciembre/1991 (CO-4-91), Marzo/1992 (CO-1-92) y Marzo/1993 (CO-1-93).

Procedimientos

La colección del fitoplancton fue obtenida mediante arrastres superficiales y verticales (desde 50-0m) con red cónica simple de 55u, fijadas con formol neutralizado al 3%, la estimación celular (cel/m^3) fue obtenida por el método de Semina (1978); la taxonomía referencial de Jiménez (1983); Pesantes, (1983); Zambrano, (1983), Taylor (1976) y Balech (1988). La frecuencia relativa fue obtenida independientemente para diatomeas, dinoflagelados y otros (tintinidos y silicoflagelados), debido a que su presencia y asociación con el fitoplancton es de gran importancia para la interpretación ecológica. La riqueza de especies de la comunidad del fitoplancton fue calculada con el Indice de diversidad de Margalef y de Shannon y Weaver. Los datos de salinidad y temperatura (0-50m) superficial fueron obtenidos en un CTD. Las muestras para nutrientes (0-50m), fueron colectadas con botellas Niskin y analizadas con la metodología de Strickland y Parsons (1972); los respectivos mapas de distribución de la biomasa para especies dominantes y de las variables ecológicas fueron publicadas en Torres (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición del fitoplancton en los tres cruceros

En los tres cruceros se registraron un total de 221 especies, con un promedio para diciembre/1991 de 132 especies, para marzo/1992 con 127 especies y para marzo/1993 con 108 especies. Las diatomeas centricae, fueron ligeramente dominantes en los tres cruceros, seguido por las diatomeas pennatae, dinoflagelados y otros principalmente tintinnidos (Fig. 2); condición que parece ser alterada sólo en algunas estaciones, evidenciado algunos núcleos donde dominaron las diatomeas pennatae, otros núcleos donde dominan solo dinoflagelados. La relación de sucesión de especies, podría admitirse entre los datos de diciembre 1991 y marzo 1992, en la cual existe una gran diferencia de especies dominantes.

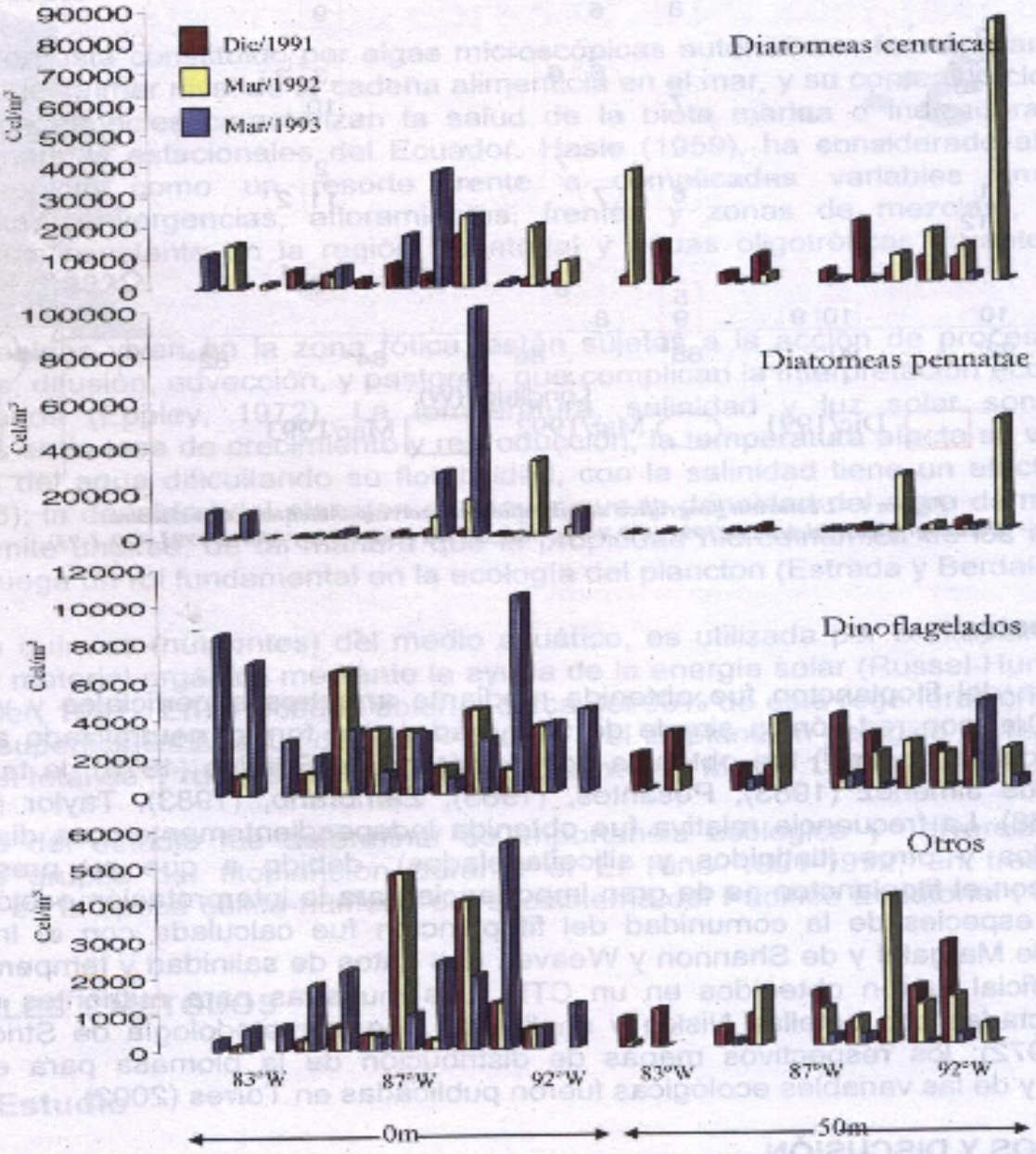


Figura 2.- Densidades (cel/m3) de los principales grupos del fitoplancton; las estaciones están agrupadas en las secciones (83°W, 87°W,92°W), durante diciembre 1991, marzo 1992-93.

La comunidad del fitoplancton superficial, presentó gran variabilidad en su composición y distribución de especies, principalmente hacia la parte oceánica (87°W) y Galápagos (92°W) y disminuye ligeramente hacia los 83°5W. Sin embargo, subsuperficialmente se evidenciaron ligeros cambios de abundancia en los tres períodos de investigaciones, la mayor densidad se observó hacia el oeste de Galápagos para diciembre 1991 y marzo 1992, mientras que en marzo 1993 su abundancia fue hacia la seccion 83°W. (Fig. 2-50m).

Las diatomeas centrales reflejaron tener mayor densidad celular, con excepción del crucero de marzo 1992 (0m) y marzo 1993 (50m) con incrementos de diatomeas pennadas.

La abundancia relativa del fitoplanton fue representada por pocas especies en los tres cruceros (Fig. 3).

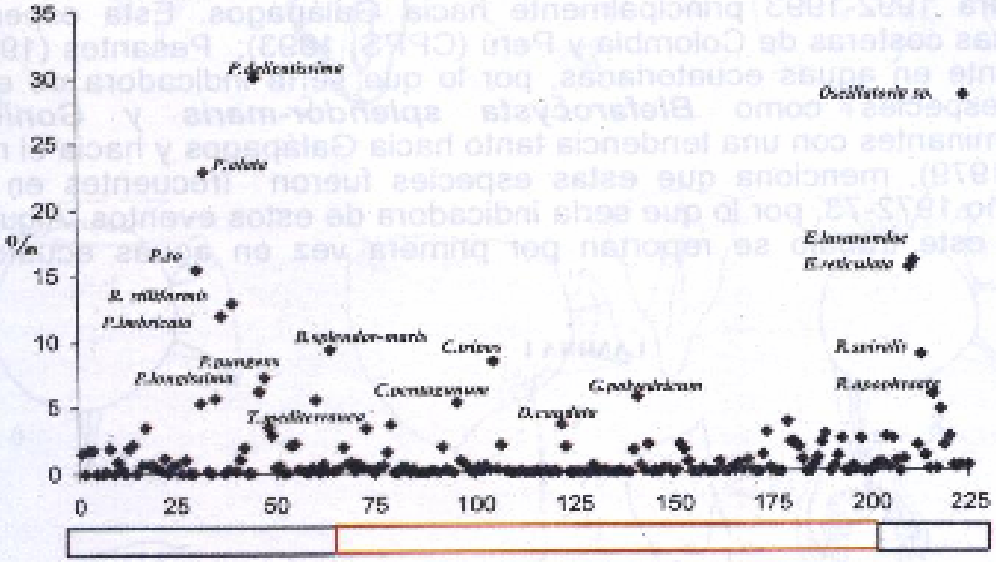


Figura.3.- Abundancia relativa de las principales especies del fitoplancton correspondiente a tres cruceros.

El género *Rhizosolenia* presentó mayor estabilidad ecológica con dominancia de algunas especies. *Pseudenotia. doliolus, R. acuminata*, presentaron mayor densidad celular en diciembre/1991 serian indicadoras de eventos Pre El Niño. *R. styliformis*: fue abundante en marzo 1992, sería indicadora de El Niño en proceso. *P. delicatissima* fue abundante en marzo 1992 y 1993 con mayor preferencia hacia Galápagos y hacia el noroeste del área de estudio. Durante El Niño 1997-98 también se registró la abundancia de *P. Sol, Rhizosolenia* (*hebetata, imbricata, alata, styliformis y stolterfothii*), *Eucampia zoodiacus* y *Strepctoteca tamensis* (Torres y Tapia, 1998).

El segundo grupo representativo fueron los dinoflagelados, con mayor diversidad representada por pocos individuos (Fig. 4).

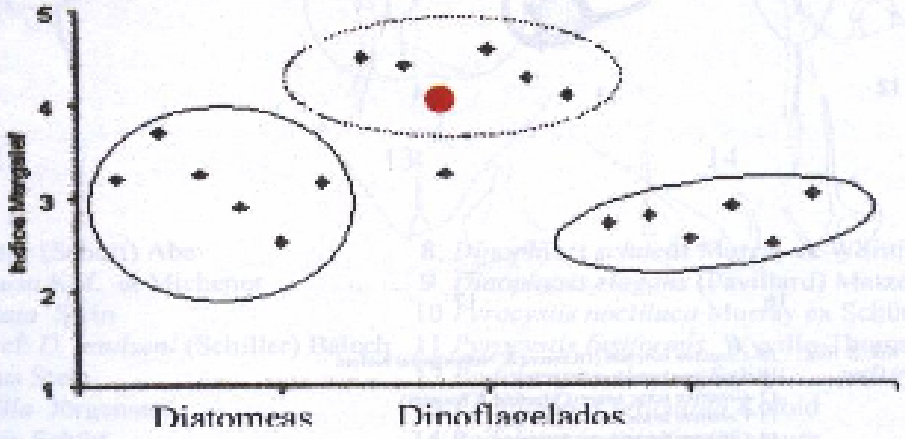
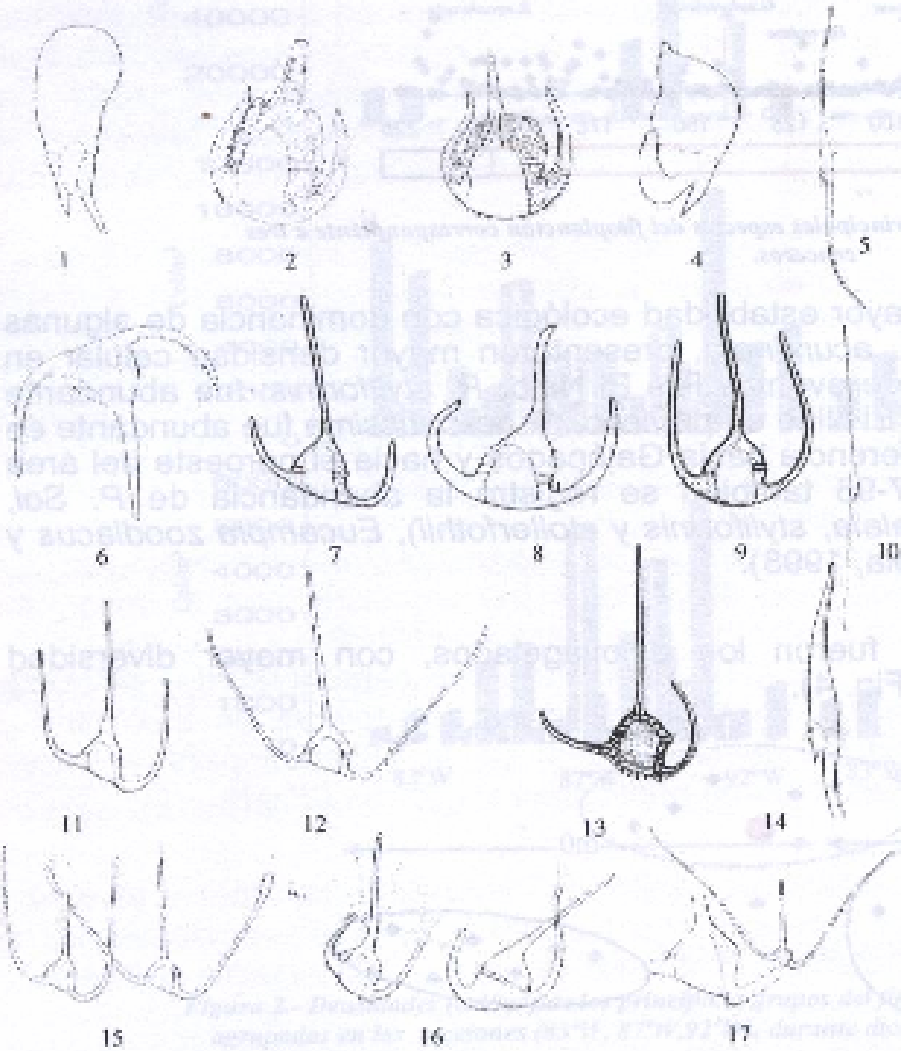


Figura.4.- Indice de Margalef del fitoplancton promediado para los tres cruceros, obtenido para el grupo de diatomeas, dinoflagelados y otros. El punto redondo es el promedio obtenido de los datos de Pesantes (1979).

Ceratium fue el género con mayor número de especies (total 48), sólo 9 fueron más representativas: *C. tripos, C. massiliense, C. pentagunun var tenerum, C. deflexum, C. furca, C. trichoceros, C. breve, C. declinatum* y *C. fusus*. ***Ceratium tripos***: fue más abundante en marzo 1992 con una tendencia hacia el margen continental (82°W); Pesantes (1979), menciona que fue dominante en aguas ecuatorianas para EL Niño 1972-73 y 1982-82; Torres y Tapia (1998), también la reporta para el Niño 1997-98, lo cual se lo podria considerar como indicadora de EL Niño en proceso. ***Ceratium breve***: Se presentó en toda el área de estudio pero con >densidad para 1992-1993 principalmente hacia Galápagos. Esta especie fue reportada tanto para aguas costeras de Colombia y Perú (CPPS, 1993); Pesantes (1979), no la reportó como dominante en aguas ecuatorianas, por lo que seria indicadora de eventos más fuertes. Otras especies como ***Blefarocysta splendor-maris*** y ***Goniodoma polyedricum***: fueron dominantes con una tendencia tanto hacia Galápagos y hacia el margen continental; Pesantes (1979), menciona que estas especies fueron frecuentes en aguas ecuatorianas para EL Niño 1972-73, por lo que seria indicadora de estos eventos. Algunas de estas especies durante este trabajo se reportan por primera vez en aguas ecuatorianas (Laminas 1,2,3).

Ecologia del Fitoplancton

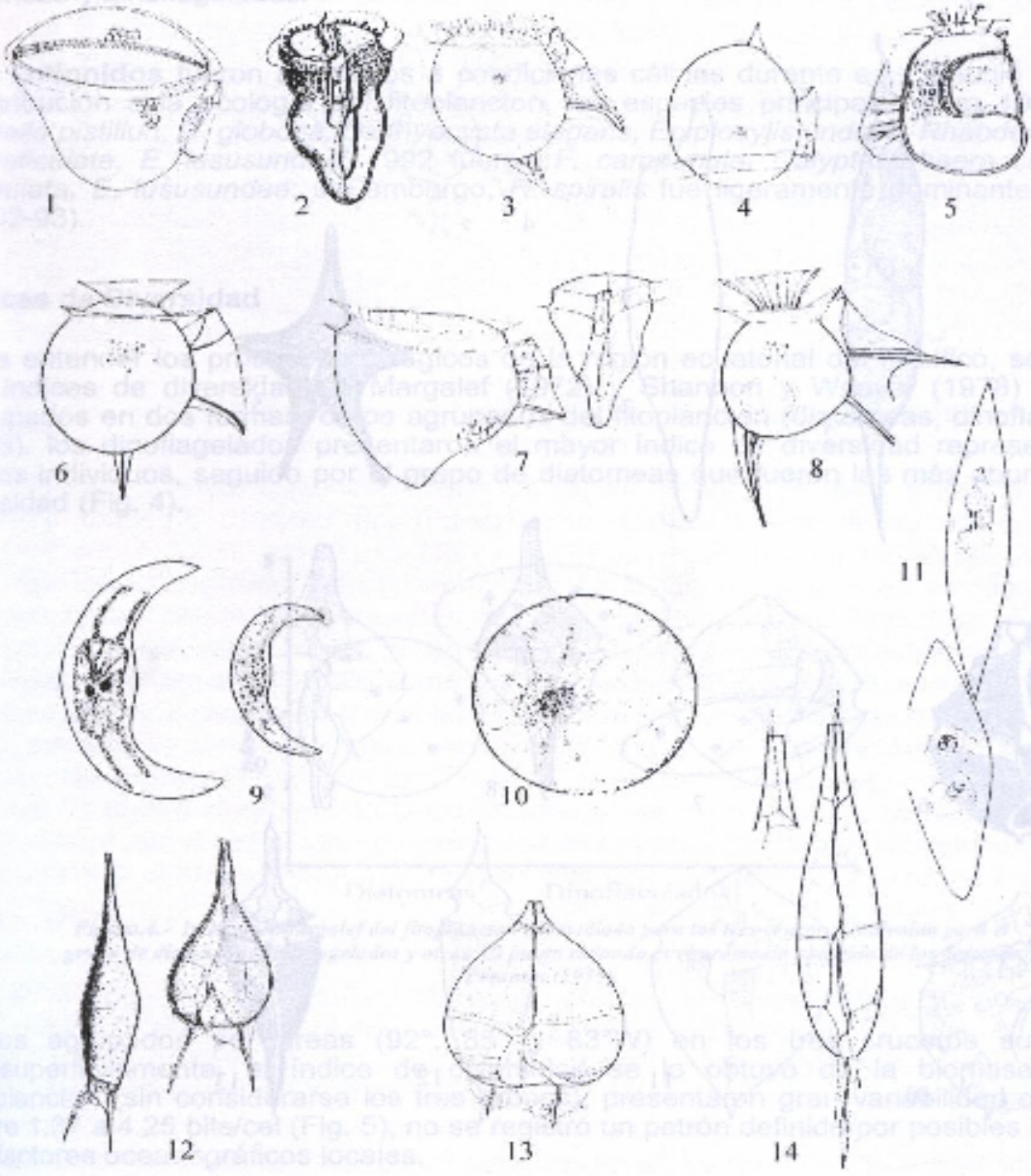
LAMINA I



1 *Ceratium praelongum* (Lemm.) Kof. & Jhg
2 *Ceratium hirudo* (Gour. Peach) Gour.
3 *Ceratium pentagonum* Cleve
4 *Ceratium digitatum* Schutt
5 *Ceratium inflatum* (Kof.) Jhg
6 *Ceratium kofoidi* Paulliard
7 *Ceratium tripos* var. *subjovis* (Bohm)
8 *Ceratium arietinum* Cleve
9 *Ceratium symmetricum* Paulliard
10 *Ceratium kofoidii* (Okamura & Nishikawa) Kofoid
11 *Ceratium horridum* (Cleve) Gran
12 *Ceratium inter mine* (Ostenfeld & Schmidt)
13 *Ceratium heterocanthum* Gourret
14 *Ceratium falcatiformis* Jorgensen
15 *Ceratium horridum* var.*uliv* (Kofoid) Jorgensen
16 *Ceratium tenues* Cleve
17 *Ceratium gomezii* Jorgensen

Dibujos escaneados desde los textos de Balech (1998) Y Taylor (1976)

LAMINA 2

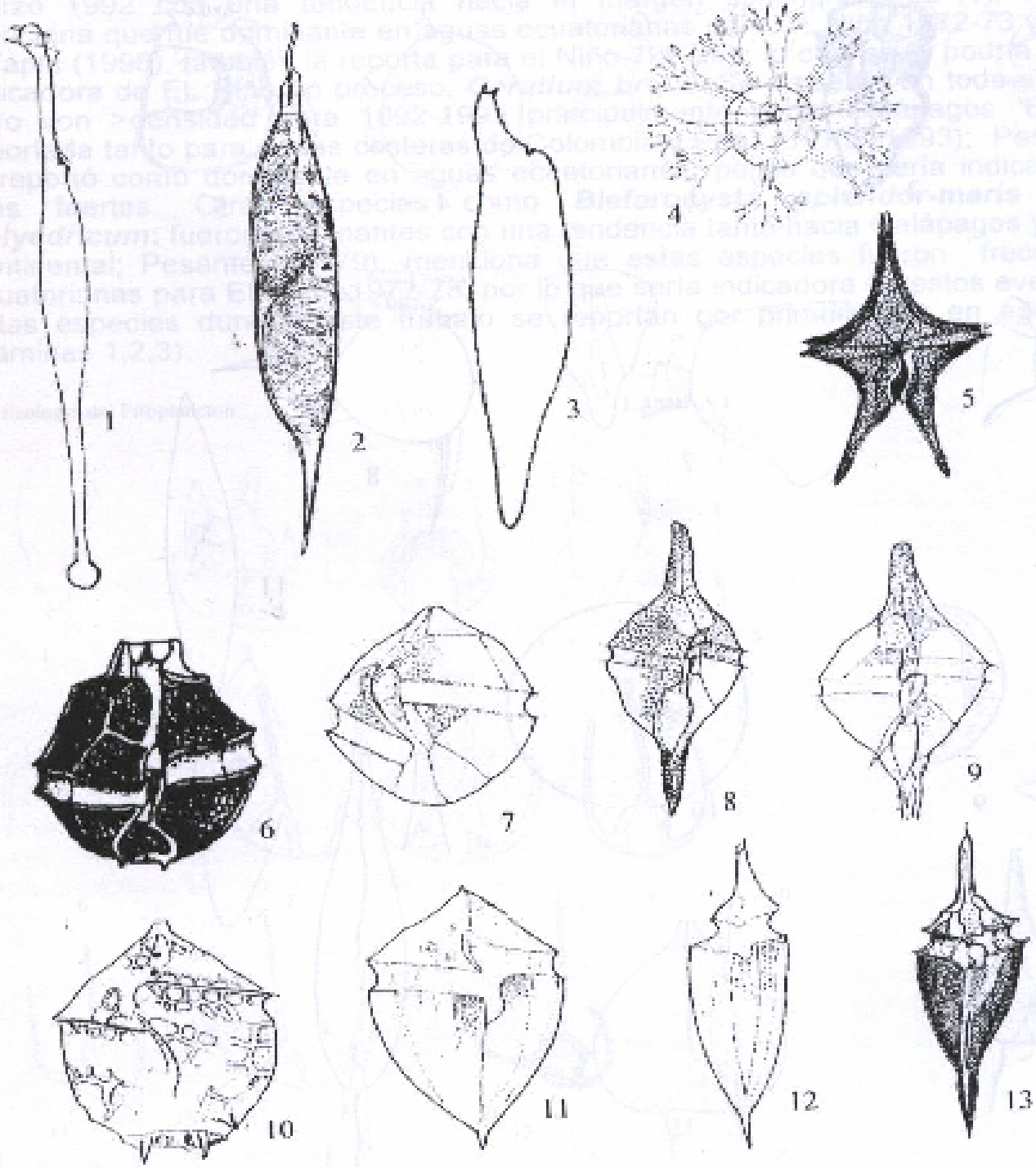


1 *Dinophysis cuneus* (Schütt) Abe
2 *Dinophysis expulsa* Kof. et Michener
3 *Dinophysis hastata* Stein
4 *Dinophysis sp. cf. D. paulseni* (Schiller) Balech
5 *Citharistes regius* Stein
6 *Dinophysis pusilla* Jörgensen
7 *Dinophysis mitra* Schütt
8 *Dinophysis schuetti* Murray & Whitting
9 *Dinophysis elegans* (Pavillard) Matzenahuer
10 *Pyrocystis noctiluca* Murray ex Schütt
11 *Pyrocystis fusiformis* Wyville-Thomson
12 *Podolampas elegans* Schütt
13 *Podolampas reticulata* Kofoid
14 *Podolampas spinifer* Okamura

Dibujos escaneados desde los textos de Balech (1998) Y Taylor (1976)

Ecología del Fitoplancton...

LAMINA 3



1 *Amphisolenia globifera* Stein
2 *Pronoctiluca rastrata* sp. n. St.
3 *Prorocentrum rostratum* Balech
4 *Cladophysis brachiolata* Stein
5 *Protoperidinium elegans* Cleve
6 *Gonyaulax areolata* Kof. et Mich.
7 *Gonyaulax sp.* A. Balech
8 *Gonyaulax birostris* Stein
9 *Gonyaulax jolliffei* Murray y Whitting
10 *Heterodinium milneri* (Murray & Whitting)
11 *Corythodinium frenguelli* (Rampi)
12 *Oxytoxum sceptrum* (Stein)
13 *Oxytoxum subulatum* Kofoid

Dibujos escaneados desde los textos de Balech (1998) Y Taylor (1976)

El índice numérico presentó una buena correlación (r = 0.81) entre las diatomeas pennatae y los dinoflagelados, y ligeramente significativa (r =0.6) entre las diatomeas centricae y dinoflagelados.

Los **tintinnidos** fueron asociados a condiciones cálidas durante este estudio y dan una contribución a la ecología del fitoplancton, las especies principales para 1991 fueron: *Undella pistillun, U. globosa, Dicthyocysta elegans, Epiplocylis undella, Rhabdonella amor, E. reticulata, E. lususundae*; 1992 fueron *F. campanula, Calyptrosphaera catillifera E. reticulata, E. lususundae*; sin embargo, *R. spiralis* fue ligeramente dominante en marzo (1992-93).

Indices de Diversidad

Para entender los procesos ecológicos de la región ecuatorial del Pacífico, se utilizaron los Indices de diversidad de Margalef (1972) y Shannon y Weaver (1978) con datos agrupados en dos formas: datos agrupados del fitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y otros), los dinoflagelados presentaron el mayor índice de diversidad representada por pocos individuos, seguido por el grupo de diatomeas que fueron las más abundantes en densidad (Fig. 4).

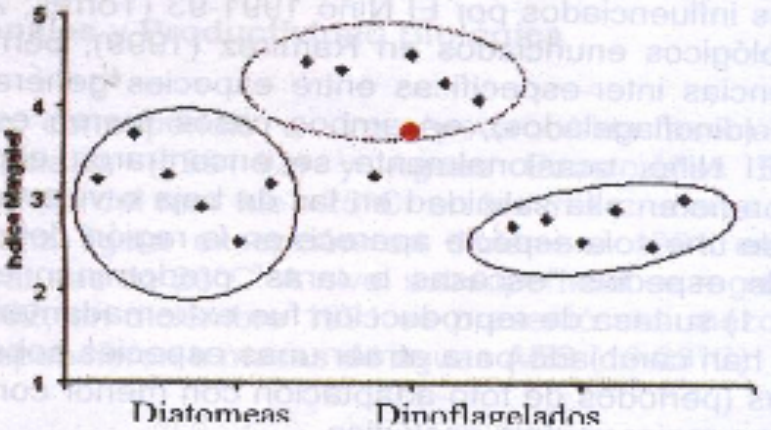


Figura.4.- Indice de Margalef del fitoplancton promediado para los tres cruceros, obtenido para el grupo de diatomeas, dinoflagelados y otros. El punto redondo es el promedio obtenido de los datos de Pesantes (1979).

Datos agrupados por áreas (92°, 85° y 83°W) en los tres cruceros superficial y subsuperficialmente, el índice de diversidad se lo obtuvo de la biomasa total del fitoplancton (sin considerarse los tres grupos), presentaron gran variabilidad con rangos entre 1.37 a 4.25 bits/cel (Fig. 5), no se registró un patrón definido por posibles influencias de factores oceanográficos locales.

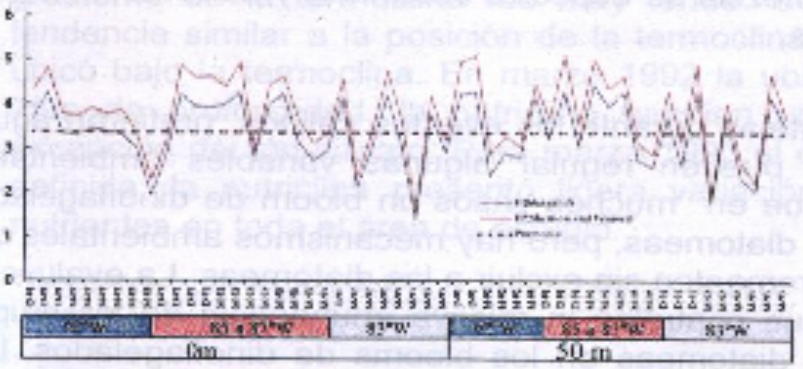


Figura.5.- Variabilidad de índices de diversidad y su relación con el promedio de todas las estaciones (Indice de Margalef), superficial y subsuperficial de los tres cruceros realizados en el Pacífico Ecuatorial.

Sin embargo, la variabilidad de los promedios para las tres áreas no presentó cambios significativos (3.01 a 3.57 bits/cel) con el promedio total (3.37 bits/cel), pero si registró cambios significativos con los valores de grupos del fitoplancton. Durante eventos EL Niño se registraron grandes anomalías oceánicas que puedan incidir en los índices de diversidad, principalmente en áreas locales como el afloramiento de Galápagos, Frente Ecautorial, Golfo de Guayaquil, donde la dinámica oceánica es muy cambiante. Pesantes (1979), reporta valores entre 2.75 a 4.97 bits/cel, con un promedio de 4.2567 bit/cel para el grupo de dinoflagelados hacia el área de los 81° a 83° de la costa ecuatoriana durante El Niño 1972-73; mientras que el promedio de dinoflagelados del presente estudio fue de 4.1856 bit/cel. Los patrones de índices de diversidad marina son muy limitados, algunos reflejan un patrón unimodal en la biomasa del fitoplancton (Irigoyen *et.al.*, 2004).

Posibles agrupamientos de especies como Indicadores Ecológicos

La relación existente entre el grupo de mayor número de especies (dinoflagelados) y de mayor porcentaje de abundancia (diatomeas) para cada crucero, presentó algunas asociaciones ecológicas influenciados por El Niño 1991-93 (Torres, 2002). Considerando algunos conceptos ecológicos enunciados en Ramírez (1999), permiten comprender la existencia de competencias inter-específicas entre especies generalistas (diatomeas) y especies especialistas (dinoflagelados); en ambos casos fueron especies euritípicas o euritérmicas durante El Niño, ocasionalmente se encontraron especies termófilas en aguas frías o las que prefieren alta salinidad en las de baja o viceversa. Cuando un gran número de individuos de una sola especie aparece en la región del mar ecuatoriano, o si una gran diversidad de especies "escasas o raras" predominan el mismo tiempo, se puede considerar que: 1) su tasa de reproducción fue extremadamente buena; 2) que las condiciones oceánicas han cambiado para atraer unas especies sobre otras, modificando sus funciones orgánicas (periodos de foto-adaptación con menor contenido clorofílico), lo que les permite tener una mejor ventaja ecológica.

La condición de agrupamientos de abundancia posiblemente sea el resultado de las diferentes masas de aguas cálidas con ligeros núcleos de masas de aguas atrapadas con algún elemento nutritivo derivado de las masas de agua del afloramiento de condición posiblemente atípica para la época de marzo en la región ecuatorial. Estos datos desorientan sus requerimientos ecológicos, debido a la alta confluencia de corrientes marinas que originan zonas de mezclas en agua tropicales con densidades y composición del fitoplancton muy inconstantes (Bogorov, 1967). El fitoplancton descrito por Marshall en Jiménez (1976), ha representado una mezcla de especies oceánicas y neríticas de aguas Ecuatoriales, Subtropicales y Tropicales.

Los dinoflagelados tienen algunas ventajas durante los eventos cálidos, prefieren aguas con bajo contenido de nutrientes y pueden regular algunas variables ambientales. Huntsman *et.al.*, (1981), reportaron que en muchos casos un bloom de dinoflagelados contiene concentraciones normales de diatomeas, pero hay mecanismos ambientales que permiten que los dinoflagelados se incrementen sin excluir a las diatomeas. La evaluación de los factores ambientales locales que controlan la relativa abundancia de los grupos podría explicar la persistencia de las diatomeas en los blooms de dinoflagelados. Los

dinoflagelados, son los más complejos en su organización y estilos de vida más antiguos (Margalef, 1997).

La abundancia de especies de condiciones frías decrece durante estos períodos cálidos o forman pequeños núcleos que son dependientes de los nutrientes. Estos núcleos, posiblemente sean remanentes de especies endémicas adaptadas a condiciones cálidas, especies que pueden constituir importantes núcleos para el sostenimiento de los recursos marinos. Torres (2002), presentan mapas de distribución de las principales especies con formación de núcleos para los tres cruceros. El acondicionamiento del fitoplancton con anomalías térmicas, ha presentado deficiencia de cromatóforos (< clorofila), estaría afectando la trama trófica pelágica, evidenciados en el bajo contenido proteínico de algunas especies de peces pelágicos (CPPS 1997), energía que puede ser transferible al próximo nivel trófico zooplancton e ictioplancton (Man and Lazier, 1991).

Reynolds y Smayda (1997), también mencionan las matrices del Modelo de Margalef (1978), tienen una afinidad en la disposición triangular de las estrategias de las plantas terrestres: 1) competidor, 2) tolerancia al estrés y 3) tolerancia a la disturbancia; términos que pueden ser transferidos y aceptados a las condiciones pelágicas.

Factores nutricionales y Productividad Biológica

Esta investigación correspondió a una época cálida asociada a masas de Aguas Tropicales Superficiales (1991-92) y Aguas Ecuatoriales Superficiales (1993). La temperatura superficial del mar fue >25°C. en los tres cruceros equivalentes a masas de agua **ATS**, con una ligera excepción en diciembre 1991 en la parte sur donde se reportaron temperaturas de 23°C. A nivel subsuperficial se registró masas de aguas **ATS** sólo en marzo 1992; en diciembre 1991 se presentó una mezcla con **ATS** y **AES**; y en marzo 1993 correspondieron a masas de aguas **AES** (19-23°C).

La respuesta nutricional fue variable en cada crucero al igual que la diversidad de especies del fitoplancton, formando pequeños núcleos de alta biomasa-nutrientes ligeramente asociados a aguas afloradas hacia Galápagos y hacia el Golfo de Guayaquil, y ligeros núcleos hacia la parte central del área de estudio posiblemente como avance de masas de aguas del oeste hacia el continente conocidas como ondas Kelvin o advecciones de aguas afloradas atrapadas (Torres, 2002).

La ubicación de la termoclina en diciembre 1991 fue entre los 40-50m hacia los 85°W y 83°W, mientras que hacia Galápagos se ubicó entre los 10-20m; en ambos casos el gradiente de la termoclina fue muy tenue. Con relación a la nutricilina presentó una tendencia similar a la posición de la termoclina, con excepción hacia Galápagos que se ubicó bajo la termoclina. En marzo 1992 la ubicación de la termoclina fue entre los 50-75m de profundidad, la nutriclina tambien presentó una tendencia similar pero con excepción del ión silicato. Para marzo 1993 el comportamiento de la termoclina fue poco definida, la nutriclina presentó ligera variación en la concentración de los diferentes nutrientes en toda el área de estudio.

La hidrodinámica del ambiente acuático, juega un rol principal en la ecología del plancton, la capa de mezcla donde la tendencia del flujo turbulento contrarresta el hundimiento de los organismos (Estrada y Berdalet, 1997), algunas especies presentan ciertas estrategias de apéndices y vacuolas que retardan el hundimiento y les permite regular las propiedades físico/químicas del agua de mar. *Ceratium* es un género de mayor discusión, en aguas cálidas oligotróficas, los cuernos terminales son más alargados y delicados en aguas oligotróficas, pero en aguas frías son más robustos y cortos (Taylor, 1976).

Los resultados de nutrientes encontrados en estos tres cruceros en la región del Pacífico presentaron una ligera tendencia siendo los factores limitantes el fosfato en diciembre 1991 y marzo 1993 (<0.90 ug-at/l), el nitrato y fosfato para marzo 1992 (<1.0 ug-at/l). Algunas especies de diatomeas y dinoflagelados presentaron las siguientes diferencias ecológicas en los tres cruceros:

1991: núcleos de *P. sol, B. splendor-maris* y *G. polyedricum* fueron hacia el Golfo de Guayaquil; *P. sol, G. Polyedra* hacia el oeste de Galápagos; se presentaron con alto contenido de nitrato (4.04-2.43 ug.at/l).

1992: el agrupamiento fue más heterógeneo, representado por *C. tripos subsp. semipulchellum, C. pentagunum vara tererum, C. declinatum* coincidente con un alto contenido de silicato (5.6-10.01 ug at/l) y nitrato (0.9-1.8 ug at/l); se evidenció otro núcleo 2°S y 87°W dominante por *C. tripos subsp. semipulchellum* (0m) y *P. sol* (0-50m) el elemento nutritivo más notable fue el fosfato (0.65-0.992 ug.at/l); al sudoeste de Galápagos (3°S) se registró otro grupo formado por *P. brochi, G. polyedrica, C. breve, P. sol. C. furca, Pyrophacus steinii.*

1993: al sudoeste de Galápagos se evidenció un núcleo formado por *P. pungens, D. caudata, C. furca, Pyrophacus steinii*; otro hacia el oeste de Galápagos (0°3S-88°W) formado por *P. sol, R. hebetata, G. polyedricum, Plychodiscus noctiluca*, con alto contenido de nitrato (4.82-4.74 ug.at/l) y silicato (5.27-9.84 ug.at/l); hacia el Golfo de Guayaquil se presento otro grupo por *C. tripos subsp. semipulchellum, P. quamerence, B. splendor-maris, C. deflexum, G. polyedricum* con un alto contenido de nitrato (18.71 ug.at/l) y silicato (14.41 ug.at/l).

CONCLUSIONES

Se identificaron un total de 221 especies distribuidas en los tres cruceros: 132 especies en diciembre 1991, 127 especies en marzo 1992 y 108 especies en marzo 1993. La comunidad del fitoplancton presentó gran variabilidad en la composición y distribución de especies principalmente hacia la parte oceánica y Galápagos.

Las principales especies con mayor densidad celular en los tres cruceros fueron *B. splendor-maris, P. sol, G. polyedricum, P. alata, R. hebetata*. Estas especies podrían servir como indicadoras de condiciones cálidas en época normal asociadas a ligeras anomalías térmicas encontradas en los tres cruceros.

La mayor densidad celular presentó las diatomeas centricas tanto en superficie como en el vertical (0 a 50m). Los dinoflagelados constituyeron el segundo grupo dominante en

diversidad de especies. *Ceratium* fue el género con mayor número de especies (48 especies), de las cuales sólo 9 fueron las más representativas. Los tintinnidos también fue un grupo frecuente despues de las diatomeas y dinoflagelados.

Se evidenció una gran densidad y diversidad de diatomeas durante la época cálida, la comunidade fitoplanctónica de esta región fue sometida a eventos cálidos, demostraron un alto grado de variabilidad ambiental (térmica y nutricional) frente al evento El Niño 1991-1993.

Las condiciones físicas durante el desarrollo del evento El Niño 1991-93, no siempre siguieron un patrón definido, ha sido un evento muy "raro" en su prolongación de permanencia, posiblemente debilitado por el ingreso a la región ecuatorial de pulsos de aguas afloradas para la época húmeda.

Los nutrientes como posibles factores limitantes para el crecimiento del fitoplancton durante los tres cruceros, fueron el fosfato en 1991-1993, el nitrato y fosfato en 1992.

AGRADECIMIENTO

A los Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada por permitir realizar estas investigaciones y su publicación. Al Dr. Luis Burgos por la facilidad de datos de nutrientes. Las valiosas sugerencias recibidas por el Dr. R. Jiménez. Al Dr. R. Retamal por su revisión en los indices de diversidad.

BIBLIOGRAFIA

Balech, E., 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.

Barber, R., Chavez F., y J. Kogelschatz, 1983. Efectos Biológicos de El Niño, Bol. ERFEN, 14: 3-29.

Bogorov V., 1967. Biology of the Pacific Ocean Part I - Plankton, VII (1): 1-266.

Chisholm, S. and F. Morel., 1991. What controls Phytoplankton production in nutrient rich areas of the Open Sea?. Limnology and Oceanography, 36(8).

CPPS-PNUD., 1993. X Reunión del Comité Cientifico ERFEN. Guayaquil, Ecuador 22-25 Noviembre 1993.

CPPS-PNUD., 1997. Reunión del Comité Científico ERFEN. INOCAR, Guayaquil, Ecuador – 30 julio 1997.

Eppley, R., 1972. Temperature and Phytoplankton in the sea. Fishery Bulletin 70(4): 1063-1085.

Estrada, M., and E. Berdalet. 1997. Phytoplankton in a turbulent world. Scientia Marina., 61 (Supl.1): 125-140.

Hasle, G., 1959. A quantitative study of phytoplankton from the Equatorial Pacific. Deep-sea research, 6:38-59.

Huntsman, S., Brink, K., Barber, R., and D. Blasco., 1981, The role of circulation and stability in controling the relative abundance of Dinoflagellates and Diatoms over the Peru shelf. In: Coastal Upwelling Estuarine. Ed. F. Richards, Pp: 357-365.

Irigoien X., Huisman J., y R. Harris, 2004. Global biodiversity patterns of marine Phytoplankton and Zooplancton. Nature. 429 (24): 863-867.

Jiménez, R., 1976. Oceanografia de la Región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Biológicos. Reunión de trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño, Guayaquil, Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974. FAO Inf. Pesca (185): 355-358.

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

Mann, K., and R. Lazier., 1991. Dynamics of marine ecosystems, biological-physical interactions in the Ocean. Boston: Blackwell Scientific Publications, 466 pp.

Margalef, R., 1997. Red Tides and ciguatera as successful ways in the evolution and survival of an admirable old phylum. In Hamful Algae VIII International Conference Vigo 1997. Eds. Reguera B., Blanco J., Fernández M. and Wyatt T. pp. 3-7.

Pesantes, F., 1979. Distribución de dinoflagelados en el fitoplancton del mar Ecuatoriano. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Pesantes, F., 1983. Los Dinoflagelados como indicadores de "El Niño" en el mar Ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacifico, INOCAR, 2 (1): 85-117.

Ramirez, A., 1999. Ecologia aplicada: Diseño y análisis Estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 321 pp.

Reynolds, C., and T. Smayda, 1997. Principles of species selection and community assembly in the phytoplankton: further explorations of the Mandala. In Harmful Algae VIII International Conference Vigo 1997. Eds. Reguera B., Blanco J., Fernández M. and Wyatt T, pp 8-10.

Semina, H., 1978. The size of cells. In Phytoplankton Manual. In "Monographs on Oceanographic Methodology 6", UNESCO, Paris. pp. 337.

Strickland, J., and T. Parson, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analisis. Fisheries Research Board of Canada. Bull. 167, 311pp.

Taylor, F., 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Brunn". Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada, pp. 227.

Torres-Zambrano, G. y M. Tapia., 1998. Distribución del Primer Nivel Trófico (Fitoplancton) en el Pacifico Ecuatoriano, periodo 1996-1997 (Pre El Niño). Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 9(1):79-94.

Torres G. 2002. Ecología del Fitoplancton durante la época humeda y su relación con el evento El Niño 1991-1993. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil-Ecuador.

Zambrano, I., 1983. Tintinnidos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacifico 2(2): 443-507.

VARIACION ESTACIONAL DEL FITOPLANCTON EN UNA ESTACIÓN FIJA EN EL ESTERO DEL MUERTO, DURANTE 1999-2000-2001*

Maria Elena Tapia

Abstract

It is presented the investigations of clorofila a, cell counts, and qualitative (net 50u), that used simultaneously provided valuable ecological information on the community of the phytoplankton accomplished in the interior gulf of Guayaquil, between 11 august of 1999, 14 of march of 2000 and 14rd of may/2001. They were identified 81 species in water samples and 80 species in net samples (50u), in the community of the phytoplankton.

The diatoms prevailed dominant and in smaller concentration the dinoflagellates, coccolithophores, cianobacters, flagellates and tintinnoids.

In cell counts Skeletonema costatum, Microspora tumidula y Mesodinium rubrum they were the species of greater ocurrence in all the area. In net samples (50u), were registered species typical of environment estuary: Skeletonema costatum, Ulotrix aequalis, Cyclotella menenghiniana, Chaetoceros vistulae, Pleurosigma angulatum, Actynoptichus senarius. The distribution and dominance of species presented a which one characteristic for the area. Furthermore, they were observed some species of character benthic.

Resumen

Se presentan las investigaciones de clorofila a, contajes celulares y análisis cualitativos (red 50u), que utilizados simultáneamente aportaron valiosa información ecológica sobre la comunidad del fitoplancton realizadas en tres estaciones fijas en el estuario interior del golfo de Guayaquil efectuado entre el 11 de agosto de 1999, 14 de marzo de 2000 y el 10 de mayo de 2001.

Se identificaron 81 especies en muestras de agua y 80 especies en muestras de red (50u), en la comunidad del fitoplancton. Las diatomeas fueron dominantes y en menor concentración los dinoflagelados, cocolitofóridos, cianobacterias, flagelados y tintinnidos

Las especies de mayor ocurrencia en el área en estudio fueron Skeletonema costatum, Microspora tumidula y Mesodinium rubrum. En muestras de red (50u), se registraron especies típicas de ambiente estuarino: Skeletonema costatum, Ulotrix aequalis, Cyclotella menenghiniana, Chaetoceros vistulae, Pleurosigma angulatum, Actynoptichus senarius. La distribución y dominancia de especies presentaron características particulares para el área. Además, se observaron algunas especies de carácter béntico.

Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil - Ecuador. Fax 485166. E-Mail: mtapia@inocar.mil.ec.

* Trabajo presentado en el XI Congreso de Ciencias del Mar COLACMAR VIÑA del Mar – Chile, 15 -21 de mayo de 2005

INTRODUCCIÓN

El golfo de Guayaquil es el accidente geográfico más importante de la costa del Pacífico, caracterizado por su gran riqueza en nutrientes y productividad primaria que favorecen la diversidad de especies fitoplanctónicas y zooplanctónicas y por ende la variedad y abundancia de recursos pesqueros Luzuriaga, M., D. Ortega, E. Elías y M. E. Flores (1998).

El estuario interior es un ramal del golfo de Guayaquil en su extremo, circundan el borde sur-occidental de la ciudad de Guayaquil. Esta área, identificada como urbana, recepta los desechos domésticos de una población aproximada de 3 millones de habitantes y los residuos industriales no tratados de un 50% de las industrias de la ciudad de Guayaquil. El flujo de la descarga citadina, receptado por esta sección del estero, alcanza un volumen de 100 m3/seg, Arriaga (1976).

Su elevado contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, incrementa la demanda bioquímica de oxigeno. Afortunadamente la amplitud de la marea en el estero es de unos 3 m de altura, amortigua el impacto de los desechos sobre las condiciones ecológicas de sus aguas. No obstante, los estudios realizados por algunos investigadores, muestran signos de una contaminación creciente, cuya repercusión en los organismos vivos no ha sido todavia cuantificada, Solórzano y Viteri (1981).

El estudio de las variaciones estacionales en el golfo de Guayaquil permitió determinar que las condiciones en los aspectos físico, químico y biológico de las aguas del golfo son biológicamente fértiles, concluyendo que en el estuario interior la abundancia subsuperficial del zooplancton es hasta 20 veces superior a la superficial, Stevenson (1981).

El estuario constituye el ambiente apropiado para el desarrollo de los estadios larvarios y juveniles de las distintas especies de organismos encontrados, debido a que estas zonas costeras proporcionan alimento y refugio de los depredadores, lo cual es muy importante para la estimación de la abundancia de los crustáceos Luzuriaga (1988).

El objetivo del presente estudio es conocer la variación estacional de las especies del fitoplancton y su relación con las condiciones ambientales durante el periodo en estudio.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente trabajo se encuentra distribuido de la siguiente manera:

02º 13´ 50´´Sur – 79º 56´ 09´´ W : Agosto de 1999

02º 13´ 50´´Sur – 79º 56´ 09´´ W : Marzo del 2000

02º 13´ 50´´Sur – 79º 56´ 09´´ w : Mayo del 2001

Arcos (1986), menciona que el estero del Muerto es uno de los muchos canales que existen en el estuario interior. Tiene aproximadamente 200 metros de ancho y una profundidad máxima de 8 metros, durante marea baja, el área de muestreo está rodeada de manglares (Fig 1)

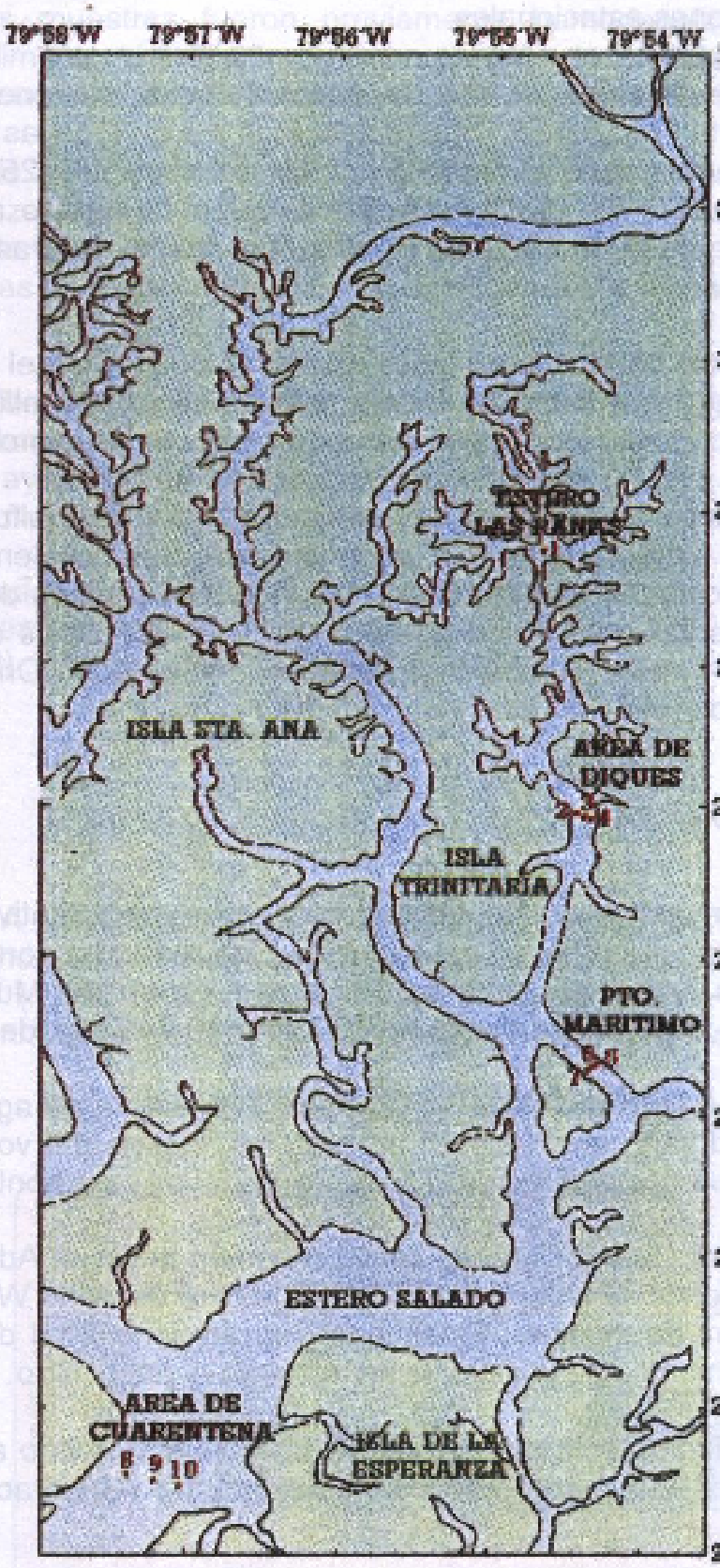


Figura 1.-Localización de las estaciones en el Estero del Muerto, Golfo Interior de Guayaquil.

CONDICIONES AMBIENTALES

Jiménez, (1975) menciona que el golfo de Guayaquil recibe principalmente la influencia de agua dulce del río Guayas, que tiene una longitud de 50 Km, debiendo entregar al mar una cantidad de agua dulce de 850 m^3/seg y un aporte de sedimentos del orden de 36.800 ton/ día con variaciones estacionales.

Arcos, (1978) existen 2 estaciones al año, la época húmeda de enero a mayo, se caracteriza por la abundante precipitación que la descarga del rio Guayas es mayor. Para esta época aumenta la temperatura superficial con un promedio de 25° C y una baja salinidad superficial entre 20 a 31 ups y en la época seca de agosto a noviembre se caracteriza por la influencia de la Corriente de Humboldt con temperaturas de 23° a 25° C y aumentando la salinidad de 30 a 32 ups.

Arcos (Op. Cit), en el estudio de biomasa planctónica y copépodos en el estuario interior del golfo de Guayaquil, registró valores de oxigeno entre 5.58 a 7.64 ml/l con gradientes verticales en los cuales la cantidad de oxigeno disuelto decrece con la profundidad.

Así también el estero Salado es un ramal del estuario interior del golfo de Guayaquil, cuyas ramificaciones en el extremo norte, circundan el borde Sur Occidental de la ciudad de Guayaquil, área identificada como urbana que recepta los desechos domésticos de la población y residuos industriales no tratados de un 50% de industrias de la ciudad de Guayaquil , Ayarza, W, S. Coello, N. Chalén, P. Garcés, L. García, F. Ormaza, E. Pérez, F. Pesantes & L. Solórzano (1993).

MATERIALES Y METODOS

Para la obtención de las muestras de fitoplancton cualitativo y cuantitativo se utilizó una pequeña embarcación. La posición de las estaciones se las realizaba con la ayuda de un GPS, distribuidas en tres estaciones fijas de 24 horas " estero del Muerto" efectuado durante el 11 de agosto de 1999, 14 de marzo de 2000 y el 10 de mayo de 2001.

Para establecer la biomasa fitoplanctónica se colectaron muestras de agua superficial y de fondo cuya profundidad varió entre 2 a 13 m, para los análisis del volumen obtenido fue de 1000 ml para efectuar los análisis de Clorofila *a* y 250 ml para contaje celular.

Las muestras para clorofila *a* fueron filtradas con una bomba al vacio. Adicionalmente se utilizó un set de filtración donde se colocaron los filtros de fibra de vidrio Whatman de 0.40 u, donde se vertió 1000 ml de muestra. Finalmente se adicionó 2 ml de carbonato de magnesio para que los pigmentos de la clorofila se adhieran al papel filtro.

Posteriormente, los filtros fueron colocados en una solución de 10 ml de acetona al 90%, que luego fueron cubiertos con papel aluminio y llevados a refrigeración durante un período de 24 horas.

Al siguiente día se centrifugó las muestras durante 2 minutos a 1500 RPM. Luego con el fluórometro TURNER se observaron las densidades ópticas de clorofila *a* y de feopigmentos.

Para determinar la concentración de clorofila *a* se emplearon las ecuaciones detalladas en el manual de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

Para efectuar contaje del número células/l se empleó el método de Uthermohl en los niveles anteriormente señalados y se fijaron las muestras con solución de lugol. En el laboratorio, las muestras fueron previamente homogeneizadas y se colocaron en cámaras de sedimentación de 25 ml por un período de 24 horas, luego de lo cual fueron examinadas con un microscopio invertido a 400X de magnificación.

Para los análisis cualitativos de la comunidad fitoplanctónica se efectuaron arrastres superficiales utilizando una red cónica simple (WP-Z), con un diámetro de 0.30 m y una apertura de malla de 50 u. Los arrastres se realizaron durante 5 minutos a una velocidad de dos nudos. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax.

Para el análisis de las muestras de fitoplancton se tomaron 2 alicuotas homogeneizadas que fueron previamente colocadas en porta objeto y sobrepuesto un cubre objeto de 20 x 20mm y con la ayuda de un microscopio binocular, se efectuó el análisis de toda el área del cubreobjeto, finalmente los datos fueron expresados en cel/m^3.

Para la identificación de especies fitoplanctónicas, se utilizaron los trabajos sobre el golfo de Guayaquil realizados por Cupp (1943), Jiménez (1975; 1983), Pesantes (1983), Zambrano (1983) , Moreno (1996), Tomas (1998).

RESULTADOS

CLOROFILA *a*

ESTACION FIJA AGOSTO 1999: Se registraron altas concentraciones de clorofila durante las 24 horas del muestreo a nivel superficial con valores que fluctuaron entre 1.32-2.78 mg/m^3 (12:00-15:00 horas). A nivel subsuperficial se registraron dos máximos clorofílicos, el primero a las 12:00h (2.91 mg/m^3) y el segundo a las 00:00h con 2.58 mg/m^3 (Fig. 2).

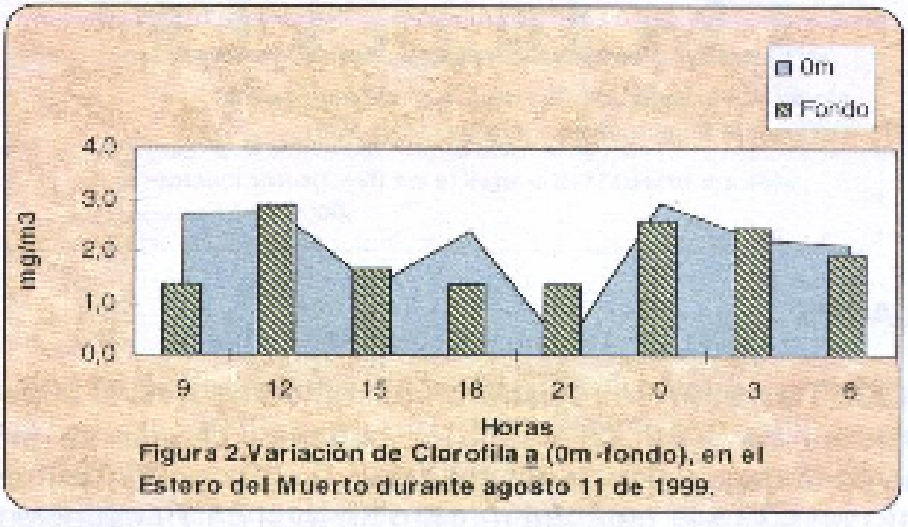


Figura 2.Variación de Clorofila a (0m-fondo), en el Estero del Muerto durante agosto 11 de 1999.

ESTACION FIJA MARZO 2000: Se encontraron los más altos repuntes de clorofila durante las 24 horas del muestreo a nivel superficial con rangos de 3.32-3.86 mg/m^3(18:00-06:00 horas). A nivel subsuperficial se observó una ligera disminución de la clorofila pero a las 00:00 horas se registró un repunte con 3.36 mg/m^3 (Fig. 3).

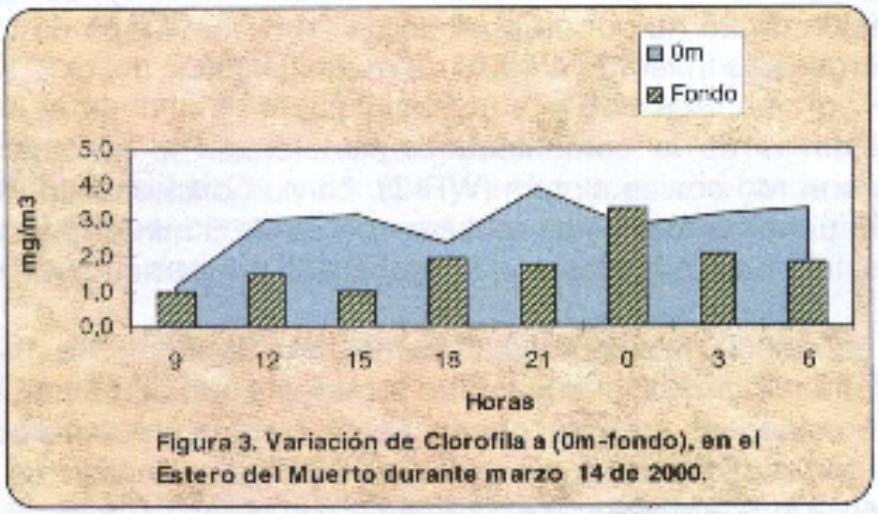


Figura 3. Variación de Clorofila a (0m-fondo), en el Estero del Muerto durante marzo 14 de 2000.

ESTACION FIJA MAYO 2001: Se localizaron altas concentraciones de clorofila durante las 12 horas del muestreo a nivel superficial con valores que fluctuaron entre 1.10-3.83 mg/m^3. A nivel subsuperficial se registraron solamente dos máximos clorofílicos, el primero a las 12:00h (2.41 mg/m^3) y el segundo a las 19:00h con 1.27 mg/m^3 (Fig. 4).

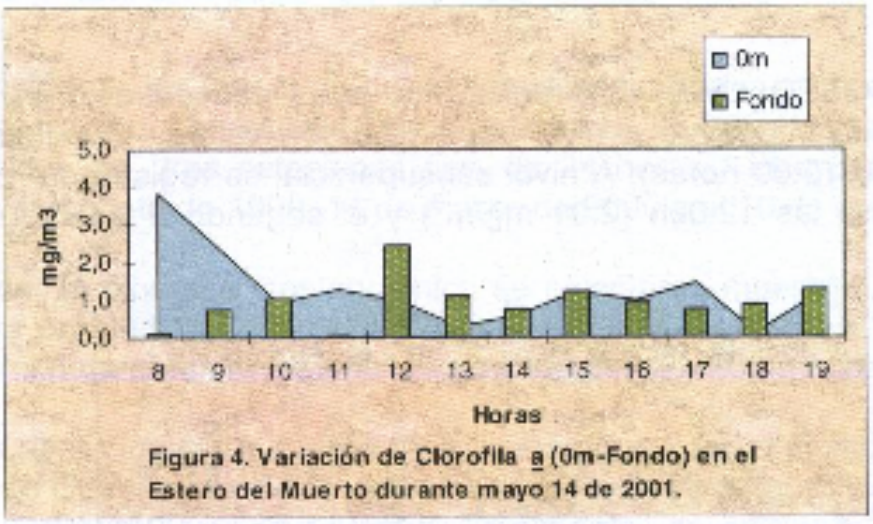


Figura 4. Variación de Clorofila a (0m-Fondo) en el Estero del Muerto durante mayo 14 de 2001.

CONTAJES CELULARES

ESTACION FIJA AGOSTO 1999: Se registraron incrementos a nivel superficial hacia las 00:00 horas con valores de 1'211.087 cel/l, la biomasa celular se incrementa como producto del proceso de la circulación de las mareas. La menor concentración se observó hacia las 15:00 horas con 433.541 cel/l. Se registró un total de 79 especies en superficie.

La biomasa está representada por las siguientes especies: *Skeletonema costatum, Thalassiosira subtilis, Paralia sulcata, Pseudo-nitzschia delicatissima, Thalassiotrix frauenfeldii, Chaetoceros cinctus* (Fig. 5).

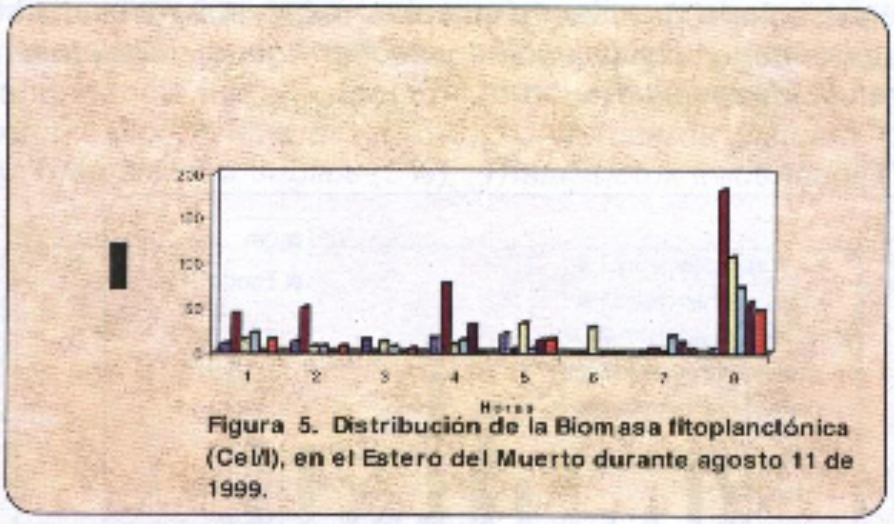


Figura 5. Distribución de la Biomasa fitoplanctónica (Cel/l), en el Estero del Muerto durante agosto 11 de 1999.

ESTACION FIJA MARZO 2000: Se observaron incrementos a nivel superficial hacia las 03:00 horas con 5'713.785 cel/l y la menor biomasa celular se encontró a las 15:00 horas con 728.066 cel/l. A nivel subsuperficial se registró el incremento a las 18:00 horas con 758.696 cel/l y la menor biomasa a las 15:00 horas con 172.003 cel/l. Las especies predominantes fueron *Skeletonema costatum, Microspora tumidula, Thalassiosira rotula, Ulotrix aequalis, Paralia sulcata, Coscinodiscus excentricus* (Fig. 6)

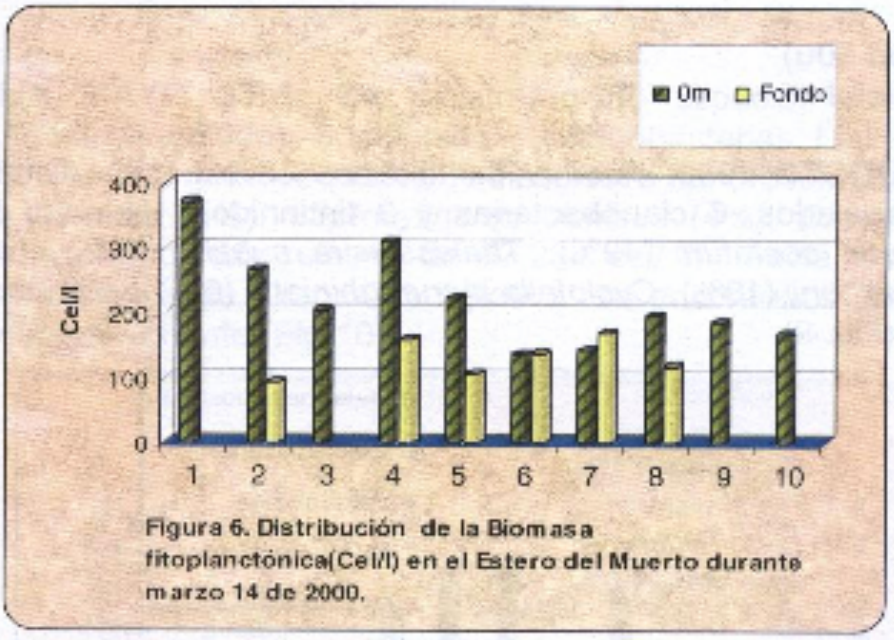


Figura 6. Distribución de la Biomasa fitoplanctónica(Cel/l) en el Estero del Muerto durante marzo 14 de 2000.

ESTACION FIJA 2001: Se registraron incrementos a nivel superficial hacia las 09:00 - 15:00h con valores que fluctúan entre 1'218.155-1'604.572 cel/l; entre las 18:00 y las 19:00h (1065.002-1097.991 cel/l), la biomasa celular se incrementa ligeramente como producto del proceso de la circulación de las mareas en el estuario; principalmente hacia las 08:00, 14:00, 19:00h en que la biomasa celular es ligeramente mayor en el fondo,

probablemente por las corrientes y vientos que son más fuertes en estas horas. Las menores concentraciones (254.471-501.871 cel/l) se observaron hacia las 12:00-16:00h. Se registró un total de 86 especies en superficie.

La biomasa está representada por las siguientes especies: *Skeletonema costatum, Pseudo-nitzschia longissima, Dactyliosolen mediterraneus, Chaetoceros decipiens, Coscinodiscus perforatus, Mesodinium rubrum,* (Fig. 7)

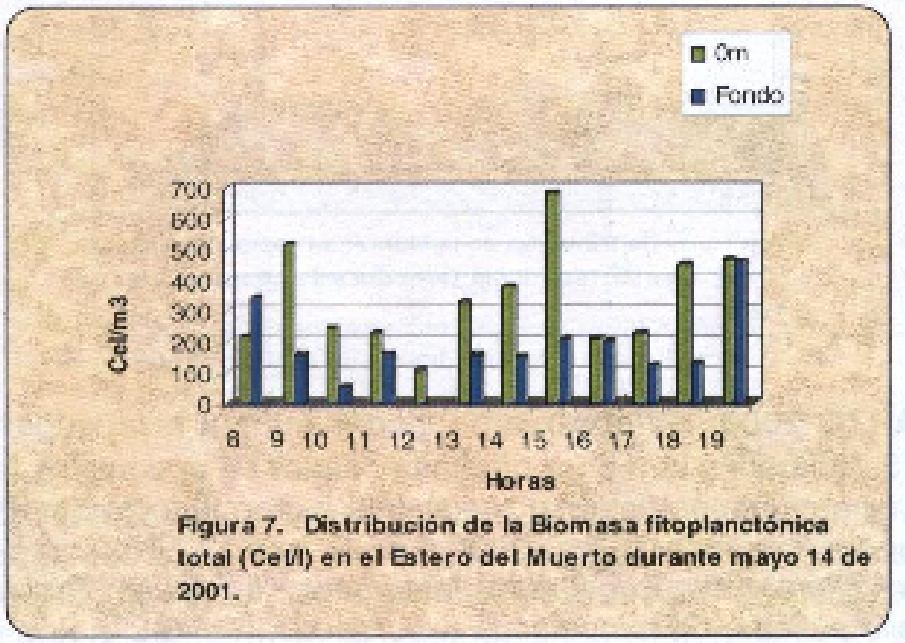


Figura 7. Distribución de la Biomasa fitoplanctónica total (Cel/l) en el Estero del Muerto durante mayo 14 de 2001.

FITOPLANCTON (red 50u)
Distribución superficial

ESTACION FIJA AGOSTO 1999: Fueron identificadas 68 especies distribuidas en: 53 diatomeas, 6 dinoflagelados, 6 cianobacterias y 3 tintinnidos, teniendo las siguientes especies: *Skeletonema costatum* (49%), *Thalassiosira subtilis* (20%), *Ulotrix aequalis* (15%), *Cerataulina bergonii* (10%), *Cyclotella menenghiniana* (6%). La abundancia relativa fue de 3.866 cel/ m^3 (Fig. 8).

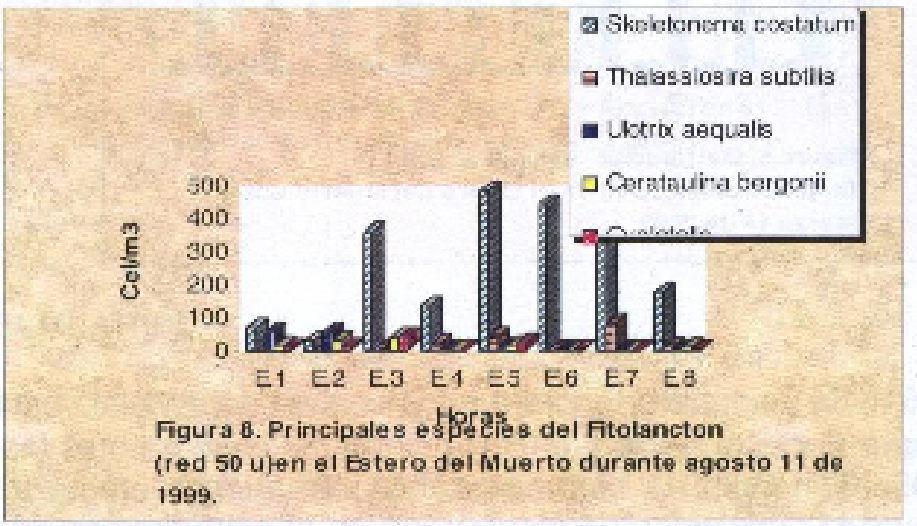


Figura 8. Principales especies del Fitoplancton (red 50 u)en el Estero del Muerto durante agosto 11 de 1999.

En esta área se registró una salinidad promedio de 11.9 ups y una temperatura promedio de 26.0° C, con una relativa tasa de oxigenación registrándose un valor promedio de 3.2 ml/l.

ESTACION FIJA MARZO 2000: Se identificaron 63 especies distribuidas en: 32 diatomeas, 13 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 3 cianobacterias, 4 clorophytas y 9 tintinnidos. La abundancia fue alta con 11.421 cel/m^3. Las especies representativas en su abundancia fueron: *Ulotrix aequalis* (56%), *Chaetoceros vistulae* (23%), *Skeletonema costatum*(13%), *Thalassiosira subtilis* (5%), *Thalassiotrix frauenfeldii* (3%). Fig. 9

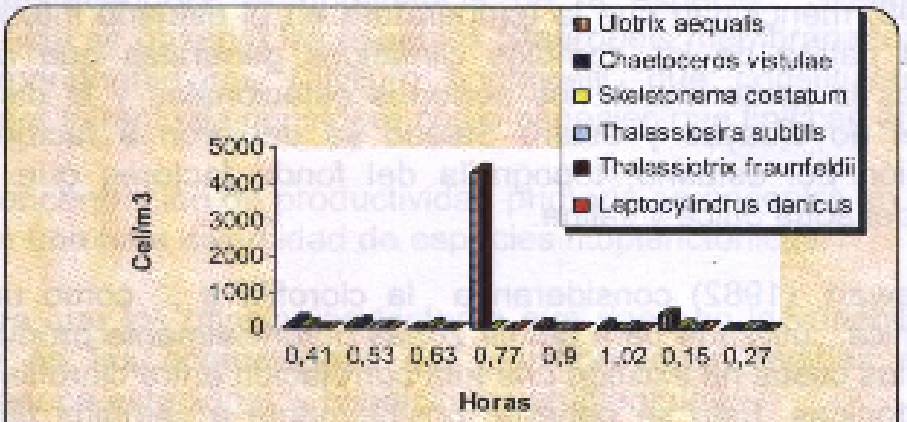


Figura 9. Principales especies del Fitoplancton (red 50u) en el Estero del Muerto durante marzo 14 de 2000.

Los valores promedios de Salinidad, Temperatura y Oxígeno fueron de 11.56 ups, 28.2 °C y 3.4 ml/l respectivamente.

ESTACION FIJA MAYO 2001: Se registraron 80 especies con 62 diatomeas, 7 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 6 tintinnidos, 3 cianobacterias. Las especies registradas fueron: *Stauroneis membranacea* (50%), *Thalassiosira sp.* (15%), *Skeletonema costatum* (8%), *Lauderia borealis* (5%), *Leptocylindrus danicus* (4%), *Dityllum brightwelli* (2%). Evidenciando una abundancia relativa de 57.230 cel/ m^3 hacia las 09:00-14:00h. Las menores concentraciones de biomasa cualitativa se encontraron 348-851 cel/ m^3 a las 13:00-17:00h respectivamente (Fig.10)

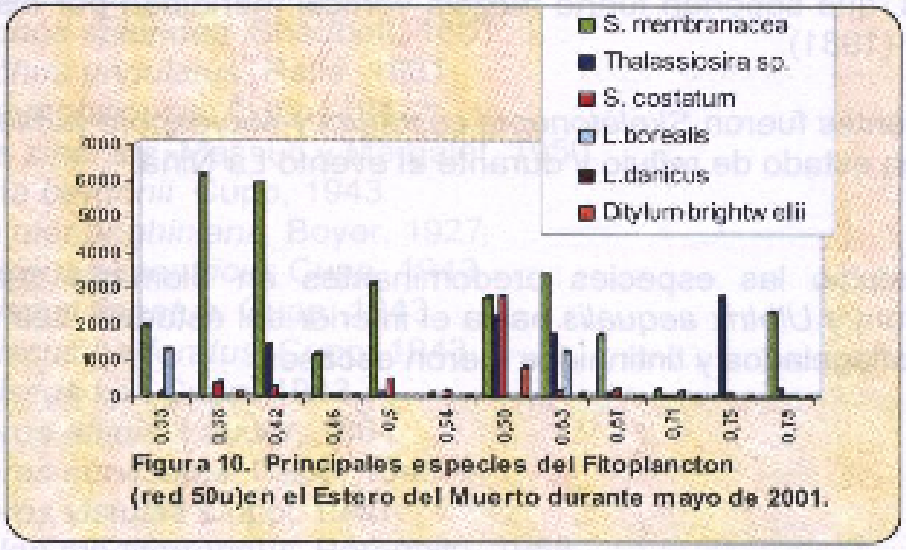


Figura 10. Principales especies del Fitoplancton (red 50u)en el Estero del Muerto durante mayo de 2001.

Para ésta época se registró una variabilidad en los parámetros físicos, determinándose valores de salinidad inferior a 8.2 ups y temperatura promedio de 27.2° C, mientras que a partir de las 09:00 horas se determinó una disminución en el gradiente halino con un valor mínimo de 25.05 y un máximo de 17.7 ups.

DISCUSIONES

No existen trabajos de fitoplancton en ésta área, sin embargo se realizó una comparación de la composición y abundancia relativa de estudios desarrollados cerca de ésta área.

Suéscum et.al, (1998) mencionan que la temperatura en el estuario interior del golfo de Guayaquil siguió el patrón de los cambios climáticos generales que rige a la costa ecuatoriana como es la presencia de los períodos estacionales y la distribución de la salinidad dentro del río Guayas y estero Salado se debieron a factores tales como mareas, conformación del estuario, topografía del fondo factores que influyen en el proceso de mezcla del agua dulce y salina.

Cullen, Reid y Stewart, (1982) consideran a la clorofila *a*, como un indicador de biomasa fitoplanctónica, utilizada para definir zonas potencialmente productivas, a pesar de que no en todos los casos ha existido una alta correlación entre clorofila *a* y el número de células fitoplanctónicas. Esto se debería, posiblemente a cambios fisiológicos en el contenido de clorofila *a* más que a una acumulación del fitoplancton.

Jiménez, (1996) menciona que las aguas salobres contienen una población de diatomeas y dinoflagelados algo distinta que el estuario externo del golfo.

Curl y McLeod, (1961) realizaron ensayos biológicos con *Skeletonema costatum* para comprobar si producía sustancias exócrinas que limiten el crecimiento de ella y de otras algas que comparten su hábitat.

Cajas et.al,(1998) registraron a *Polymyus coronalis* como una especie dominante y característica de aguas dulces, la cual fue encontrada en salinidades entre 0-5 ppm y temperaturas de 26-30° C.

Crysophyta fue la división más abundante del Fitoplancton, principalmente por las diatomeas centrales, que soportan fuerte mezcla vertical manejada por los regímenes de mareas, Stevenson (1981).

Las especies dominantes fueron *Skeletonema costatum* y *Microspora tumidula* cuantitativamente, en estado de reflujo y durante el evento La Niña.

En el presente estudio las especies predominantes en biomasa cualitativa fueron *Skeletonema costatum* y *Ulotrix aequalis* hacia el interior del estuario. Los dinoflagelados, cianobacterias, silicoflagelados y tintinnidos fueron escasos.

CONCLUSIONES

- Se establece durante el presente estudio que la época húmeda correspondiente a marzo de 2000 fue de alta productividad.
- Patrón similar se observó en la distribución de la biomasa celular resaltándose la mayor productividad durante marzo de 2000.
- La mayor riqueza especifica y abundancia relativa de especies se encontró en mayo de 2001, destacándose la dominancia de la especie Skeletonema costatum y asociada a ésta se observó las especies Stauroneis membranacea, Lauderia borealis, Cyclotella menenghiniana, Dityllum brightwelli, que constituyen al grupo de las Diatomeas por lo tanto se considera como especies que tipifican áreas productivas.
- La menor concentración de productividad primaria se encontró en agosto de 1999 que coincide con una baja diversidad de especies fitoplanctónicas.
- Se considera que los principales factores que rigen en la variabilidad, composición y abundancia en las comunidades del plancton están regidas en función al área, corrientes, época estacional y condiciones ambientales.

AGRADECIMIENTO

La autora expresa su agradecimiento a los Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada por el apoyo brindado para realizar la presente investigación al Dr. Roberto Jiménez y a la Dra. Elena Gualancañay por las valiosas sugerencias vertidas al presente trabajo.

TABLA 1. Lista de especies reportadas en el Fitoplancton del Estero del Muerto, golfo de Guayaquil durante 1999-2000-2001 expresado en (cel/m^3).

DIVISION: BACILLARIOPHYTA
CLASE: DIATOMOPHYCEAE
Actinoptychus senarius Ehrenberg, 1843
Actinoptychus splendes Shadbolt, 1861
Actinoptychus undulatus Ralfs, 1861
Biddulphia mobiliensis Cupp, 1943
Biddulphia sinensis Massuti y Margalef, 1950
Cerataulina bergonii Cupp, 1943
Cyclotella menenghiniana Boyer, 1927
Coscinodiscus excentricus Cupp, 1943
Coscinodiscus lineatus Cupp, 1943
Coscinodiscus perforalus Cupp, 1943
Coscinodiscus sp. Cupp, 1943
Chaetoceros affinis Lauder, 1864
Chaetoceros curvisetus Cupp, *1943*
Chaetoceros vistulae Cupp, 1943
Dactyosolen mediterraneus Peragallo, 1958
Eucampia zoodiacusi Bailey, 1861

Gossleriella tropica Hendey, 1937
Lauderia borealis Cleve, 1883
Leptocylindrus danicus Lebour, 1930
Lithodesmium undulatum Ehrenberg, 1840
Melosira italica Agardh, 1824
Paralia sulcata Ehrenberg, 1863
Polymyxis coronalis Castracane, 1886
Skeletonema costatum Cleve, 1858
Thalassiosira subtilis Cupp, 1943
Thalassiosira sp. Cupp,1943

Diploneis sp. Boyer, 1927
Epithemia sp. Walich, 1860
Gyrosigma hippocampus Cleve, 1873
Gyrosigma sp .Cleve, 1873
Navicula sp. Ehrenberg, 1841
Pseudo-nitzschia lineola Cleve, 1873
Pseudo-nitzschia longissima Cleve y Grunow, 1880
Pseudo-nitzschia obtusa Boyer, 1927
Pseudo-nitzschia paradoxa Grunow, 1880
Pseudo-nitzschia sp. Boyer, 1927
Pleurosigma angulatum Smith, 1959
Pleurosigma nicobaricum Cupp, 1943
Surirella fastuosa Hendey, 1954
Stauroneis membranacea Cleve, 1901
Thalassiotrix frauenfeldii Cupp, 1943

DINOFLAGELADOS
Ceratium furca Schiller, 1937
Dinophysis caudata Kent, 1881
Gymnodinium sp. Jorgensen, 1920
Oxytoxum sp. Jorgensen, 1920

CILIADO
Mesodinium rubrum Kofoid, 1908

CIANOBACTERIAS
Microspora tumidula Hazen, 1902
Oscillatoria cortiana Menenghini, 1837
Oscillatoria nigro-viridis Menenghini, 1837
Oscillatoria sp. Agardh, 1813
Ulotrox aequalis Ehrenberg, 1828

SILICOFLAGELADOS
Dictyocha fibula Avaria, 1965

Dictyocha octonaria Tregouboff y Rose, 1957
EUGLENOPHYTA *Euglena sp.* Gutwin, 1896 *Phacus sp.* Meyen, 1829
TINTINNIDOS *Euntintinnus similis* Balech, 1962 *Favella azorica* Campbell, 1929 Leprotintinnus simplex Schmidt, 1901 *Tintinnopsis aperta* Campbell, 1962 *Tintinnopsis directa* Hada, 1932 *Tintinnopsis sp.* Kofoid y Cambell, 1929

REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS

Arcos, F. 1978. Distribución de la biomasa planctónica y copépodos en la parte interior del golfo de Guayaquil. Rev. Permanente del Pacifico Sur No 9: 41-50.

Arcos F., 1986. Variación mensual y mareal del zooplancton en la Estación fija del Estero del Muerto. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), 3(1): 61-91.

Arriaga L., 1976. Contaminación en el Océano Pacífico Sur-Oriental. (Ecuador-Perú-Chile). Rev. Com. Per.Pacifico Sur. (5):3-62.

Ayarza, W, S. Coello, N. Chalen, P. Garcés, L García, F. Ormaza, E. Pérez, F. Pesantes & L. Solórzano. 1993. Estudios Geobioquímicos de la sección urbana del Estero Salado. Ecuador. Revista de Ciencias Marinas y de Limnología vol. 3, No 1: 1- 21.

Cajas, C, de, L., D. Coello, C. Dominguez. 1998. Comunidades del Fitoplancton y Zooplancton en el Estuario Interior del golfo de Guayaquil, durante 1994-1996. Instituto Nacional de Pesca , Guayaquil, Ecuador : 261-284.

Cullen,Reid y Stewart.1982. Phytoplankton in the surface and chlorophyll maximum of southem. California in august, 1978. J.Plank. Res. 4:665-694

Cupp E., 1943. Marine plankton diatomns of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. Eds H.Sverdrup: 1- 125

Jiménez, R. 1975. Composición y variaciones del fitoplancton marino del golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales: 44.

Jiménez R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del golfo de Guayaquil. Acta oceanográfica del Pacifico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 193-282.

Luzuriaga de Cruz, M. 1988. Crustáceos zooplanctónicos y materia orgánica en Manglares del golfo de Guayaquil. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).Rev. Pacifico Sur (Número Especial): 113-125.

Luzuriaga, M., D. Ortega, E. Elias y M. E. Flores, 1998. Relaciones de Abundancia entre fitoplancton e ictioplancton con énfasis en la familia Engraulidae en el golfo de Guayaquil durante 1994-1996. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador: 387-404.

Moreno, J., S. Licea y H. Santoyo. 1996. Diatoms del golfo de California. Univer sidad Autónoma de Baja California Sur: 1-280.

Odum W., 1971. Patways of energy in a south Florida. Sea Grant Technical Bulletin. Number 7. University of Miami, Coral Gable, Florida:162.

Pesantes F., 1983. Dinoflagelados del Fitoplancton en el golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacifico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 283-399.

Solórzano L. y G. Viteri, 1981. Investigación quimica de una sección del estero Salado. Revista de Ciencias del Mar y Limnologia del Instituto Nacional Pesca. Volumen 3:25-40.

SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic Pigments in the sea-water. Monographs on oceanographic methodology, 1, UNESCO: 9-18.

Semina G., 1967. Phytoplankton: In the Biology of the Pacific Ocean: party I, Plankton.

Stevenson M., 1981. Variaciones estacionales en el golfo de Guayaquil, un estua rio tropical. Boletin cientifico y técnico (INP), 4 (1): 5-28.

Tapia M., 2002. Estudio de las Comunidades del Fitoplancton en los rios Daule, Guayas y Estero Salado. Acta Oceanográfica del Pacifico, 10(1): 69-84.

Tomas C., 1998. Identifying marine Phytoplankton. Academic Press, Florida: 1-858.

Uthermohl H., 1958. Zur Vervollkomnung der Quantitativen phytoplankton Methodik Mitt Inter. Ver. Limnol. 9:1-38.

Zambrano I., 1983. Tintinnidos del golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacifico (INOCAR), Ecuador, 2(2):443-507.

Floraciones de *Mesodinium rubrum* en los procesos de surgencia en al Pacífico Ecuatorial (*)

Roberto Jiménez (1)
Elena Gualancañay (2)

Abstract

Concentrations of Mesodinium rubrum are frequently underestimate due to inproper used of fixative, that destroy this fragil organism that have capacity photosynthesis. In coastal and oceanic waters off Ecuador, M. rubrum is common organism related to bloom formation. Blooms on offshore conditions and in neritic localities are characteristically a recurring feature of a particular area, altough the exact location may vary from year to year and are often accompaied by exceptional primary productivity which could play an important role in the food web.

Resumen

Las concentraciones de Mesodinium rubrum con frecuencia son subestimadas debido a la ultilización inapropiada de fijadores que destruyen las células de este ciliado que tiene capacidad de fotosímesis. M. rubrum en aguas costeras y oceánicas de Ecuador es un organismo bastante común que origina floraciones de gran intensidad y extensión. Las floraciones en aguas neríticas y oceánicas se han presentado en áreas localizadas del océamo, aunque su ubicación exacta puede variar de un año a otro. frecuentemente las floraciones de M. rubrum originan niveles excepcionales de producción primaria, por lo tanto pueden jugar un papel importante en la red alimentaria marina.

(*)Trabajo presentado en el VII Taller Regional COI – FANSA sobre Floraciones Algales Nocivas en Sudamérica – IMARPE, del 21 al 23 junio de 2006.

(1) Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.
(2) Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil – Ecuador.

Introducción

Mesodinium rubrum Lohmann es un ciliado causante de floraciones o mareas rojas no tóxicas en los océanos. Este ciliado contiene cloroplastos y mitocondria (Taylor et al., 1971). A pesar de su origen, los cloroplastos mantienen las características del fitoplancton (Backer et al., 1969, Jiménez, 1974), con los análisis de clorofila y producción primaria. Packard et al.(1978) ha revisado la producción existente sobre *M. rubrum* y más recientemente Crawford (1989), señalando que aunque la distribución de *M. rubrum* es muy amplia, está principalmente restringida a bahías, golfos y áreas de afloramientos costeros, aunque en el Ecuador han sido registradas altas concentraciones de *M. rubrum* en áreas oceánicas al este y oeste de las I. Galápagos y originando mareas rojas de gran intensidad y extensión entre las islas, la mayoría de los autores han registrado la extrema fragilidad del organismo cuando las muestras de plancton son fijadas con formol, por lo que se ha recomendado utilizar lugol sin ácido, como un fijador más apropiado para la conservación del organismo.
La tolerancia del organismo a las variaciones de temperatura y salinidad son notables pudiendo fluctuar entre 2°C – 20°C y entre 4 UPS y 35 UPS (Taylor et al,. 1971). En el Ecuador los "blooms" respectivamente de *M. rubrum* han fluctuado entre 21°C y 28°C de temperatura y entre 3 UPS y 35 UPS de salinidad.
Todas las floraciones de *M. rubrum* originando mareas rojas en el Ecuador han estado asociados altas concentraciones de clorofila a sobre 95 mg/m^3 y a una producción primaria promedio de 4.0 g C/m^3.

La mayoría de los blooms de esta especie se han localizado en áreas costeras como en el Golfo de Guayaquil y hacia el Norte entre la Península de Sta. Elena aproximadamente entre 2° S y 0°, con escasos registros hacia el norte de la latitud ecuatorial. En aguas oceánicas se han registrado floraciones de 300 millas de las costas al este de las I. Galápagos, también hacia el oeste de las Islas y mareas rojas de esta especie han sido registradas en repetidas ocasiones entre las islas del archipiélago (Jiménez, 1978, Arcos, 1982).

Las floraciones de *M. rubrum* en las áreas costeras han estado asociadas a procesos de surgencia relacionados a la extensión de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente Cromwell, con Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). Las características de estas masas de agua corresponden a las registradas a la extensión de la Subcorriente Ecuatorial hacia el este hasta los 82°W frente a las costas del Ecuador (Cucalón, 1984).
Estas observaciones explican las propiedades físico-químicas y relacionadas a los procesos del afloramiento costero frente a las costas del Ecuador, y sus efectos en la productividad planctónica y en las floraciones periódicas de *M. rubrum* en estas áreas, por lo que se lo considera un componente importante de la productividad y fertilidad marina de aguas oceánicas y costeras del Ecuador.

Registros de *M. rubrum* en el Pacífico Oriental han sido reportados por varios autores en las costas de Perú (Ochoa y Gómez, 1982) y en las costas de Chile (Avaria, 1982) en algunas ocasiones las floraciones de *M. rubrum* en el Ecuador han sido coincidentes con las registradas en Perú y Chile como las observadas en los años 1980 y 1981.

En el presente trabajo se registran las floraciones de *M. rubrum* y del fitoplancton en términos de las concentraciones celulares y su distribución con relación a las áreas de decoloraciones del agua, así como las condiciones ambientales de temperatura, salinidad.

fosfatos, nitratos, amonio, silicatos y clorofila a, a lo largo de las costas del Ecuador en los meses de Enero, Febrero y Marzo, 1984.

Taylor et al. (1971) y Lindholm (1985) han revisado la información relacionada a la ocurrencia de las floraciones, los problemas taxonómicos y la ultraestructura de *M. rubrum*, pero no han considerado en detalle la relativa importancia de esta especie como productor primario cuando no se presentan condiciones de "bloom".
El presente trabajo revisa la información concerniente a la posición trófica de *M. rubrum* en los procesos de surgencia en aguas costeras y oceánicas del Ecuador.

Materiales y Métodos

Las muestras de agua para el análisis de fitoplancton fueron tomadas en cruceros de investigación del BAE "ORION" del Instituto Oceanográfico de la Armada y del B/I TOHALLI del Instituto Nacional de Pesca. También cuando se han registrado mareas rojas en áreas cercanas a la costa fueron tomadas muestras de agua y fijadas con lugol (KI saturado con I) para análisis de contajes celulares y sedimentadas en cámaras de contaje según el método Ulthermohl con microscopio invertido. En los cruceros de investigación se colectaron también muestras de agua con botellas Niskin desde la superficie hasta los 300 m de profundidad, en estas muestras de agua se analizaron los nutrientes, así como la temperatura, salinidad, clorofila y en algunas estaciones incubaciones con C14 para medir la producción primaria

Confusión Trófica

Si *Mesodinium rubrum* no hubiera tenido la capacidad de originar mareas rojas o floraciones con fuertes discoloraciones, este organismo hubiera permanecido por largo tiempo desconocido como productor primario. Durante condiciones de floraciones oceánicas en las áreas de afloramiento en las costas del Ecuador, se han medido concentraciones entre 80 mg/m3 y 140 mg/m3 de clorofila a y densidades celulares entre $7,6 \times 10^6$ cel/l y 91×10^6 cel/l (Jiménez e Intriago, 1987).
Esta productividad es considerada como la más alta dentro de los microorganismos acuáticos que originan una producción primaria record en los océanos del planeta, sino también como el organismo que origina la más alta productividad marina en la banda ecuatorial.

A pesar de la extraordinaria capacidad de fotosintesis hace pocos años atrás existia confusión acerca del rol de este ciliado fototrópico cuando no se presenta en condiciones de bloom, así no era contabilizado en los contajes del fitoplancton tomando en cuenta que en estudios de microzooplancton este ciliado era puesto en esta categoría. Aún en años recientes *Mesodinium rubrum* se encuentra ausentes las listas de especies identificadas del fitoplancton, una posible causa es que muchas de estas muestras, aunque hayan sido fijadas con lugol, no son analizadas en su oportunidad y pueden tardarse meses hasta su análisis lo que determina que las células después de este tiempo comiencen a desintegrarse.
También la actualización de muestras colectadas con red de fitoplancton, no permite el análisis de identificación y contaje de este ciliado por su pequeño tamaño (15u – 20u) por lo que en los análisis cualitativos del fitoplancton con este tipo de muestras permanece ignorado.

Distribución Vertical y Migraciones

Además de los problemas de muestreo anteriormente descritos, la falta de conocimiento sobre la distribución vertical y migraciones de *M. rubrum* puede originar subestimaciones de la densidad de sus poblaciones.

Aunque este tipo de plancton motil debe recibir atención, en el caso de *M. rubrum* es de especial importancia, debido a la excepcional velocidad de desplazamiento (Lindholm, 1985). Cuando las condiciones hidrodinámicas lo permiten *M. rubrum* puede formar marcadas acumulaciones subsuperficiales y ocasionalmente superficiales, dentro de restringidas profundidades e intervalos en la columna de de agua, no solamente en condiciones de bloom sino también cuando no presenta floraciones.(Sarokin y Kogelschatz, 1997, Smith y Barber, 1979, Lindholm, 1981).

Esta característica distribución vertical ha sido relacionada a una migración diurna, aparentemente en respuesta a la luz, resultando en una fototaxis positiva con el incremento de la intensidad luminica y en una fototaxis negativa con la disminución de la luz.

Estas migraciones pueden determinar una distribución vertical, en la cual en la mayoría de los casos durante el día la población puede concentrarse cerca de la superficie. Aunque es más pronunciada durante las condiciones de bloom, sin embargo puede estar bastante bien distribuida en la columna de agua, hasta próxima al límite de la zona eufótica aproximadamente a los 30m de profundidad en condiciones de bloom en el Golfo de Guayaquil. Debido a ello se considera que *M. rubrum* puede migrar desde los 30m o 40m de profundidad en la noche hasta alcanzar la superficie tarde en la mañana.

Smith y Barber (1979) han indicado que la contribución de *M. rubrum* a la productividad, aún en las etapas de floración puede ser seriamente subestimada, considerando que en los cruceros de rutina las muestras de agua para clorofila ó producción primaria son tomadas muy temprano en las mañanas, antes que *M. rubrum* alcance su máxima concentración en superficie.

Distribución Horizontal

Es importante considerar que la distribución horizontal de *M. rubrum* puede en algunas ocasiones presentarse extremadamente fragmentada, lo que dificulta percibir la real distribución de la especie en el espacio. Las floraciones de *M. rubrum* pueden presentarse en parches irregulares o bandas paralelas a la costa durante condiciones de calma o redistribuirse durante el efecto dinámico de las corrientes o intensidad de los vientos.

Durante los periodos de surgencia frente a las costas del Ecuador, se han observado hasta tres "bandas" paralelas a la costa, aparentemente separadas por aguas de coloración normal, aunque en la mayoría de las ocasiones este tipo de agua tiene densidades apreciables de este organismo.

Sin embargo en algunos años existen registros de *Mesodinium rubrum* que presentan una distribución horizontal homogénea impresionante de algunos cientos de millas. En las I. Galápagos se han registrado también mareas rojas de *M. rubrum* de gran extensión, al este del archipiélago en abril, 1980 y en diciembre, 2000. Seguramente *M. rubrum* es un organismo frecuente en el plancton del archipiélago, que asociado a los procesos de surgencia que con intensidad y frecuencia se presentan en las islas, sin embargo la falta de monitoreos del fitoplancton tanto al este como al oeste del archipiélago no han permitido establecer la frecuencia y extensión de las floraciones de *M. rubrum* en estas

áreas. Otra de las dificultades observadas se presenta cuando se tomaron las muestras de agua de las floraciones algales, estas fueron fijadas con formol con lo que el organismo quedó desintegrado imposibilitando su identificación.

Mesodinium rubrum asociado a los procesos de surgencia y eventos de La Niña en el Pacífico Oriental.

Floraciones algales se han presentado en aguas oceánicas y costeras del Ecuador con mucha frecuencia, cada año, siendo *M. rubrum* el organismo más frecuente durante estos eventos en el Pacífico Ecuatorial, asociado a procesos de surgencia continuos, pero menos intensos con relación a los procesos de surgencia que se registran en las áreas costeras de las regiones templadas. Las floraciones de *M. rubrum* pueden persistir por largos períodos de tiempo, debido a que el organismo puede migrar mayor profundidad y utilizar así los nutrientes en los estratos subsuperficiales. Floraciones de *M. rubrum* asociados a procesos de surgencia se han registrado en áreas costeras de las costas del Ecuador, en áreas oceánicas y en los afloramientos de las I. Galápagos.

a. En el crucero B/I Tohalli se registraron mareas rojas de *M. rubrum* de gran intensidad a lo largo de la costa de Ecuador, en marzo, 1981. Las bandas de discoloración se extendieron desde el Golfo de Guayaquil (3°S) hasta el norte de Cabo Pasado (aproximadamente 0°). Los análisis de agua mostraron altas concentraciones de nutrientes entre marzo, 1981 hasta septiembre, 1981, meses en los que se registraron mareas rojas de *M. rubrum*, lo que indicaría procesos de surgencia costera de significación. Las concentraciones de clorofila dentro de las bandas de discoloración fluctuaron entre 13 mg/m3 y 74 mg/m3 de clorofila a con concentraciones de *M. rubrum* entre 3,000 cel/ ml y 49,000 cel/ml . En la parte exterior de las bandas de discoloración, las concentraciones de clorofila fueron también altas entre 3.0 mg/m3 y 17.0 mg/m3 de clorofila a, con la predominancia de *M. rubrum* dentro de la población de fitoplancton con concentraciones entre 260 cel/ml y 1,490 cel/ ml (Arcos,1982).

Asociado a las floraciones de *M. rubrum* se observaron también abundantes poblaciones de diatomeas proliferantes, como varias especies de *Thalassiosira, Bacteriostrum, Chaetoceros* y *Nitzschia,* especies que son comunes en áreas de afloramiento costeras.
Tanto las concentraciones de clorofila a como la densidad celular registrada de *M. rubrum* en los meses de 1984 puede ser considerada como una de las más altas de las reportadas en el Pacífico.

b. Aunque *M. rubrum* está relacionada a intensos procesos de surgencia como en los afloramientos de Baja California, de Perú, Chile y otros lugares de los océanos , es evidente que la presencia constante de los bloom de *M. rubrum* en aguas oceánicas y costeras del Ecuador están relacionadas a menos intensos, pero constantes procesos de surgencia, debido a estas condiciones las floraciones pueden persistir por largos periodos de tiempo como la observada en febrero-marzo , 1984 que se extendió hasta agosto, 1984
En febrero – marzo, 1984 en las áreas de discoloración del mar las concentraciones de clorofila a fluctuaron entre 3.0 mg/m3 y 140 mg/m3. La co-ocurrencia de las más altas concentraciones de nitratos y clorofilas en las aguas superficiales, con relación a la distribución espacial de la biomasa del fitoplancton,

indica que la misma está determinada por la provisión continua de nutrientes en los niveles superficiales.
En febrero – marzo, 1984 las floraciones de *M. rubrum* originaron mareas rojas de gran intensidad, bandas de discoloración con densidades entre 700 cel/ml y 7,600 cel/ml se presentaron a lo largo de la costa, las bandas de mayor extensión tuvieron un tamaño de aproximadamente 4 millas. Las bandas de discoloración con predominancia de *M. rubrum* se extendieron en más de 200 millas a lo largo de las costa (Jiménez e Intriago, 2001).
En febrero – marzo, 1984 se encontraron dos masas de agua en la columna de agua de 300 m, en la superficie hasta los 20 m de profundidad Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y debajo de las mismas Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS, incrementándose en profundidad alcanzando su núcleo alrededor de los 150m – 300 m de profundidad (Cucalón, 1984).

De estas observaciones es posible deducir que las aguas ricas en nutrientes que se observaron en febrero-marzo, 1984 estuvieron relacionadas al transporte hacia el Este de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell (Jiménez e Intriago, 2001).

c. Floraciones de *M. rubrum* de gran intensidad fueron registradas a lo largo de la costa del Ecuador ente el 4 y 20 de Marzo, 2000. En superficie las temperaturas fluctuaron entre 26°C y 28°C, pero bajo la termoclina 20 m de profundidad las temperaturas fluctuaron entre 18°C y 20°C . Muestras de agua mostraron concentraciones de *M. rubrum* a 3,500 cel/ml con menores concentraciones *Gymnodinium instriatum* de 2,000 cel/ml. Asociado a los parches de *M. rubrum* se observó una mayor diversidad de dinoflagelados especialmente varias especies de *Ceratium* y *Protoperidium*, con menor diversidad y abundancia de diatomeas (Jiménez e Intriago, 2001).

Para el 30 de marzo, 2000 una extensa marea roja se registró desde el norte del Golfo de Guayaquil hasta el sur de la Provincia de Manabí, las bandas de discoloración del agua formaba bandas que se extendía por 90 millas a lo largo de la costa por 10 millas de ancho. En esta ocasión el organismo que originaba esta floración algal era *Gymnodinium instriatum* con concentraciones de 10,000 cel/ml, esta floración se extendió por un periodo de dos semanas tiempo en el cual la población de *M. rubrum* declinó a 100 cel/ml, seguido por una gran diversidad de dinoflagelados especialmente de especies *Ceratium*.

Posteriormente en mayo y julio, 2000 en aguas oceánicas y costeras del Ecuador se registraron anomalías negativas, con temperaturas en superficies entre 18°C y 19°C, en esta ocasión nuevamente las floraciones de *M. rubrum* fueron predominantes a lo largo de la costa y registros de marea roja de *M. rubrum* en las I. Galápagos para esta misma época.

d. Las condiciones oceanográficas y atmosféricas anormalmente cálidas a gran escala El Niño 1997 – 1998 fueron posteriormente seguidas por el evento frio de La Niña a partir de 1999, y condiciones que se han mantenido con cierto grado de variabilidad hasta el año 2006.
Los eventos de La Niña mayores que -1°C de la temperatura superficial, en el Pacífico Central y Occidental y temperaturas bajo lo normal de aguas subsuperficiales en el Pacífico Oriental (Philander, 2004)

Sorprendentemente escasos datos biológicos han sido publicados durante los años de La Niña, aunque es en estos años donde se registra una mayor fertilidad marina, con los registros más altos de producción primaria, altas biomasas de zooplancton y mayor disponibilidad de recursos pesqueros. Las floraciones más frecuentes de mayor extensión en aguas oceánicas y costeras del Ecuador se han registrado en los años asociados a La Niña en el Pacífico Oriental. *M. rubrum* no se ha registrado en los años de El Niño los cuales están caracterizados por aguas cálidas y termoclinas profundizadas que impiden los procesos de afloramiento de aguas ricas en nutrientes en los niveles superficiales.

Conclusiones

Aunque Taylor et al. (1971) han mencionado la amplia distribución geográfica de *M. rubrum*, es solamente en años recientes cuando se han registrado cuan abundante esta especie puede encontrarse en el océano y el rol importante que tiene como componente del fitoplancton y de la productividad marina

Aunque en áreas de surgencia *M. rubrum* puede originar floraciones masivas de gran intensidad, es constante la subestimación de sus concentraciones en los análisis de rutina del fitoplancton tanto en superficie como en los niveles subsuperficiales.

Existe escasa información de *M. rubrum* en áreas oceánicas influenciadas por procesos de surgencia aunque existen evidencias que puede ser un componente importante del fitoplancton marino entre las I. Galápagos y el Ecuador continental , así como al oeste del archipiélago donde se originan procesos de surgencia de gran intensidad
Los registros de floraciones o mareas rojas de *M. rubrum* de gran extensión e intensidad en las Islas Galápagos evidencian la importancia que tiene este organismo en la productividad primaria de las Islas.

Bibliografía

Arcos, F. 1981. A dense patch of *Acartia levequei* Copepoda:Calanidea)in upwelled Equatorial Undercurrent water around the Galapagos Islands. In: Coastal Upwelling (ed.) F.A. Richards. American Geophysical Union, Washington D.C.

Arcos, T. 1982. Mareas Rojas en agues ecuatorianas. Rev. Cien, Mar y Limnol. Inst. Nacional de Pesca 1 (2):115-125.

Avaria, S. 1982. Investigaciones sobre Mareas Rojas en Chile. Inf. UNESCO sobre Ciencias del Mar. Publ. UNESCO Montevideo, Uruguay (19):2-21

Crawford, D.1989. *Mesodinuim rubrum*: The phytoplankton that wasn't, Mar. Ecol. Progress Ser. (58):161-174.

Cucalón, E., 1983. Temperature, salinity and water mass distribution off Ecuador during an El Niño event in 1976. Rev. Cien. Mar. Limnol., 2(1): 1-25.

Jiménez, R. 1974. Marea roja debida a un ciliado en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Pub. Inst. Oceanog.. de la Armada. CM-Bio 2-74.

Jiménez, R. 1982. registros de Mareas Rojas en aguas ecuatorianas. Inf. UNESCO sobre Ciencias del Mar. Publ. UNESCO Montevideo, Uruguay (19):12-17.

Jiménez, R. y F. Pesantes, 1978. Fitoplancton producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publ. Inst. Ocean. Armada. INOCAR. Vol. 2(1) 30 pp.

Jiménez, R. and P. Intriago. 1987. Observations on blooms of Mesodinium rubrum in the upwelling area off Ecuador. Oceanol. Acta. Special N.6:145-154.

Jiménez, R. and P. Intriago. 2001. Red tides in Ecuador during La Niña 2000. Harmful Algae News. (22):7.

Lindholm, T. 1981. On the ecology of *Mesodinium rubrum* (ciliate) in a stagnant brackish basin on Alund, SW Finland. Kieler. Meeresfors. 5:117-123.

Lindholm, T. 1985.*Mesodinium rubrum* - a unique photosynthetic ciliate. Adv. Aquat. Microbiol. (3):1-48.

Ochoa, N y O. Gomez. 1987. Dinoflagellates as indicator of water masses during El Niño 1982-1983. J. Geoph.Res. 92 (C13):14,355-14,367.

Packard, J. and D.Blasco, R. Barber.1978. *Mesodinium rubrum* in the Baja California upwelling system. En: Boge, R. and M. Tomczark (eds) Upwelling Ecosystem. Springer-Verlag, Berlin, p.73-89.

Philander, G. 2004. Our Affair with El Niño: How we transformed an enchanting Peruvian current into a global climate hazard, Princeton, University Press.275 pp.

Smith, W. and R. Barber. 1979. A carbon budget for the autotrophic ciliate *Mesodinium rubrum*. J. Phycol. (15):27-33.

Sorokin, Y. and J. Kogelschatz. 1997. Analysis of heterotrophic microplankton in an upwelling area. Hydrobiologia (66):195-208.

Taylor, F. D. Blackbourn, and J. Blackbourn.1971. The red-water ciliate *Mesodinium rubrum* and its incomplete symbionts. A review including new ultrastructural observations. J. Fish. Res. Bd-Cun-(28):391-407.

COMPOSICIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE COPÉPODOS PELÁGICOS CALANOIDEOS Y NO CALANOIDEOS EN AGUAS ECUATORIANAS DURANTE EL EVENTO LA NIÑA EN SEPTIEMBRE DE 2001.

Por:
Pritha Tutasi (1)

Abstract

The present study is based on the plankton samples collected in the cruise carried out by the Oceanographic Institute of the Equadorian Navy during September 2001. For this study 10 zooplankton samples was analyzed and corresponding to five coastal stations, located approximately in a transect between 81 W and from 1° N to 3 °S. 8,208 organisms belonging to 23 families, 43 genus and 97 copepods species were identified. For each station was obtained the percentages of males and females, and the total average for the five stations too. Of the total of identified species 72.51% corresponded to females specimens and 27.49% to males specimens. The distribution of the copépodos species was associated to the conditions oceanographic that were presented during September of 2001. The copepods species of the south of the coast of the Ecuador, they were conformed mainly by species of cold waters, associated to a strong influence of the Humboldt Current that would have contributed to the displacement of characteristic species of cold waters, from the costs of Chile and Peru toward the costs of Ecuador. While in waters of intermediate temperatures, they were species conformed mainly by a transition fauna between cold waters of the south and the warm of the north. On relationship to the station more to the north, the copepods were conformed mainly by species of warm waters. This way, new expectations about the study of biological indicators in the oceanography one could wait, with the analysis and study of the climatic variability and their effect in the populations of the plankton in the ocean.

Resumen

El presente estudio esta basado en las muestras de plancton colectadas en el crucero oceanográfico CO-02-2001 abordo del BAE "Orion", del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) durante Septiembre 2001. Para este estudio se analizaron 10 submuestras de zooplancton correspondientes a cinco estaciones costeras, ubicadas en una transecta aproximadamente a los 81°W y desde 1°N hasta 3°S. Fueron identificados un total 8,208 organismos pertenecientes a 23 familias, 43 géneros y 97 especies de copépodos. Para cada estación se obtuvo el porcentajes de machos y hembras, asi como el promedio total para las cinco estaciones. Del total de especies identificadas el 72.51% correspondió a especímenes hembras y el 27.49% a especímenes machos. La distribución de las especies de copépodos estuvo asociada a las condiciones oceanográficas que se presentaron durante septiembre de 2001. Las especies de copépodos al sur de la costa del Ecuador, estuvieron conformadas por especies principalmente de aguas frias, asociadas a una fuerte influencia de la Corriente de Humboldt, que habria contribuido al desplazamiento de especies caracteristicas de aguas frias, desde las costas de Chile y Perú hacia las costas de Ecuador. Mientras que en aguas de temperaturas intermedias, se encontraron especies conformadas principalmente por una fauna de transición entre aguas frias del sur y las cálidas del norte. Con relación a la estación más al norte los copépodos estuvieron conformados principalmente por especies de aguas cálidas. Asi, nuevas expectativas del estudio de indicadores biológicos en la oceanografia se podria esperar, con el análisis y estudio de la variabilidad climática y su efecto en las poblaciones del plancton en el océano.

(1) Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Naturales
rada_pritu@hotmail.com

Introducción

Los copépodos constituyen el grupo más numeroso e importante dentro de la comunidad planctónica, con más de 5.000 especies descritas, siendo la mayoría de ellos marinos y existiendo muchas formas de agua dulce, parásitos y comensales de otros animales (Björnberg, 1981). En el presente estudio solo se consideran los copépodos marinos planctónicos del Pacífico ecuatorial asociados al área de estudio. Ecológicamente, los copépodos constituyen un grupo muy importantes dentro de la red alimentaria, ya que son los consumidores primarios más numerosos de prácticamente todos los mares y océanos (Björnberg, 1981).

Los copépodos son considerados por varios autores como excelentes indicadores biológicos. Durante las tres últimas décadas varios investigadores han utilizado, algunas especies pertenecientes a este grupo para caracterizar diferentes condiciones oceanográficas así como diferentes tipos de masas de aguas (Björnberg, 1981). Por las condiciones antes mencionadas se desprende la importancia de estudiar la composición de este grupo así como su distribución y abundancia relativa para posteriormente relacionarlo a las condiciones oceanográficas que se manifiestan en el Pacífico oriental tropical. Posiblemente una de las condiciones oceanográficas más significativas que se presentan en el Pacífico oriental son los eventos cálidos referidos como el fenómeno El Niño, también llamado El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y por su acrónimo en ingles "El Niño Southern Oscillation" (ENSO) y eventos fríos como La Niña, los cuales determinan condiciones importantes en la variabilidad climática anual. La fase fría del ciclo ENOS, conocida como La Niña, generalmente es relacionada con la presencia de anomalías negativas de la temperatura superficial del mar, con una termoclina menos profunda que lo normal en el Pacífico ecuatorial al oeste de la Línea de Cambio de Fecha (De la Cuadra, 1999). Durante el primer semestre de 2001 en el Pacífico oriental, las condiciones oceánicas se mantuvieron influenciadas por la acción del anticiclón del Pacífico Sur, observándose en la región costera del Ecuador, el nivel del mar por debajo de lo normal, ubicación de aguas frías en niveles superficiales, aguas superficiales con temperatura por debajo de su valor normal (entre - 0.5°C y -1.5° C). La Corriente de Humboldt bastante intensa y vientos del sur relativamente fuertes (ERFEN, 2001)

Sorprendentemente en el País pocos datos biológicos han sido publicados durante estos años de La Niña, aunque existe evidencia que valores altos de producción primaria, altas biomasas de zooplancton y altos volúmenes de captura de peces pelágicos pequeños fueron registrados en esos años, después de la abrupta disminución de las capturas durante El Niño 1997-1998.

Por estas razones, el presente trabajo es una contribución para el conocimiento de la oceanografía biológica de la región ecuatorial tropical donde se manifiestan estas importantes perturbaciones climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio proviene de muestras de zooplancton colectadas en el crucero oceanográfico CO-02-2001 a bordo del BAE "Orión", del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) durante septiembre de 2001. Las colectas se hicieron mediante arrastres oblicuos entre 150 metros de profundidad y la superficie, para ello se

utilizó una red cónica simple, con boca de 0.60 m de diámetro y 2.40 m de longitud total, con poro de malla de 335 μ y 600 μ, a una velocidad de dos nudos (1m/seg.) entre 10 y 15 minutos. A bordo las muestras se fijaron con formalina neutralizada con bórax al 5 %.

Diez submuestras de zooplancton colectadas con las redes con poro de malla de 335 μ y 600 μ, en este crucero, fueron cedidas al Dr. Roberto Jiménez por la dirección de INOCAR y corresponden a las estaciones costeras 1-2-3-4-5 (Fig. 1), las mismas que fueron analizadas para esta investigación.

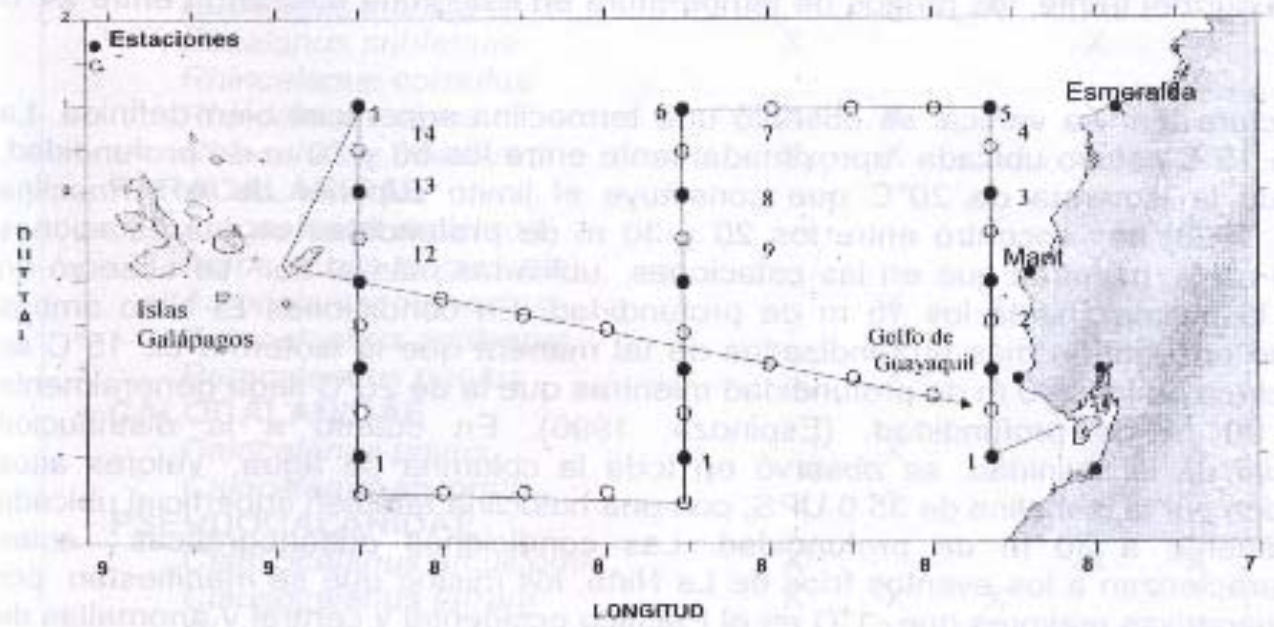


Figura 1. Itinerario del Crucero Oceanográfico a bordo del BAE ORION, realizado en septiembre/2001.

Todas las observaciones microscópicas y mediciones de los organismos se realizaron en un microscopio Standard Leica modelo DMLS, calibrado para distintos aumentos, para poder realizar las mediciones correspondientes y se utilizó una cámara clara para dibujar la morfología general del organismo. Posteriormente se procedió a disectar sus partes, las cuales fueron colocadas en glicerina, sobre un portaobjeto con un cubreobjeto.

Para el análisis de abundancia relativa, se analizaron todas las submuestras en cada una de las cinco estaciones y con los dos tipos de poro malla, tomando en cuenta solo los ejemplares adultos o en el último estadio de desarrollo, los cuales fueron separados, dependiendo de la especie y de la estación, y colocados en diferentes tubos de polietileno con cierre hermético en formol al 5% para su conservación. Para determinar la afinidad de las especies entre una estación y otra se utilizó el Índice de Similaridad de Jaccard (1928)

RESULTADOS

DATOS OCEANOGRÁFICOS.

En septiembre 2001, la temperatura superficial del mar presentó grandes áreas de anomalías negativas en toda la banda Ecuatorial y especialmente entre las Islas Galápagos y el Ecuador continental, estas aguas se mantuvieron hasta octubre 2001, aunque aguas cálidas y anomalías positivas de cerca de 1°C se presentaron en el Pacífico occidental y central (NOAA. Octubre, 2001). El Frente Ecuatorial estuvo bastante desarrollado, entre las Islas Galápagos y el Ecuador continental, caracterizado por

fuertes gradientes de temperatura con un rango entre 19°C y 25°C y con salinidades entre 33.5 y 35.0 UPS en superficie, esta estructura termohalina tipifica el Frente Ecuatorial. El limite sur del frente estuvo caracterizado por la presencia de anomalías negativas (- 1.5 °C), producto de un fuerte avance de aguas frías de la Corriente de Humboldt, la cual se mostró bastante intensificada con temperaturas entre 22°C y 23°C frente a las costas ecuatorianas hasta la parte norte de las costas de Manabí durante este crucero. El limite norte del Frente no se observaron anomalías positivas, aunque estas áreas estuvieron caracterizadas por aguas relativamente más cálidas en relación con el limite sur del frente, los rangos de temperatura en este zona fluctuaron entre 24°C y 25°C.

En la estructura térmica vertical se observó una termoclina superficial bien definida. La isoterma de 15°C estuvo ubicada aproximadamente entre los 60 y 70 m de profundidad, en tanto que la isoterma de 20°C que constituye el limite superior de la termoclina (Zambrano, 1998) se encontró entre los 20 y 30 m de profundidad en las estaciones ubicadas al norte, mientras que en las estaciones ubicadas más al sur se observó un asenso de la misma hasta los 15 m de profundidad. En condiciones El Niño ambas isotermas se encuentran más profundizadas de tal manera que la isoterma de 15°C se encuentra cerca de los 200 m de profundidad mientras que la de 20°C llega generalmente hasta los 90 m de profundidad. (Espinoza, 1996). En cuanto a la distribución subsuperficial de la salinidad, se observó en toda la columna de agua valores altos representados por la isohalina de 35.0 UPS, con una haloclina también superficial ubicada aproximadamente a 30 m de profundidad. Las condiciones oceanográficas antes descritas caracterizan a los eventos frios de La Niña, los mismo que se manifiestan por anomalías negativas mayores que -1°C en el Pacífico occidental y central y anomalías de temperaturas aun mayores en el Pacífico oriental en superficie.

DATOS BIOLÓGICOS

Como resultado del muestreo realizado en las cinco estaciones costeras a lo largo del Ecuador continental, se identificó un total de 8,208 organismos que correspondieron a 23 familias, 43 géneros y 97 especies de copépodos (Tabla 1). De estas 97 especies, solamente 95 especies fueron identificadas como tales; en el caso de las dos especies restantes, solamente una fue identificada hasta el nivel de género y a la otra solamente se le pudo determinar el suborden, debido a la falta de bibliografía o por la posibilidad de encontrarnos con el registro de nuevas especies. Para cada estación se obtuvo el porcentajes de machos y hembras, así como el promedio total para las cinco estaciones. Del total de especies identificadas el 72.51% correspondió a especímenes hembras y el 27.49% a especímenes machos, con una relación de tres hembras por macho.

De manera especifica por estación y por tamaño de poro de malla de 600 µ y 335 µ se encontraron los siguientes valores:

Tabla 1. Presencia del total de especies por estación incluyendo las poblaciones muestreadas con la red con poro de malla de 600u y 335 u.

ESTACIONES	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5
Suborden CALANOIDA					
CALANIDAE					
Calanus australis	X	X			

Canthocalanus pauper				X	X
Nanocalanus minor	X	X	X		
Undinula darwinii			X		X
Undinula vulgaris			X	X	X
EUCALANIDAE					
Eucalanus attenuatus	X	X	X	X	X
Eucalanus crassus	X	X	X	X	X
Eucalanus elongatus					X
Eucalanus monachus	X			X	
Eucalanus inermis		X	X	X	X
Eucalanus subtenuis	X			X	
Rhincalanus cornutus					X
Rhincalanus gigas	X	X	X	X	
Rhincalanus nasutus	X	X	X	X	X
PARACALANIDAE					
Acrocalanus andersoni			X		X
Acrocalanus longicornis				X	X
Acrocalanus monachus		X	X		
Paracalanaus aculeatus		X		X	X
Paracalanaus parvus		X	X		
CALOCALANIDAE					
Calocalanus pavus		X	X	X	X
Calocalanus stylermis					X
PSEUDOCALANIDAE					
Clausocalanus arcuicornis	X			X	X
Clausocalanus farrani	X	X	X		
Clausocalanus mastigophorus		X		X	X
Pseudocalanus elongatus			X	X	X
AETIDEIDAE					
Euatideus bradyi	X	X	X		X
Euchirella bella				X	X
Euchirella pulchra				X	
Euchirella venusta				X	X
EUCHAETIDAE					
Euchaeta longicornis	X	X	X	X	X
Euchaeta rimana					X
Euchaeta wolfendeni				X	X
Paraeuchaeta antartica	X	X	X	X	X
PHAENNIDAE					
Phaena spinifera	X				X
SCOLECITHRICIDAE					
Lophitrix frontalis			X	X	
Scaphocalanus curtus		X			
Scaphocalanus echiniatus					X
Scaphocalanus magnus	X			X	
Scaphocalanus subbrevicornis				X	
Scolecitricella abysalis			X	X	X
Scolecitricella bradyi				X	X
Scolecitricella tropica				X	
Scolecithrix danae	X	X	X	X	X
TEMORIDAE					
Temora discaudata	X	X	X	X	X

Temora stylifera	X	X	X	X	X
METRIDIIDAE					
Pleurommama abdominalis			X	X	X
Pleurommama borealis			X	X	
Pleurommama gracilis			X	X	
CENTROPAGIDAE					
Centropages elongatus			X	X	X
Centropages velificatus	X	X	X	X	X
LUCICUTIIDAE					
Lucicutia flavicornis	X	X	X	X	X
HETERORHABDIDAE					
Heterorhabdus papiliger	X	X	X	X	X
AUGAPTILIDAE					
Augaptilus longicaudatus		X	X		
Eugaptilus hecticus		X	X		X
Haloptilus acutifrons		X	X	X	X
Haloptilus äustini					X
Haloptilus fertilis					X
Haloptilus longicornis		X	X	X	X
Haloptilus spiniceps		X		X	
CANDACIIDAE					
Candacia catula				X	X
Candacia curta	X	X	X	X	X
Candacia pachydactyla				X	X
Candacia truncata			X	X	X
Candacia varicans	X				
PONTELLIDAE					
Labidocera acuta	X	X	X	X	X
Labidocera detruncata				X	X
Pontella sp.					X
Pontellina platychela	X	X	X	X	X
Pontellopsis regalis	X	X	X	X	
ACARTIIDAE					
Acartia danae	X	X	X		X
Acartia tonsa	X				
Suborden CYCLOPOIDA					
Cyclopoide			X		
OITHONIDAE					
Oithona nana	X				
Oithona plumifea	X	X	X		
Oithona spinirostris		X		X	X
ONCAEIDAE					
Lubbockia aculeta	X		X		
Onacae conifera	X	X	X		
Onacae mediterranea				X	X
Onacae venusta	X	X	X	X	X
Pachos punctatun					X
SAPPHIRINIDAE					
Copilia mirabilis	X	X	X	X	X
Copilia vitrea	X				
Sapphirina angusta					X
Sapphirina gema					X

Sapphirina intestinata					X
Sapphirina nigromaculata	X	X	X	X	X
Sapphirina opalina	X	X	X	X	X
Sapphirina stellata					X
CORYCAEIDAE					
Corycaeus clausi	X	X	X	X	X
Corycaeus crassusculus	X	X	X	X	X
Corycaeus dubius		X			
Corycaeus giesbrechti	X	X	X		
Corycaeus latus	X	X	X	X	
Corycaeus ovalis					X
Corycaeus speciosus	X	X			X
Farranula rostrata		X	X		
Sudorden HARPATICOIDA					
ECTINOSOMIDAE					
Microstella rosea			X		
N° de especies	**42**	**47**	**53**	**57**	**65**

Estación 1:

Un total de 1,655 organismos fueron analizados, identificándose un total de 42 especies entre los dos tamaños de poros de malla (Tabla 1). De las cuales 27 especies estuvieron presentes en la red de 600µ y 36 especies estuvieron presentes en la red de 335 µ. Con la red de 600 las nueve especies más abundantes fueron: *Calanus australis* con 38.08 %, *Eucalanus crassus* 20.14%, *Labidocera acuta* 7.99%, *Candacia curta* 4.40%, *Scolecithrix danae* 4.40 %, *Paraeuchaeta antartica* 3.70%, *Rhincalanus nasutus* 3.01%, *Sapphirina nigromaculata* 2.89%, *Centropages velificatus* 2.55% (Fig. 2)

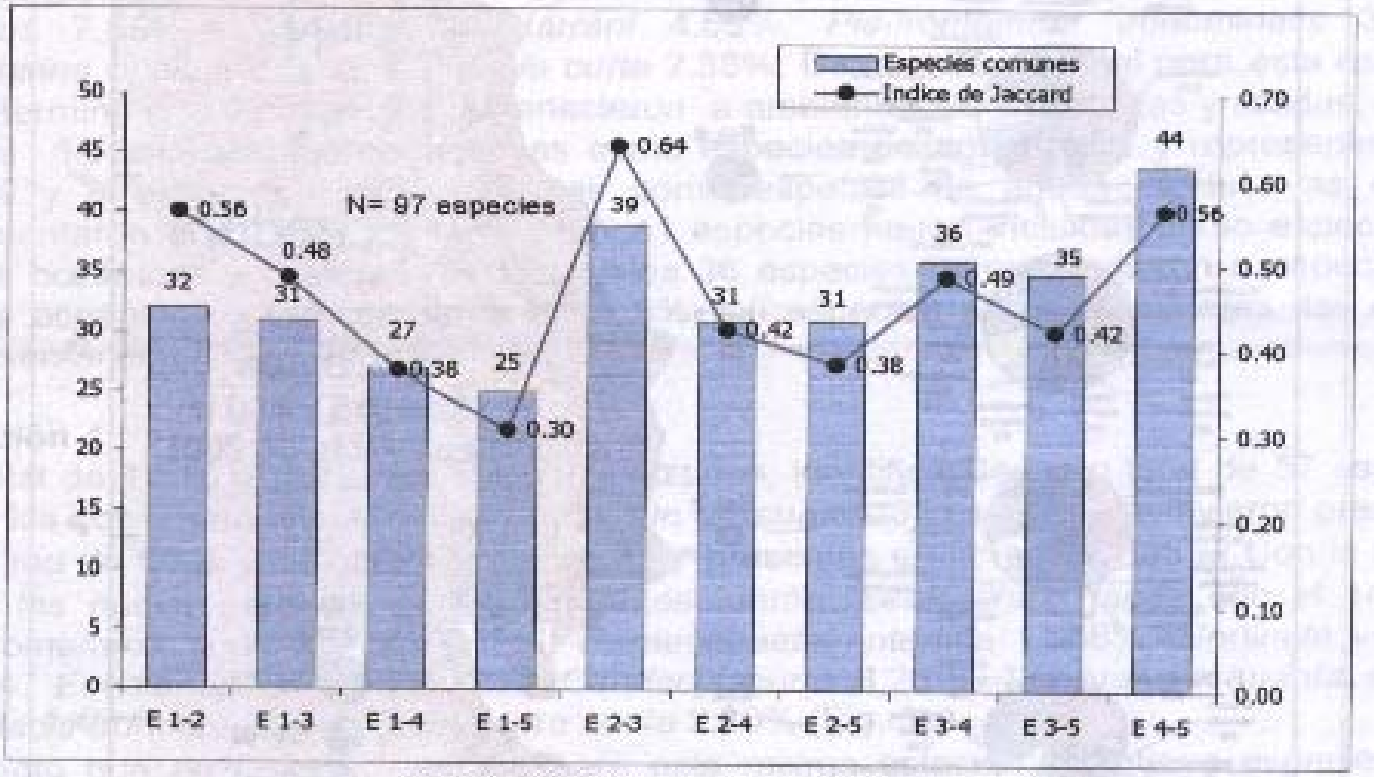


Figura 2. Afinidad de especies de copépodos por estación.

En tanto que en la red de 335 µ para esta misma estación, las nueve especies más abundantes estuvieron representada por *Centropages velificatus* con el 12.90 %, *Oncaea conifera* 12.14%, *Corycaeus clausi* 10.11%, *Oncaea venusta* 7.84%, *Corycaeus latus* 7.59%, *Calanus australis* 4.42%, *Eucalanus crassus* 3.92%, *Candacia curta* 3.79%, *Labidocera acuta* 3.79%. De manera general para esta estación se determinó que 19 especies pertenecieron a ambientes de aguas frías y cálidas, de las cuales 14 especies fueron incluidas como especies de aguas frías y representaron el 73.7% y 5 especies fueron incluidas como especies de aguas cálidas, las cuales representaron el 26.3%. En tanto que 32 especies fueron incluidas como especies de aguas oceánicas y costeras, de las cuales 26 especies correspondieron a especies de aguas oceánicas y representaron el 81.3% y 6 especies a aguas costeras, las cuales representaron el 17.6% (Fig. 2).

Estación 2:

Un total de 1,015 organismos fueron analizados, identificándose un total de 47 especies entre los dos tamaños de poro de malla (Tabla 1). De las cuales 20 especies estuvieron presentes en la red de 600 µ y 45 especies estuvieron presentes en la red de 335 µ. Con la red de 600 µ las nueve especies más abundantes fueron: *Eucalanus crassus* con el 18.05%, *Candacia curta* 15.98%, *Rhincalanus nasutus* 15.09%, *Rhincalanus gigas* 9.47%, *Scolecithrix danae* 9.47%, *Eucalanus attenuatus* 7.99%, *Copilia mirabilis* 5.92%, *Sapphirina nigromaculata* 4.44%, *Temora discaudata* 3.55% (Fig. 3).

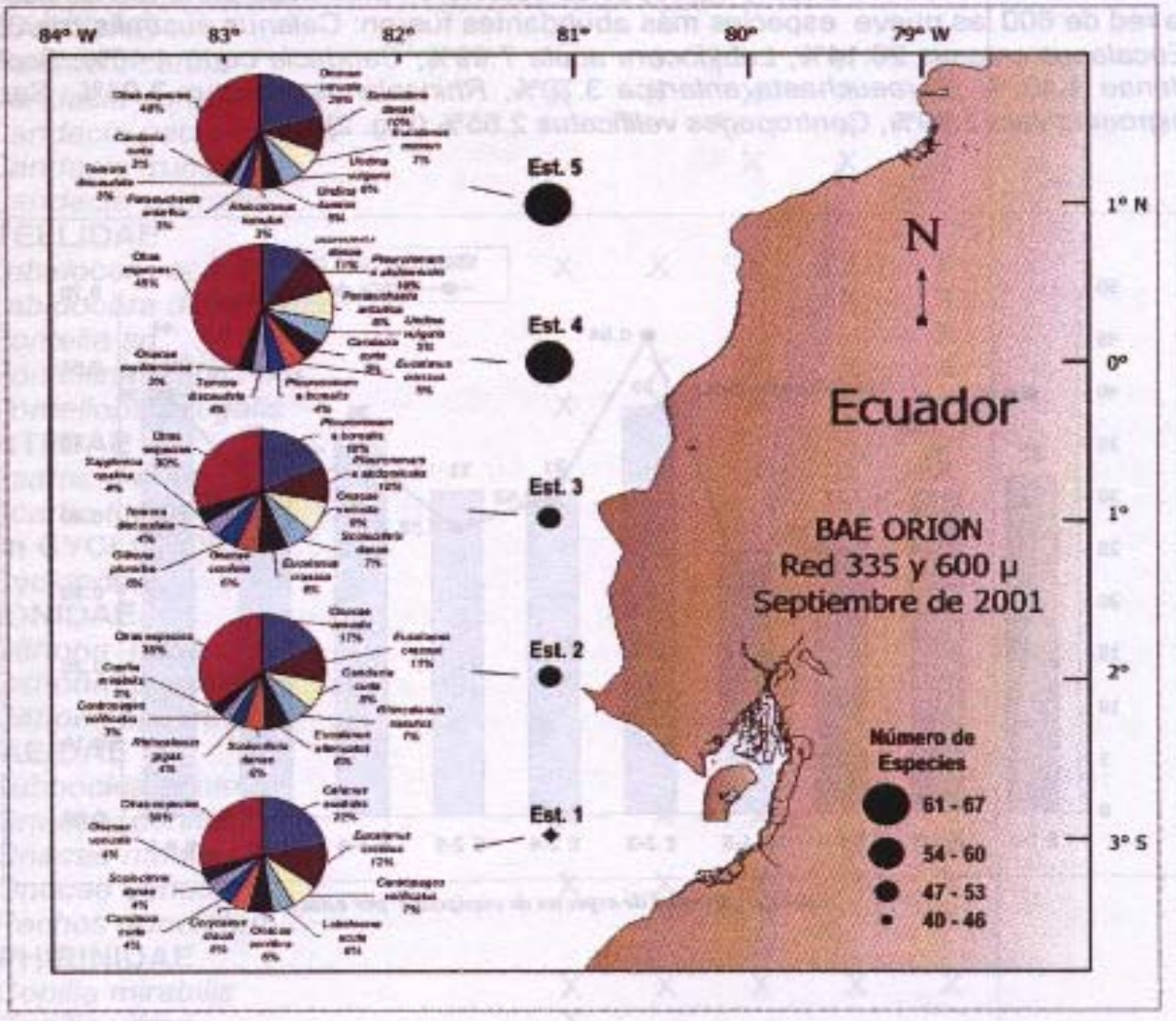


Figura 3. Composición Total de las 9 especies más abundantes en las redes con poro de malla de 600µ y 335µ y por estación.

En tanto que en la red de 335 µ para esta misma estación, las nueve especies más abundantes estuvieron representadas por *Oncaea venusta* con el 25.70 %, *Eucalanus crassus* 7.24%, *Eucalanus attenuatus* 5.17%, *Centropages velificatus* 4.58%, *Candacia curta* 4.28%, *Oncaea conifera* 4.28%, *Scolecithrix danae* 3.69%, *Temora stylifera* 3.69%, *Clausocalanus farrani* 3.40%. De manera general para esta estación se determinó que 22 especies pertenecieron a ambientes de aguas frías y cálidas, de las cuales 16 especies fueron incluidas como especies de aguas frías y representaron el 72.7% y 6 especies fueron incluidas como especies de aguas cálidas, las cuales representaron el 27.3%. En tanto que 34 especies fueron incluidas como especies de aguas oceánicas y costeras, de las cuales 28 especies correspondieron a especies de aguas oceánicas y representaron el 82.4% y 6 especies a aguas costeras, las cuales representaron el 17.6% (Fig. 3).

Estación 3:

Un total de 1,561 organismos fueron analizados, identificándose un total de 53 especies entre los dos tamaños de poro de malla (Tabla 1). De las cuales 27 especies estuvieron presentes en la red de 600µ y 46 especies estuvieron presentes en la red de 335 µ. Con la red de 600µ las nueve especies más abundantes fueron: *Pleuromamma abdominalis* con el 20.03%, *Pleuromamma borealis* 16.84%, *Scolecithrix danae* 14.81%, *Temora discaudata* 8.92%, *Sapphirina opalina* 6.23%, *Copilia mirabilis* 5.22%, *Eucalanus crassus* 4.38%, *Paraeuchaeta antartica* 3.87%, *Candacia curta* 3.20% (Fig. 3).

En tanto que en la red de 335µ para esta misma estación, las nueve especies más abundantes estuvieron representadas por *Pleuromamma borealis* con el 19.34 %, *Oncaea venusta* 14.17%, *Oncaea conifera* 9.51%, *Oithona plumifera* 9.41%, *Eucalanus crassus* 7.55%, *Clausocalanus farrani* 4.65%, *Pleuromamma abdominalis* 3.10%, *Sapphirina opalina* 2.59%, *Candacia curta* 2.38%. De manera general para esta estación se determinó que 22 especies pertenecieron a ambientes de aguas frías y cálidas, de las cuales 16 especies fueron incluidas como especies de aguas frías y representaron el 72.7% y 6 especies fueron incluidas como especies de aguas cálidas, las cuales representaron el 27.3%. En tanto que 41 especies fueron incluidas como especies de aguas oceánicas y costeras, de las cuales 36 especies correspondieron a especies de aguas oceánicas y representaron el 87.8% y 5 especies a aguas costeras, las cuales representando el 12.2% (Fig. 3).

Estación 4:

Un total de 1,510 organismos fueron analizados, identificándose un total de 57 especies entre los dos tamaños de poro de malla. De las cuales 33 especies estuvieron presentes en la red de 600µ y 51 especies estuvieron presentes en la red de 335 µ. Con la red de 600µ las nueve especies más abundantes fueron: *Scolecithrix danae* con el 14.38%, *Pleuromamma abdominalis* 13.18%, *Paraeuchaeta antartica* 11.58%, *Undinula vulgaris* 8.52%, *Eucalanus crassus* 8.39%, *Candacia curta* 8.26%, *Temora discaudata* 4.26%, *Candacia truncata* 3.33%, *Labidocera acuta* 2.80% (Fig. 3).

En tanto que en la red de 335µ para esta misma estación las nueve especies más abundante estuvieron representadas por *Pleuromamma abdominalis* con el 6.98%, *Oncaea mediterranea* 6.59%, *Oncaea venusta* 6.59%, *Scolecithrix danae* 6.32%, *Centropages velificatus* 5.67%, *Pleuromamma borealis* 5.67%, *Paraeuchaeta antartica* 5.14%, *Canthocalanus pauper* 4.61%, *Temora discaudata* 3.69%. De manera general para esta estación se determinó que 25 especies pertenecieron a ambientes de aguas frías y cálidas, de las cuales 14 especies fueron incluidas como especies de aguas frías y representaron el 56% y 11 especies fueron incluidas como especies de aguas cálidas, las

cuales representaron el 44%. En tanto que 43 especies fueron incluidas como especies de aguas oceánicas y costeras, de las cuales 40 especies correspondieron a especies de aguas oceánicas y representaron el 93.% y 3 especies a aguas costeras, las cuales representaron el 7% (Fig. 3).

Estación 5:

Un total de 2,467 organismos fueron analizados, identificándose un total de 65 especies entre los dos tamaños de poro de malla (Tabla 1). De las cuales 40 especies estuvieron presentes en la red de 600µ y 61 especies estuvieron presentes en la red de 335 µ. Con la red de 600µ las nueve especies más abundantes fueron: *Scolecithrix danae* con el 17.46%, *Undinula vulgaris* 10.12%, *Eucalanus crassus* 7.68%, *Rhincalanus nasutus* 6.45%, *Undinula darwini* 5.78%, *Temora discaudata* 4.56%, *Candacia curta* 4.34%, *Copilia mirabilis* 4.34%, *Candacia truncata* 4.12% (Fig. 3).

En tanto que en la red de 335 µ para esta misma estación, las nueve especies más abundantes estuvieron representadas por *Oncaea venusta* con el 32.21%, *Eucalanus crassus* 6.76%, *Scolecithrix danae* 6.12%, *Undinula darwini* 4.40%, *Undinula vulgaris* 4.15%, *Acrocalanus longicornis* 3.76%, *Canthocalanus pauper* 2.49%, *Lucicutia flavicornis* 2.49%, *Paracalanus aculeatus* 2.23%. De manera general para esta estación s determinó que 28 especies pertenecieron a ambientes de aguas frias y cálidas, de las cuales 13 especies fueron incluidas como especies de aguas frías y representaron el 46.4% y 15 especies fueron incluidas como especies de aguas cálidas, las cuales representaron el 53.6%. En tanto que 47 especies fueron incluidas como especies de aguas oceánicas y costeras, de las cuales 44 especies correspondieron a especies de aguas oceánicas y representaron el 93.6% y 3 especies a aguas costeras, las cuales representaron el 6.4% (Fig. 3).

Para separar las especies de copépodos que caracterizan las aguas frias y cálidas identificadas en este trabajo, se tomó en consideración las publicaciones de Arcos (1978); Santander, Luyo, Carrasco, Véliz y de Castillo (1981); Björnberg (1981); Arcos y Fleminger (1986); Carrasco y Santander (1987); Mazzocchi, Zagami, Ianora, Guglielmo, Crescenti y Hure (1995) y Palomares, Suárez y Hernández, 1998 Con los cuales se elaboró la Tabla 2. Es importante mencionar que no se encontró suficiente información bibliográfica para todas las especies identificadas, solamente un grupo de 41 especies de copépodos pudieron ser incluidas en estas dos categorías. Así, se determinó que 26 especies correspondieron a los ambientes de aguas frías representando el 63%. En tanto que las 15 especies de copépodos restantes correspondieron a ambientes de aguas cálidas representando un 37%. Para discriminar a las especies de copépodos identificadas en este trabajo como características de aguas oceánicas y costeras se tomó en consideración las publicaciones de Grice (1961); Arcos (1978); Santander *et al.* (1981); Björnberg (1981); Carrasco y Santander (1987); Dessier y Donguy (1987). Con los cuales se elaboró la Tabla 3.En este caso un mayor número de especies pudo agruparse en estas dos categorías con un total de 68 especies, de las cuales 60 especies fueron incluidas como especies de aguas oceánicas, representando el 88%. En tanto que las 8 especies restantes fueron incluidas como especies de aguas costeras representando el 12%.

Los valores de presencia y ausencia de especies en cada una de las estaciones permitieron obtener el Índices de Similaridad de Jaccard (1928). Encontrándose que las estaciones con mayor afinidad de especies fueron las Estaciones 2-3 con un Índice de Similaridad de 0.64, en tanto que las Estaciones con menor afinidad de especies estuvieron representadas por las Estaciones 1-5 con un Índice de Similaridad de 0.30 (Fig. 2). Con relación a las especies características para aguas peruanas y chilenas en condiciones consideradas como "normales", se obtuvo que de las 61 especies comunes para dichas aguas, el 52% de estas especies estuvo presente en nuestra área de estudio.

Tabla 2. Especies características de aguas frías y cálidas según: Santander, Luyo, Carrasco, Véliz y de Castillo (1981); Björnberg (1981); Arcos y Fleminger (1986); Carrasco y Santander (1987); Mazzocchi, Zagami, Ianora, Guglielmo, Crescenti y Hure (1995); Palomares, Suárez y Hernández (1998) y Bonilla, 2002.

ESPECIES	Aguas Frías	Aguas Cálidas
Suborden CALANOIDA		
Familia CALANIDAE		
Calanus australis	Arcos (1978); Santander *et al.* (1981), Björnberg. (1981)	
Undina darwinii		Björnberg. (1981)
Undina vulgaris		Björnberg. (1981), Arcos y Fleminger (1986)
Familia EUCALANIDAE		
Eucalanus inermis	Santander *et al* (1981); Arcos y Fleminger (1986)	
Rhincalanus cornutus		Björnberg. (1981)
Rhincalanus gigas	Björnberg. (1981)	
Rhincalanus nasutus	Björnberg. (1981), Santander *et al* (1981); Arcos y Fleminger (1986)	
FamiliaPARACALANIDAE		
Acrocalanus longicornis		Björnberg. (1981)
Paracalanaus aculeatus		Björnberg. (1981)
Paracalanaus parvus	Björnberg. (1981);Carrasco *et al.*(1987)	
Familia AETIDEIDAE		
Euatideus brady	Santander *et al.* (1981); Björnberg. (1981)	
Euchirella bella		Santander *et al.*

		(1981);
Familia EUCHAETIDAE		
Paraeuchaeta antartica	Björnberg. (1981). Mazzocchi *et al.* (1995)	
Familia SCOLECITHRICIDAE		
Scaphocalanus echiniatus	Björnberg. (1981)	
Scaphocalanus magnus	Björnberg. (1981)	
Scaphocalanus subbrevicornis	Björnberg. (1981)	
Scolecitricella brady		Santander *et al.* (1981); Björnberg. (1981)
Familia TEMORIDAE		
Temora discaudata		Santander *et al.* (1981);
Temora stylifera		Santander *et al.* (1981); Björnberg. (1981)
Familia METRIDIIDAE		
Pleurommama abdominalis	Björnberg. (1981)	
Pleurommama borealis	Björnberg. (1981)	
Pleurommama gracilis	Santander *et al.* (1981); Björnberg. (1981)	
Familia CENTROPAGIDAE		
Centropages velificatus		Björnberg. (1981)
Familia LUCICUTIIDAE		
Lucicutia flavicornis	Björnberg. (1981)	
Familia AUGAPTILIDAE		
Haloptilus austini	Björnberg. (1981)	
Haloptilus spiniceps	Björnberg. (1981)	
Familia CANDACIIDAE		
Candacia catula		Palomares *et al.* (1998)
Candacia curta	Björnberg. (1981)	
Candacia pachydactyla		Björnberg. (1981)
Familia ACARTIIDAE		
Acartia danae	Björnberg.(1981); Bonilla (2002)	
Acartia tonsa	Santander *et al.* (1981); Björnberg. (1981); Carrasco *et al.*(1987)	
Suborden CYCLOPOIDA		
Familia OITHONIDAE		
Oithona plumifea	Santander *et al.* (1981); Carrasco *et al.* (1987)	

Familia ONCAEIDAE		
Onacae conifera	Björnberg. (1981)	
Onacae mediterranea	Björnberg. (1981)	
Familia SAPPHIRINIDAE		
Copilia mirabilis		Björnberg. (1981)
Sapphirina angusta	Björnberg. (1981)	
Sapphirina intestinata		Palomares *et al.* (1998)
Sapphirina nigromaculata	Björnberg. (1981)	
Familia CORYCAEIDAE		
Corycaeus dubius	Björnberg. (1981)	
Corycaeus giesbrechti	Björnberg. (1981)	
Corycaeus speciosus		Björnberg. (1981)
	26	15

Tabla 3. Especies características de aguas costeras y oceánicas según: Arcos (1978) Santander *et al.* (1981); Björnberg (1981); Arcos y Fleminger (1986); Dessier y Donguy (1987); Carrasco *et al* (1987).

ESPECIES	Aguas Oceánicas.	Aguas Costeras.
Familia CALANIDAE		
Calanus australis		**Santander *et al.* (1981), Björnberg. (1981)**
Canthocalanus pauper	**Grice (1961); Arcos (1978)**	
Nanocalanus minor	**Grice (1961)**	
Undina darwinii	**Grice (1961)**	
Undina vulgaris	**Grice (1961)**	
Familia EUCALANIDAE		
Eucalanus attenuatus	**Grice (1961)**	
Eucalanus crassus	**Björnberg (1981)**	
Eucalanus monachus	**Björnberg (1981)**	
Eucalanus inermis		**Santander *et al.* (1981)**
Eucalanus subtenuis	**Grice (1961)**	
Rhincalanus cornutus	**Grice (1961); Björnberg (1981)**	
Rhincalanus nasutus	**Grice (1961),; Björnberg (1981)**	
Familia PARACALANIDAE		
Acrocalanus andersoni	**Grice (1961)**	
Acrocalanus longicornis	**Grice (1961), Arcos (1978), Björnberg (1981)**	
Acrocalanus monachus	**Grice (1961)**	

Paracalanaus aculeatus	Grice (1961), Arcos (1978), Björnberg (1981)	
Paracalanaus parvus		Björnberg (1981); Carrasco *et al.* (1987)
Familia CALOCALANIDAE		
Calocalanus pavus	Arcos (1978)	
Familia PSEUDOCALANIDAE		
Clausocalanus arcuicornis	Grice (1961), Arcos (1978), Santander *et al.* (1981)	
Familia AETIDEIDAE		
Euatideus brady	Grice (1961), Santander *et al.* (1981)	
Euchirella bella	Grice (1961), Santander *et al.* (1981)	
Euchirella pulchra	Grice (1961)	
Euchirella venusta	Grice (1961)	
Familia EUCHAETIDAE		
Euchaeta longicornis	Grice (1961)	
Euchaeta wolfendeni	Grice (1961)	
Familia PHAENNIDAE		
Phaena spinifera	Grice (1961)	
Familia SCOLECITHRICIDAE		
Scaphocalanus echiniatus	Grice (1961)	
Scolecitricella abysalis	Grice (1961)	
Scolecitricella brady	Grice (1961), Björnberg (1981)	
Scolecitricella tropica	Grice (1961)	
Scolecithrix danae	Grice (1961), Santander *et al.* (1981)	
Familia TEMORIDAE		
Temora discaudata	Arcos (1978)	
Temora stylifera		Björnberg (1981)
Familia METRIDIIDAE		
Pleurommama abdominalis	Grice (1961)	
Pleurommama borealis	Grice (1961), Björnberg (1981)	
Pleurommama gracilis	Grice (1961)	
Familia CENTROPAGIDAE		
Centropages elongatus	Grice (1961)	
Familia LUCICUTIIDAE		
Lucicutia flavicornis	Grice (1961)	
Familia HETERORHABDIDAE		
Heterorhabdus papiliger	Grice (1961), Björnberg	

	(1981)	
Familia AUGAPTILIDAE		
Augaptilus longicaudatus	Grice (1961)	
Eugaptilus hecticus	Grice (1961)	
Haloptilus acutifrons	Grice (1961)	
Haloptilus austini	Björnberg (1981)	
Haloptilus fertilis	Grice (1961)	
Haloptilus longicornis	Grice (1961), Björnberg (1981)	
Haloptilus spiniceps	Grice (1961)	
Familia CANDACIIDAE		
Candacia catula	Grice (1961)	
Candacia curta	Grice (1961)	
Candacia pachydactyla	Grice (1961)	
Candacia truncata	Grice (1961)	
Candacia varicans	Grice (1961)	
Familia PONTELLIDAE		
Labidocera acuta		Dessier y Donguy (1987)
Labidocera detruncata	Grice (1961)	
Pontellina platychela	Björnberg (1981)	
Pontellopsis regalis	Björnberg (1981)	
Familia ACARTIIDAE		
Acartia danae	Grice (1961)	
Acartia tonsa		Björnberg (1981)
Familia OITHONIDAE		
Oithona nana		Björnberg (1981)
Oithona plumifea	Arcos (1978)	
Familia ONCAEIDAE		
Lubbockia aculeta	Björnberg (1981)	
Onacae venusta	Arcos (1978)	
Pachos punctatun	Björnberg (1981)	
Familia SAPPHIRINIDAE		
Sapphirina nigromaculata	Björnberg (1981)	
Familia CORYCAEIDAE		
Corycaeus giesbrechti		Björnberg (1981)
Corycaeus latus	Björnberg (1981)	
Corycaeus ovalis	Björnberg (1981)	
Corycaeus speciosus	Björnberg (1981)	
Sudorden HARPATICOIDA		
Microstella rosea	Björnberg (1981)	

DISCUSIÓN

Aunque se realizaron algunas predicciones indicando un evento cálido El Niño de débil ha moderado, para finales del 2001 y comienzos del 2002 (NOAA. Agosto, 2001), anomalías negativas continuaron presentándose en el Pacífico oriental, especialmente frente América del Sur en el área definida entre las Islas Galápagos y el Ecuador continental conocida como El Niño 1+2.

Los resultados de este estudio mostraron que durante septiembre de 2001, el área de estudio estuvo influenciada por el Frente Ecuatorial, caracterizado por fuertes gradientes termohalinos, el mismo que estuvo asociado al sur por las aguas frias de la Corriente de Humboldt, alcanzando su influencia hasta la parte norte de Manabí, mientras que al norte se registró la influencia de aguas más cálidas.
Las estaciones mayormente influencias por aguas frias, que presentaron anomalias negativas fueron las estaciones 1-2-3 ubicadas en la parte sur con rangos de temperatura superficial del mar entre 21° C y 23 °C con salinidades de 33.5 a 35 UPS. En dichas estaciones se observo una termoclina bien superficial, encontrándose temperaturas de 15°C a los 80 m de la profundidad, cuando en condiciones normales esta temperatura se encuentra generalmente a los 150 m de profundidad. De la cuadra (1999). Coincidentemente las especies identificadas en esta área, predominaron principalmente especies registradas como caracteristicas de aguas frias. Entre las especies que se presentaron en estas Estaciones y que tienen especial significación como indicadoras de aguas frias se encuentra: ***Calanus australis*** considerada como una especie muy abundante en aguas frias frente a la costas de Perú y Chile (Santander *et al.* 1981). Esta especie es también considerada como muy abundante en aguas subantárticas argentinas (Björnberg, 1981), en su registro en aguas ecuatorianas se la considera como una especie fuertemente influenciada por el flujo de la Corriente de Humboldt (Arcos y Fleminger, 1986).

También ***Eucalanus inermis***, fue una especie que se la encontró ampliamente distribuida en todas las estaciones en septiembre de 2001, incluyendo las estaciones del norte. Santander *et al.* (1981) menciona a ***Eucalanus inermis***, como una especie muy abundante en aguas costeras del Perú, encontrada generalmente a partir de los 5° a 13°S, área que esta fuertemente asociada a los afloramientos costeros. Arcos y Fleminger, (1986) también han indicado que esta especie se encuentra fuertemente influenciada por aguas frias de la Corriente de Humboldt y fue la especie filtradora más abundantes en los cruceros del EASTROPAC realizados en Agosto-Septiembre de 1967 y Febrero-Abril de 1968.

La especie ***Paracalanus parvus*** Santander *et al.* (1981) la señala como una especie de aguas frias. ***Acartia tonsa***, es considerada como una especie cosmopolita (Santander *et al.*, 1981). Sin embargo esta es más comúnmente encontrada en aguas costera frías o estuarinas Björnberg (1981). En este estudio esta especie fue registrada solamente en la Estación 1, ubicada al sur, en la cual se acentúa aún más la influencia de la Corriente de Humboldt al sur de aguas ecuatorianas. ***Oithona plumifera***, también es otra especie que se encuentra asociada a aguas frias (Carrasco *et al*, 1987), en este estudio esta especie estuvo presente solamente en estas estaciones. Otra especie muy característica de aguas frias de la plataforma continental en argentina es ***Oncaea confiera*** (Björnberg, 1981), esta especie se presentó abundante para las Estaciones 1-2 y 3

Corycaeus giesbrechti es el copépodo más numeroso en aguas de la plataforma continental del Atlántico, generalmente encontrado en salinidades de 30 a 35 UPS con temperaturas mayores a 15°C (Björnberg, 1981). En nuestro estudio fue encontrado desde de la Estación 1 hasta la Estación 3, donde se observó que el porcentaje de abundancia de esta especie disminuia hacia el norte.

Con respecto a la región norte, que corresponde a las Estaciones 4 y 5, si bien estas estaciones estuvieron influenciadas por aguas relativamente cálidas, los rangos de temperatura superficial no fueron altos y fluctuaron entre 24°C y 25°C.
Dentro de las especies que estuvieron exclusivamente presentes en las Estaciones 4 - 5, al norte del Ecuador continental y que son consideradas por algunos autores como especies características de aguas cálidas encontramos a: ***Undinula darwini***, y ***Undinula vulgaris*** ambas especies pueden constituir buenos indicadores de aguas cálidas (Björnberg, 1981). Arcos y Fleminger (1986) reportan a ***Undinula vulgaris*** para la parte norte en aguas ecuatorianas durante septiembre, de 1967, similar comportamiento fue mostrado durante septiembre de 2001, ya que esta fué encontrada a partir de la Estación 3 pero realmente alcanza su máximo de abundancia en la estación cinco donde las temperaturas son un poco más cálidas.
Rhincalanus cornutus, considerada como una especie de aguas cálidas (Björnberg, 1981); fué reportada como abundante durante el evento El Niño 1982-1983 (Dessier y Donguy, 1987), en nuestra área de estudio fue reportada únicamente para la estación cinco. ***Acrocalanus longicornis*** estuvo presente en este estudio, solamente en las Estaciones 4-5 al norte, esta especie es considerada también como una especie característica de aguas cálidas oceánicas y neriticas (Björnberg, 1981). También ***Euchirella bella*** es considerada como una especie típica indicadora de aguas cálidas (Santander *et al.*, 1981). En este trabajo esta especie fue encontrada a partir de la Estación 4 hasta la Estación 5 debido seguramente a las condiciones oceanográficas presentes en dicha área. ***Scolecithricella bradyi*** es también una especie característica de aguas cálidas subsuperficiales en las regiones tropicales y subtropicales, siendo también muy abundante y frecuente en aguas oceánicas (Björnberg, 1981). Esta especie en este estudio se reportó únicamente en las Estaciones 4 y 5 aumentando en abundancia relativa en la Estación 5.

Candacia catula, especie muy abundante en aguas cálidas en el Pacífico mexicano (Palomares *et al,* 1998*)* en nuestra área de estudio estuvo exclusivamente presente en las últimas estaciones al norte. ***Candacia pachydactyla***, es frecuentemente citada como abundante en aguas cálidas (Björnberg, 1981); esta especie mostró un comportamiento similar a ***Candacia catula*** en cuanto a distribución ya que fue reportada únicamente para las dos últimas estaciones. ***Sapphirina intestinata*** también abundante en aguas cálidas del Pacífico mexicano (Palomares *et al,* 1998) fue encontrada exclusivamente en la Estación 5 ubicada al norte de Ecuador.

Por otra parte en base a la abundancia relativa, se pudo determinar de manera general que las diez especies más abundantes en toda el área de estudio fueron: *Oncaea venusta* (Lam. V; Fig.10), *Eucalanus crassus*, (Lam. II; Fig.3), *Scolecithrix danae* (Lam. III; Fig.5), *Calanus australis* (Lam. I; Fig. 1), *Pleuromamma borealis* (Lam. IV; Fig.7), *Candacia curta* (Lam. V; Fig. 9), *Pleuromamma abdominalis* (Lam. III; Fig.6), *Paraeuchaeta antartica* (Lam. II; Fig.4), *Centropages velificatus* (Lam. IV; Fig. 8) y *Unidinula vulgaris* (Lam. I; Fig.2), Siendo ***Oncaea venusta***, la especie más abundante, encontrándose presente en todas las estaciones y alcanzando su mayor porcentaje de abundancia en la Estación 5.

En cuanto a afinidad de especies por estación, los resultados mostraron que las estaciones que presentaron mayor afinidad de especies fueron las Estaciones 2 y 3 con un Índice de Afinidad de 0.64. Estas estaciones se encuentran geográficamente próximas entre si y ambas estuvieron fuertemente influenciadas por aguas frias de la Corriente de Humboldt como se menciono anteriormente, por tanto ambas comparten caracteristicas oceanográficas semejantes, como consecuencia es de suponerse que dichas estaciones compartan un mayor número de especies comunes entre sí. En contraste con esto las estaciones que presentaron menor afinidad de especies fueron la Estaciones 1 y 5 con un Índice de Afinidad de apenas 0.30, lo cual es de esperarse ya que ambas estaciones se encuentran geográfica y oceanográficamente separadas una de la otra. La Estación 1 en él limite sur estuvo asociada a las temperaturas más bajas del frente, en tanto que la Estación 5 ubicada en él limite norte del área de estudio, presentó las temperaturas más altas del frente

En cuanto a la composición ecológica de estas especies de manera general se podria indicar que existió una marcada predominancia de especies de aguas frías y oceánicas con relación a las especies de aguas cálidas y costeras. Debido seguramente a una fuerte influencia de aguas frías de la Corriente de Humboldt para esta época del año y posiblemente al aporte de aguas oceánicas centrales ecuatoriales hacia la costa continental del Ecuador por parte de la Subcorriente Ecuatorial como una expresión del evento frío de La Niña.

Las especies de aguas frías se encontraron en mayor porcentaje que las especies de aguas cálidas, es de mencionar que en la Estación 5 correspondiente a la última estación ubicada en el limite norte, existe un ligero aumento de apenas el 1.3% de las especies de aguas cálidas sobre las especies de aguas frias. Estas observaciones evidencian las caracteristicas biológicas que se presentan en las poblaciones de copépodos durante los eventos frios o de La Niña.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos al Director del Instituto Oceanográfico de la Armada por haberme proporcionado las muestras para poder desarrollar la presente investigación .y Dr. Roberto Jiménez por su valiosa orientación y dirección en el desarrollo de la tesis de grado previo a la obtención del título de Bióloga.

BIBLIOGRAFIA

Arcos, F., 1978. Distribución de la biomasa planctónica y copépodos en la parte interior del Golfo de Guayaquil. Rev. Com. Perm. Pacifico Sur, Vol. 9, Pp. 41-50.

Arcos, F. y A, Fleminger. 1986. Distribution of filter-feeding Calanoid Copepods in the eastern equatorial Pacific. En: CalCOFI Rep. Vol. XXVII. Pp. 170-187.

Björnberg, T., 1981. Copepoda. En E. Boltovskoy (ed.). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental. Inst. Nac. Invest. Des. Pesq., (INEDEP), Mar del Plata. Argentina, pp. 587-679.

Bonilla, M., F, Plúas., J, Camposano., 2002. Condiciones del plancton en una estación fija: Puerto el Morro-Playas Golfo de Guayaquil 2000-2002. En: Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 11. (1). pp 91-100

Carrasco, S., y H. Santander., 1987. The El Niño event and its influence on the zooplankton off Peru. Journal of Geophysical Research. Vol. 92. No C13. pp 14,405-14,410.

De la Cuadra, T., 1999. Condiciones oceanográficas y meteorológicas en el Océano Pacifico frente al Ecuador durante Junio de 1999. Instituto Nacional de Pesca. INP. Bol. Cient. Tec. Vol. XVII No 13. pp. 1-20

Dessier, A., y J, Donguy. 1987. Response to El Niño signals of the epiplanktonic copepod population in the Eastern Tropical Pacific: Journal of geophysical research. Vol. 92 (C13). pp. 14.393-14.403.

ERFEN, 2001. Evento El Niño 2001-2002 y sus perspectivas de ocurrencia. Informe Técnico No 3. Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) Comité Nacional, Ecuador. pp. 1-5.

Espinoza, J., 1996. El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente. Acta oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 8. No 1

Grice, G., 1961. Calanoid copepods from equatorial waters of The Pacific Ocean: Fishery Bulletin 186. Pubished by the U.S Fish and Wildlife Service . Vol. 61 pp 172-241.

Mazzocchi, M., G, Zagami., L, Guglielmo., A. Ianora., N. Crescenti., & J, Hure. 1995. Atlas of Marine Zooplankton Straits of Magellan Copepods. pp1-279.

NOAA, 2001., Agosto. Climate Prediction Center. National Centers for Environmental Prediction. NOAA/ National Weather Service. Camp Spring, MD.

NOAA, 2001., Octubre. Climate Prediction Center. National Centers for Environmental Prediction. NOAA/ National Weather Service. Camp Spring, MD.

Palomares, R., F, Suárez., y S, Hernadez., 1998. Catálogo de Copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico mexicano. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR - IPN) Colegio de la Frontera Sur. (ECOSUR). pp. 1-351

Santander, H., G, Luyo., S, Carrasco., M. Véliz y O, de Castillo. 1981. Catalogo de zooplancton en el Mar Peruano. Área Pisco-San Juan. Copépodos. Instituto del Mar del Perú. Boletin ISSN-0378-7699. Vol. 6. pp. 20-55.

Torres, G., M, Mero., T, Calderon., V, Franco., y E. Salazar., 2005. Relación Fitoplancton-zooplancton en el Pacífico Ecuatorial (Ecuador) durante septiembre de 2001. Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR. Vol 12. No 1. Pag

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. Vol. 9. No 1 INOCAR. 1-8

Lámina I

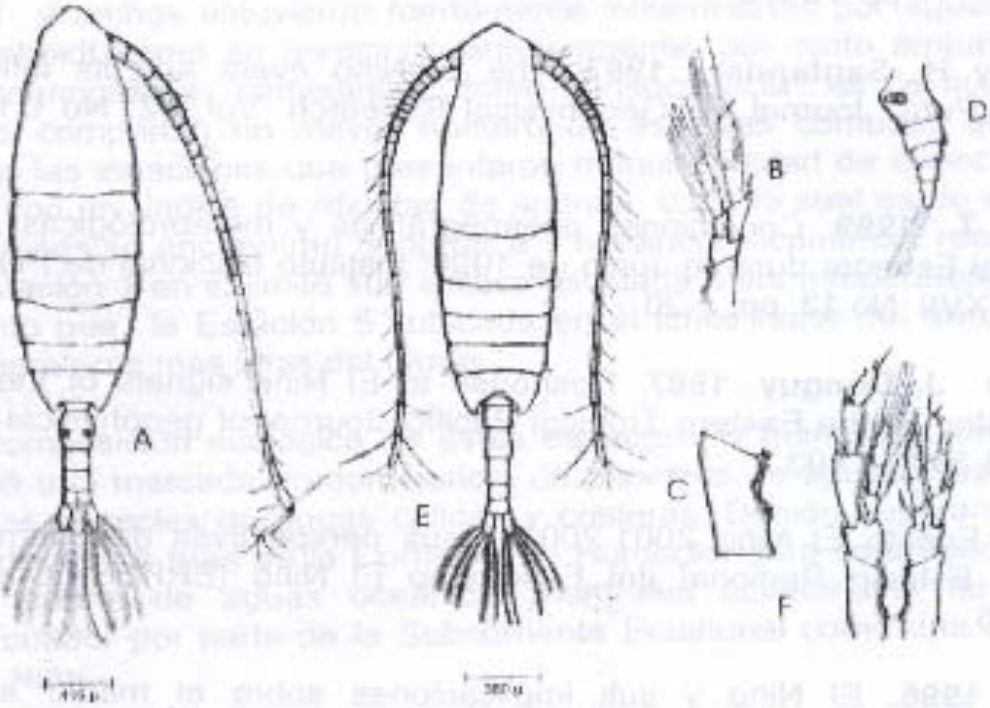


Figura 1. *Calanus australis*. Hembra: A Vista dorsal, B Quinto par de patas, C Primer basipodito de la P5, D Urosoma vista lateral. Macho: E vista dorsal, F Quinto par de patas.

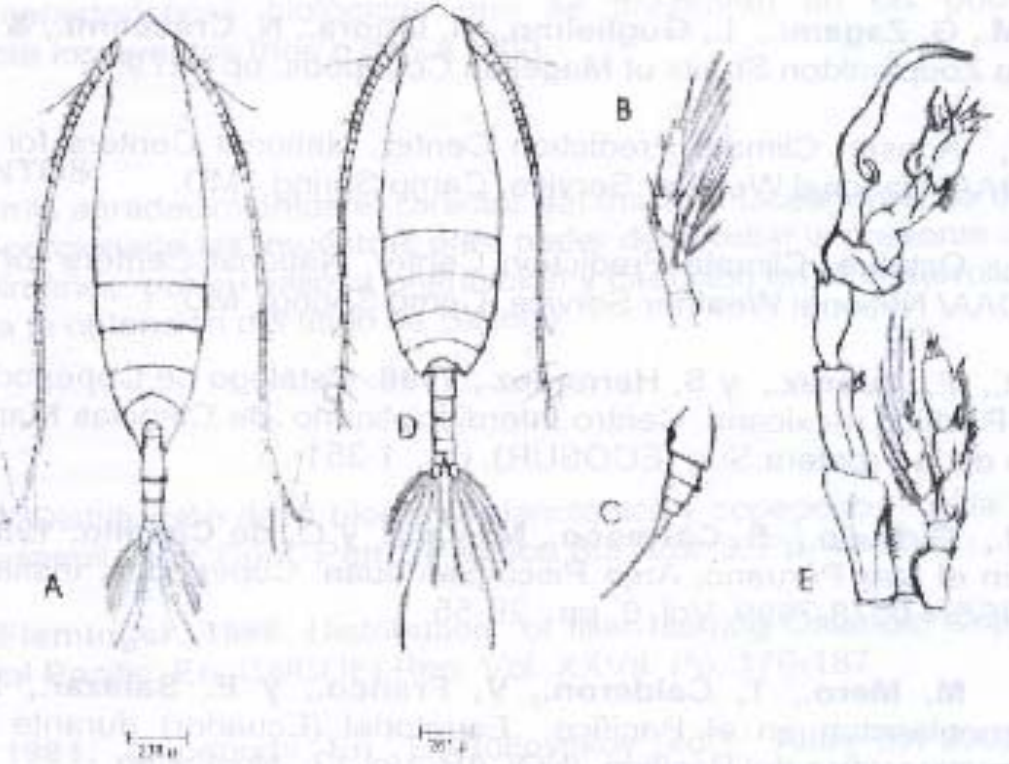


Figura 2. Undinula darwini. Hembra. A Vista dorsal. B Quinto par de patas. C Urosoma vista lateral. Macho. D vista dorsal, E Quinto par de patas

Lámina II

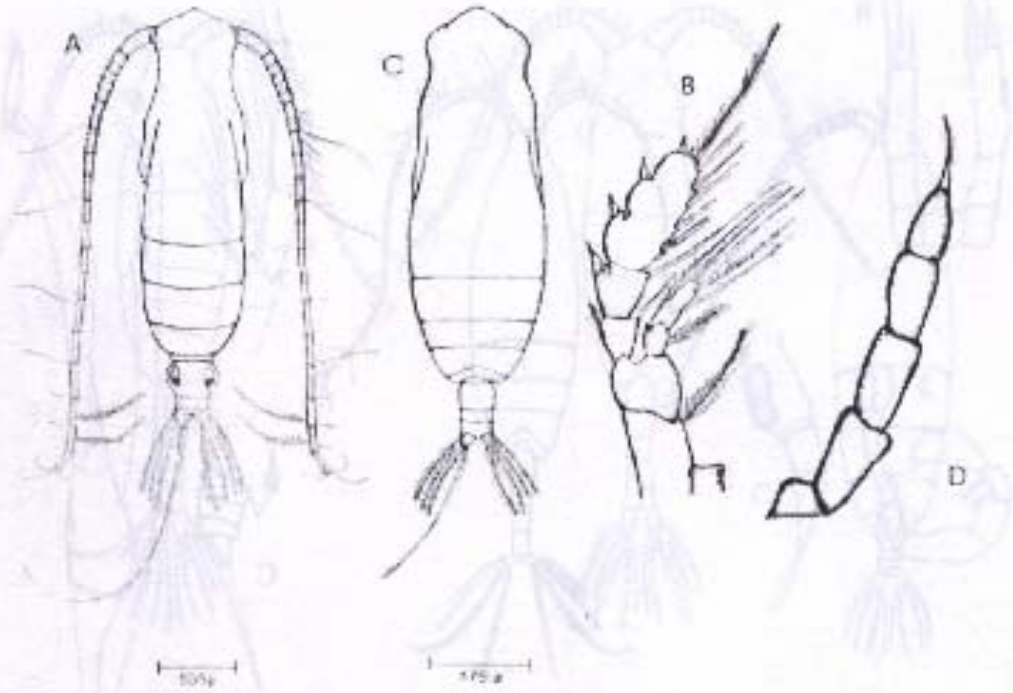


Figura 3. Eucalanus crassus. Hembra. A Vista dorsal, B Cuarto par de patas. Macho: C vista dorsal, D Quinto par de patas

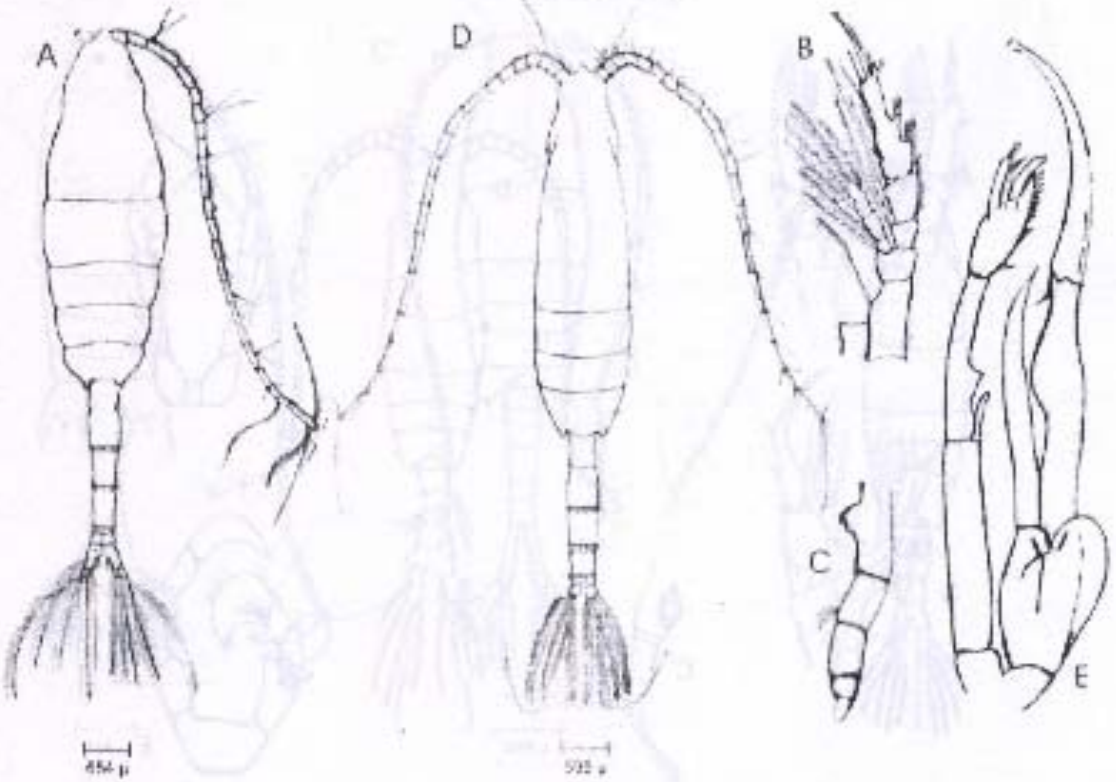


Figura 4. Paraeuchaeta antartica. Hembra. A Vista dorsal, B Cuarto par de patas, C Urosoma vista lateral. Macho: D Vista dorsal, E Quinto par de patas

Lámina III

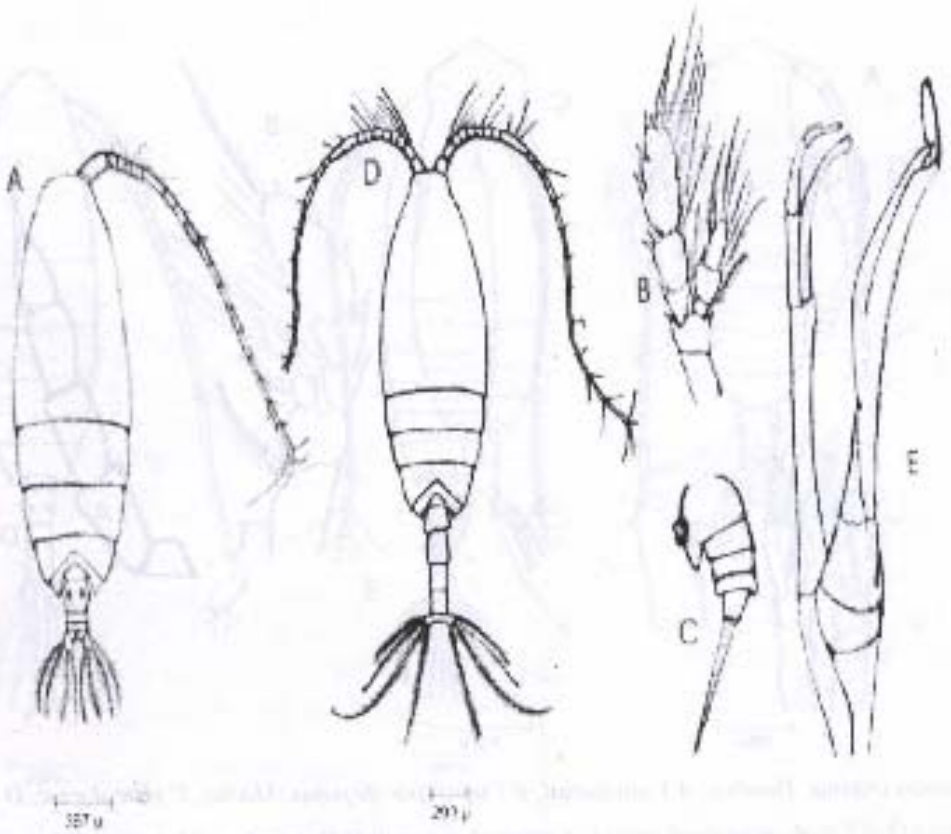


Figura 5. Scolecithrix danae. Hembra: A Vista dorsal, B cuarto par de patas, C Urosoma vista lateral. Macho: D Vista dorsal, E Quinto par de patas.

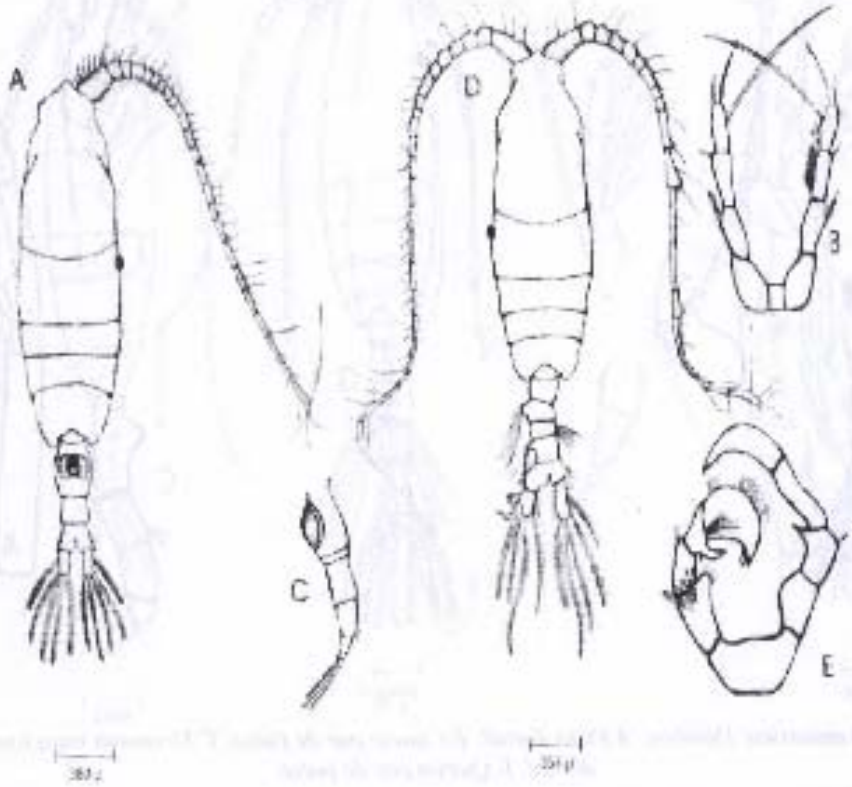


Figura 6. Pleuromamma abdominalis. Hembra: A Vista dorsal, B Quinto par de patas, C Urosoma vista lateral. Macho: D Vista dorsal, E Quinto par de patas

Lámina IV

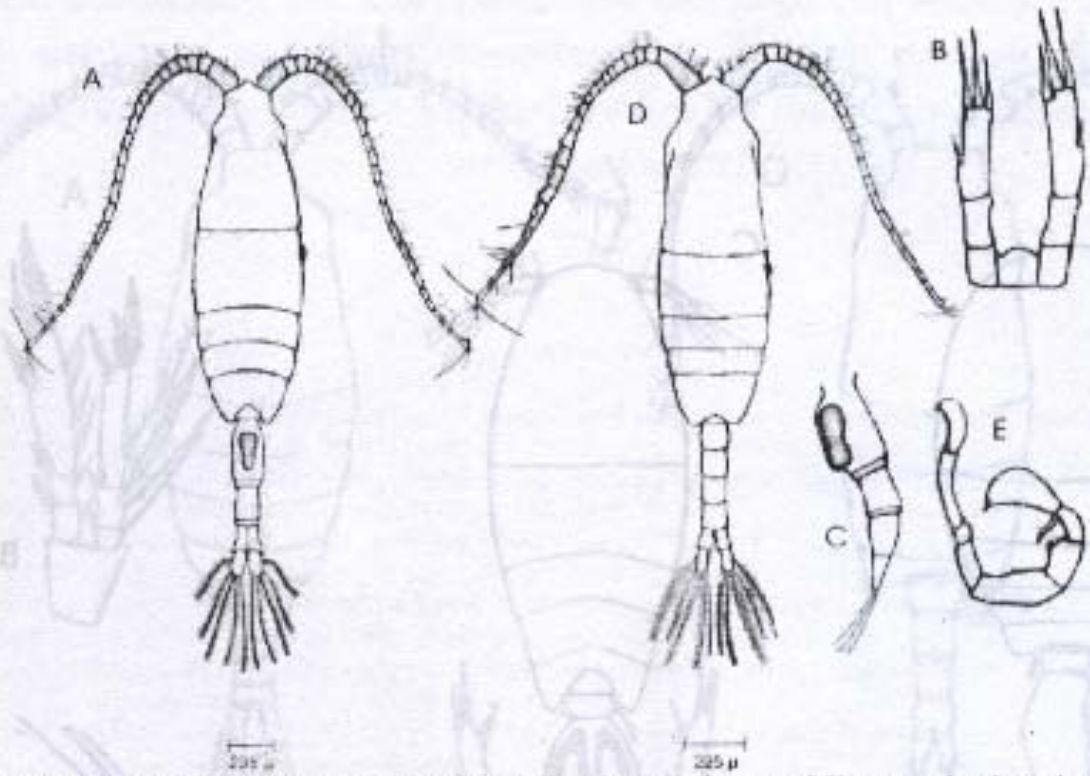


Figura 7. Pleuromamma borealis. Hembra: A Vista dorsal, B Quinto par de patas, C Urosoma vista lateral. Macho: D Vista dorsal, E Quinto par de patas.

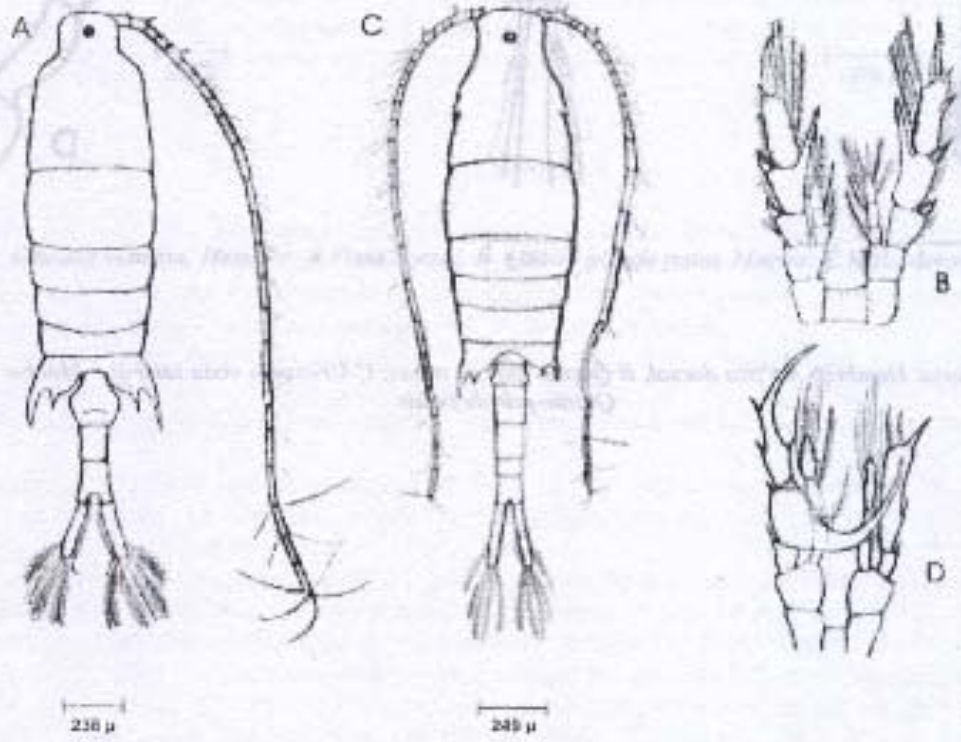


Figura 8. Centropages velificatus. Hembra: A Vista dorsal, B Quinto par de patas. Macho: C Vista dorsal, D Quinto par de patas.

Lámina V

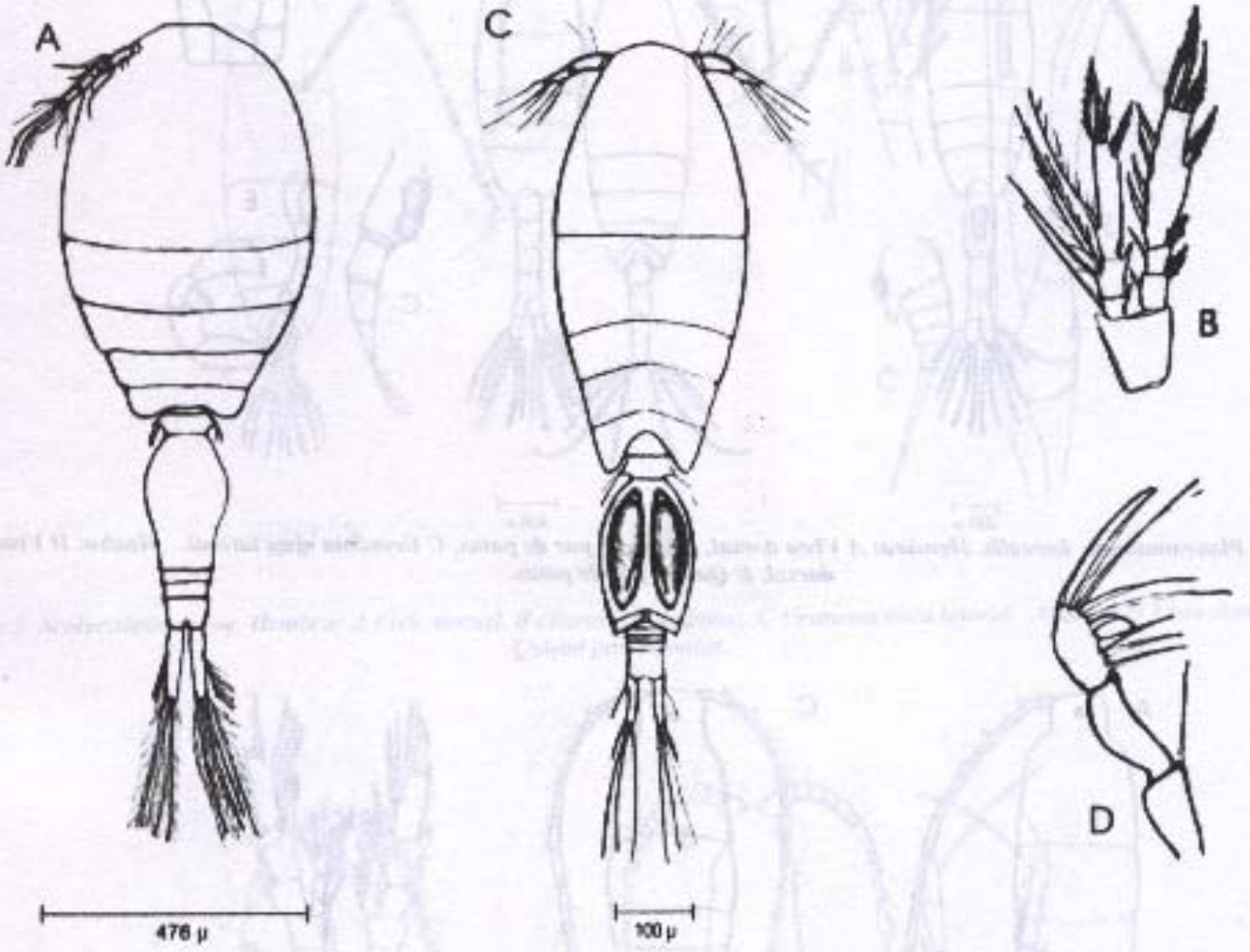


Figura 9. Candacia curta. Hembra: A Vista dorsal, B Quinto par de patas, C Urosoma vista lateral. Macho: D Vista dorsal, E Quinto par de patas.

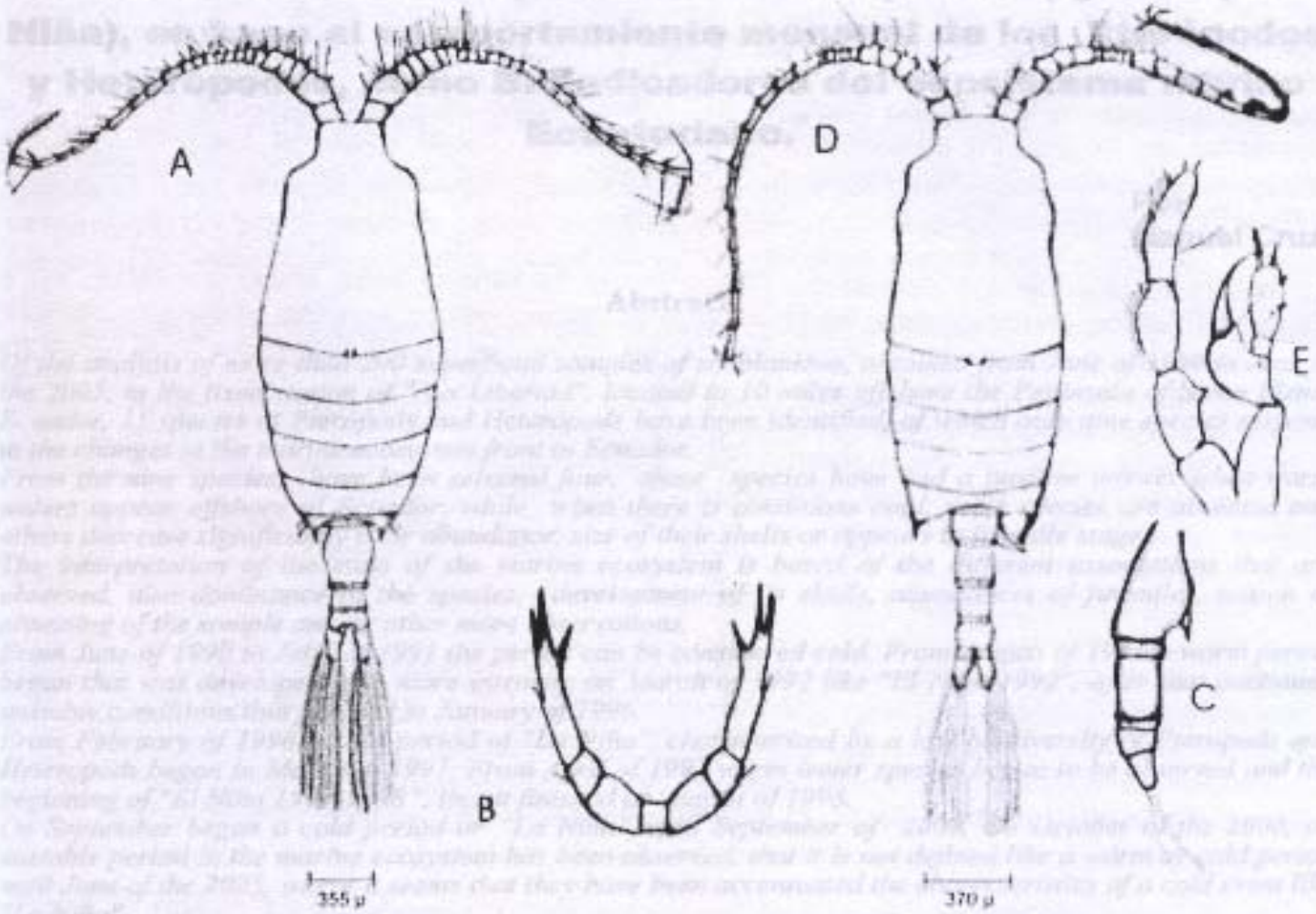


Figura 10. Oncaea venusta. Hembra: A Vista dorsal, B Quinto par de patas Macho: C Vista dorsal, D Segunda antena.

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.

Por: Manuel Cruz P.

RESUMEN

Del análisis de mas de 200 muestras superficiales de zooplankton, obtenidas desde Junio de 1990 hasta Junio del 2005, en la estación fija de "La Libertad", ubicada a 10 millas de la Península de Santa Elena, Ecuador, se han identificado 15 especies de Pterópodos y Heterópodos, de las cuales solo nueve especies responden a los cambios en el ecosistema marino frente al Ecuador.

De las nueve especies se han seleccionado a cuatro, que han tenido una respuesta positiva cuando se presentan aguas cálidas frente al Ecuador, mientras que cuando hay condiciones frías, algunas especies se ausentan y otras disminuyen significativamente su abundancia, tamaño de sus conchas o se presentan como juveniles.

La interpretación del estado del ecosistema marino es en base a las diferentes asociaciones que forman, dominancia de la especie, desarrollo de sus conchas, abundancias de juveniles, época de obtención de la muestra entre otras observaciones más.

Desde Junio de 1990 hasta Julio de 1991 puede considerarse un período frío. Desde Agosto de 1991 comenzó un período cálido que se desarrolló intensamente en Marzo de 1992 como "El Niño 1992", continuaron condiciones inestables que terminaron en Enero de 1996. Desde Febrero de 1996 comenzó un período frío de "La Niña" caracterizado por una baja biodiversidad de Pterópodos y Heterópodos hasta Marzo de 1997, a partir de Abril de 1997 comenzaron a observarse especies de aguas cálidas y el inicio de "El Niño 1997 – 1998, que terminó en Agosto de 1998. Comienza un período frío o "La Niña" hasta Septiembre del 2000, a partir de Octubre del 2000, se ha observado una inestabilidad en el ecosistema marino, que no se define por ser un período cálido o frío hasta Junio del 2005, donde parece que se han acentuado las características frías propias de un evento frío como "La Niña".

Palabras claves: Evento cálido, "El Niño", Evento frío, "La Niña", mar ecuatoriano, Océano Pacífico.

ABSTRACT

Of the analysis of more than 200 superficial samples of zooplancton, obtained from June of 1990 to June of the 2005, in the fixed station of " La Libertad", located to 10 miles offshore the Peninsula of Santa Elena, Ecuador, 15 species of

Pterópods and Heterópods have been identified, of which only nine species respond to the changes in the marine ecosystem front to Ecuador.
From the nine species, have been selected four, those species have had a positive answer when warm waters appear offshore of Ecuador, while when there is conditions cold, some species are absented and others decrease significantly their abundance, size of their shells or appears in juvenile stage.
The interpretation of the state of the marine ecosystem is based of the different associations that are observed, also dominance of the species, development of its shells, abundances of juveniles, season of obtaining of the sample among other more observations.
From June of 1990 to Julio of 1991 the period can be considered cold. From August of 1991 a warm period began that was developed with more intensity on March of 1992 like "El Niño 1992", after that continued unstable conditions that finished in January of 1996.
From February of 1996 a cold period of "La Niña", characterized by a low biodiversity of Pteropods and Heteropods began to March of 1997, From April of 1997 warm water species began to be observed and the beginning of "El Niño 1997-1998", that it finished on August of 1998.
On September began a cold period or "La Niña" until September of 2000, On October of the 2000, an unstable period in the marine ecosystem has been observed, that it is not defined like a warm or cold period until June of the 2005, where it seems that they have been accentuated the characteristics of a cold event like "La Niña".

INTRODUCCION

Los períodos cálidos o fríos denominados del ENOS es un ciclo oceánico-atmosférico que se desarrolla en las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical, uno de los índices que se utiliza es la Oscilación del Sur (IOS), éste índice es un valor 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 los períodos cálidos como El Niño y fríos como 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 del Pacífico central donde se conoce que se origina a nivel subsuperficial los núcleos de los Eventos cálidos y fríos que luego se desplazan hacia el este donde esta el continente americano.

Según Climate Prediction Center de la NOAA, U.S.A., para determinar los episodios cálidos y fríos, en la región Niño 3.4 (5º N – 5º S, 120º -170º w), considera una diferencias de ± 0.5º Celsius y están basados en el Oceanic Niño Index (ONI).

En el Ecuador la ocurrencia de un evento El Niño se produce por un rápido ascenso del nivel del mar (Zambrano 1986), mientras que Wyrtki (1977) manifiesta que las anomalías inter-anuales de los vientos alisios del Pacífico ecuatorial producen una acumulación de aguas en el Pacífico central, que al debilitarse los vientos alisios del sur, se produce un retorno de esas masas de agua cálida, hacia el continente americano en forma de una onda ecuatorial.

Moreano *et al.* (1986) manifiesta que las ondas Kelvin cuando llegan desde el Pacífico central hacia el continente americano, son las responsables del incremento del nivel del mar y la temperatura frente a las costas de Ecuador.

Al producirse el incremento del nivel del mar, se profundizan las aguas frías superficiales (Zambrano 1996).

Frente al Ecuador cuando ya han pasado los efectos de un Evento cálido como El Niño 1992 y los parámetros físicos determinan que el Evento se terminó, se siguen presentando especies de Pterópodos y Heterópodos que indican la presencia de condiciones cálidas, las mismas que en este trabajo se las denomina "condiciones inestables" porque no son permanentes ni bien definidas debido a la influencia de la corriente de Humboldt, que a su vez esta vinculado al efecto de invernadero causante del calentamiento global.

Todas las investigaciones y observaciones realizadas sobre los períodos cálidos y fríos, están relacionados con los parámetros físicos, meteorológicos y químicos, pero no se ha encontrado información que determinen estos eventos "El Niño y La Niña", con organismos marinos o bioindicadores de masas de agua o de ecosistemas marinos.

Los Pterópodos y Heterópodos son considerados como bioindicadores de ecosistemas marinos, Spoel and Herman (1983) mencionan que *Desmopterus papillo* es común en el Océano Indico, que *Creseis virgula* en el mar de China tiene una abundancia bianual y la relaciona con los vientos monzones.

Van Der Spoel y Boltovskoy (1981) realizaron la Zonación biogeográfica del Atlántico Sudoccidental en base a las asociaciones faunísticas de los Pterópodos y reconocen que forman grupos específicos como:
Especies Antárticas, representadas por *Clio pyramidata f. sulcata* y *Limacina helicina antártica f. antartica*.
Especies subantárticas, como *Clio pyramidata f. antartica* y *Spongiobranchea australis.* En la corriente de Brasil abunda *Stiliola subula* y en los trópicos

***Creseis virgula f. conica*; en cambio *Creseis acicula* esta asociada a las aguas neríticas y costeras.**

Considerando esta característica de bioindicadores que tienen los Pterópodos y Heterópodos, el propósito de esta contribución es aportar al mejor conocimiento en la determinación de los períodos cálidos y fríos observados frente a la costa de Ecuador, con la finalidad de aportar al mejor conocimiento de estos Eventos oceanográficos naturales, con los que tenemos que aprender a vivir y a tratar de encontrar especies que puedan indicarnos un pronóstico temprano a El Niño o La Niña.

ANTECEDENTES

Uno de las primeros trabajos sobre los Pterópodos tecosomados han sido publicados por Pelsener en 1888 (Tesch, 1946).
En el Océano Pacífico, se han reportado las especies de Pterópodos que existen en la provincia Biogeográfica Panameña o Panámica, que comprende desde Baja California hasta el norte del Perú, mencionando solo características taxonómicas como que son moluscos pelágicos con concha calcárea, pie reducido, con una rádula y que algunos tienen ctenidios (Keen, M. 1971), pero no menciona que son bioindicadores de ecosistemas marinos.
Van der Spoel y Boltovskoy 1981) utilizaron a los Pterópodos como organismos Bioindicadores para definir y determinar las diferentes provincias biogeográficas en el Atlántico Sudoccidental.
En Ecuador, Cruz, M (1983), reporta tres especies de Pterópodos tecosomados para el Golfo de Guayaquil, en los alrededores de la isla Puna, que incluye parte del Canal de Cascajal, Canal de Jambeli y el sur-oeste de la isla Puna.
Como resultado del análisis de 4 cruceros en el Golfo de Guayaquil, Cruz, M (1983) menciona siete (7) especies: 5 Pterópodos tecosomados y 2 Heterópodos.
Mas tarde, Cruz, M (1996) reporta 9 especies de Pterópodos tecosomados y 5 Heterópodos, presenta claves taxonómicas y que la interpretación de ecosistemas marinos se realiza en base a las diferentes asociaciones de especies, además se reconoce que *Hyalocylis striata* es una especie que siempre esta asociada a masas de aguas cálidas.
Cruz, M. (1998) reporta las condiciones anuales del ecosistema marino desde 1990 hasta 1998, en base al comportamiento de 15 especies de Pterópodos y Heterópodos, realiza un estudio taxonómico de cada especie y manifiesta que de las 10 especies de Pterópodos, solo 4 de ellas responden a los cambios que ocurren en el mar ecuatoriano. De las 5 especies de Heterópodos solo 4 pueden considerarse como bioindicadores de masas de agua. Concluye que *Hyalocylis striata* es una especie que puede ser considerada para pronosticar tempranamente el Evento "El Niño".
De todos los trabajos realizados con este grupo de organismos, en el mar Ecuatoriano, ninguno se refiere a identificar o determinar los períodos cálidos y fríos, que frente al Ecuador son difíciles de conocer porque el área de estudio durante los diferentes, meses del año, tiene variaciones oceanográficas e

influencias meteorológicas que enmarcaran la real situación ecológica del mar en un momento determinado y con la ayuda de estos organismos bioindicadores, se pretende contribuir con esta información para comprender mejor estas variaciones que sin lugar a duda interviene también el calentamiento global, que ya esta alterando la interacción océano-atmósfera.

AREA DE ESTUDIO

La estación fija de "La Libertad" esta localizada a 10 millas costa afuera de la Península de Santa Elena, en la Provincia de Guayas, Ecuador.
Su posición es Lat. Sur 02º 06' 00'', Long. W. 81º 03' 43'', donde la profundidad del mar tiene mas de 100 metros y se considera que existe influencia de aguas oceánicas que pueden venir del sur, del Pacífico este o del norte del país, dependiendo de la época del año.
La estación fija de Manta, de igual manera se localiza a 10 millas costa afuera del puerto de Manta y su posición es: Lat. Sur 00º 52' 00'', Long. W. 80º 43' 00''

El área de estudio esta influenciado por dos épocas en el año: La época húmeda o lluviosa entre Enero a Abril y la época seca o no lluviosa entre Mayo a Diciembre. En la época lluviosa los vientos alisios del norte soplan con más fuerza que los vientos alisios del sur porque el hemisferio sur esta más caliente que el del norte, debido a la posición del sol y los días son más largos que las noches.
Esta condición permite que la Zona de convergencia intertropical y las nubes se desplacen hacia el sur y se localicen sobre el territorio Ecuatoriano, mientras que el ecosistema de la corriente de Humboldt se debilita y aguas tropicales del norte, caracterizadas por tener alta temperatura y baja salinidad, provenientes de la Bahía de Panamá, se desplazan hacia el sur, llegando hasta los límites sur del Ecuador y en consecuencia el mar ecuatoriano tiene aguas cálidas con una temperatura promedio de 25 a 26° C.

Cuando ocurre El Niño, esta condición meteorológica y oceanográfica, permite que aguas cálidas del Pacífico central con mas de 28º C, lleguen a la Bahía de Panamá, se desplacen hacia el sur y permanezcan frente a Ecuador y Perú, favoreciendo la evaporación del agua, forma nubes convectivas y la correspondiente precipitación.

En la época seca entre Mayo a Diciembre, el sol se desplaza hacia el hemisferio norte, el cual se calienta mas que el del sur, los vientos alisios del sur soplan con fuerza, produciendo los afloramientos costeros de la corriente del Perú, estas aguas frías se desplaza hacia el norte y a la altura del Ecuador, giran hacia el oeste del Océano Pacífico. De igual forma la zona de convergencia intertropical, se desplaza hacia el norte terminándose las lluvias en el Ecuador, pasando a una época "normal". (Fig 1)



Fig. 1.- Posición de las estaciones fijas de "Manta" y "La Libertad"

METODOLOGIA

Las muestras de zooplancton se recolectaron a bordo de una embarcación de aproximadamente 10 m de eslora, se utilizó una red cónica tipo estándar, con una

malla de nylon de un metro de largo, con una abertura de 30 cm. de diámetro y un ojo de malla de 335 micras. El arrastre superficial se realiza a una velocidad constante de dos nudos por hora, durante por diez minutos.
Para la obtención de las muestras sub-superficiales la embarcación esta parada y la red es lanzada desde la superficie hasta los 50 m de profundidad.
El plancton recolectado es fijado y preservado con formal al 5 %, neutralizado con tetraborato de sodio hasta un pH de 8 aproximadamente.

En el laboratorio se utiliza un estéreo-microscopio Zeiss de 80 aumentos y para su identificación se consulta bibliografía especializada.

RESULTADOS

Del análisis del comportamiento mensual desde 1990 hasta el 2005, de 15 especies de Pterópodos y heterópodos en las estaciones fijas de La Libertad y Manta, localizadas a 10 millas de la costa Ecuatoriana, se ha observado que durante los períodos cálidos como "El Niño" la biodiversidad de estas especies aumenta y disminuye cuando hay períodos fríos como "La Niña" (Fig. 2).

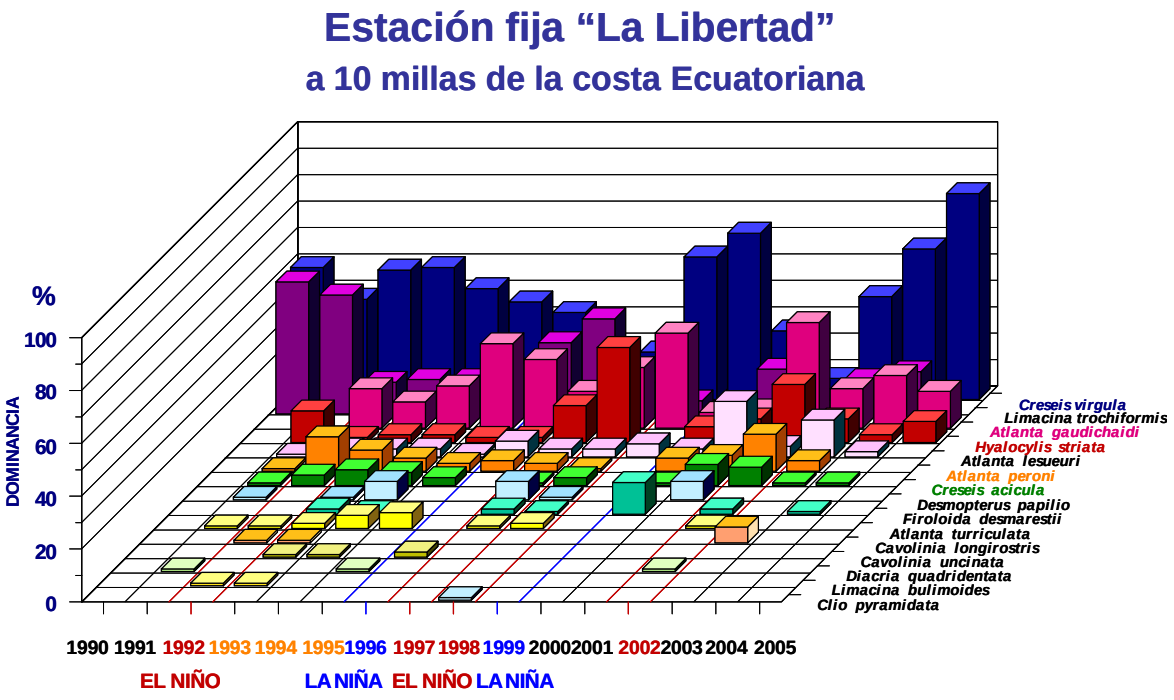
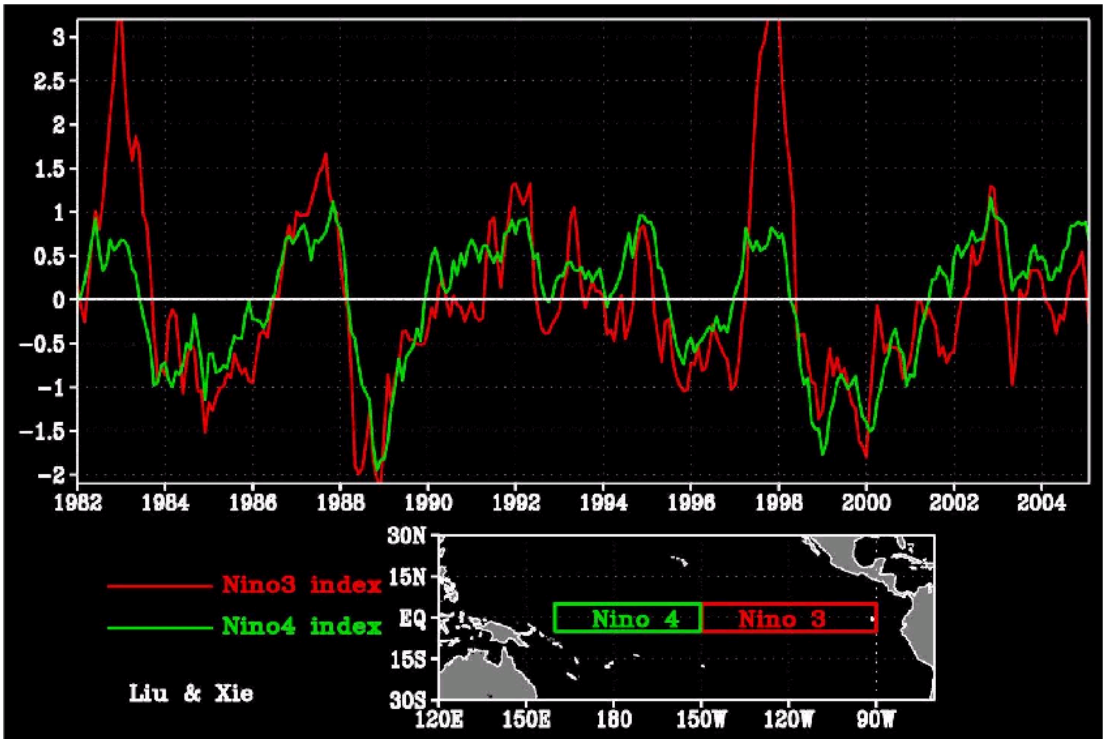


Fig.2 Se observa que durante los eventos cálidos como "El Niño" 1992, 1997-98, aumenta la biodiversidad de Pterópodos y Heterópodos

Las condiciones oceánicas de la región 4 y 3 en el Pacífico central, se consideran mas "estables" y las mediciones de la temperatura del mar reflejan claramente el estado real del mar, como los resultados de la temperatura superficial obtenidos por la NASA en la región Niño 3, (Fig. 3), mientras que en la zona costera del Pacífico este sudamericano hay influencia de otros tipos de aguas o surgencias como los afloramientos de la corriente de Humboldt, que pueden reflejar condiciones diferentes a las que se están dando en el Pacífico central, pero los resultados obtenidos en base al comportamiento de los bioindicadores (Pterópodos y Heterópodos) a 10 millas de la costa ecuatoriana, son coincidentes con los datos de temperatura registrados por la NASA en la región Niño 3.

La biodiversidad y las especies indicadoras de masas de aguas cálidas frente al Ecuador, como *Hyalocylis striata*, se mantiene de forma irregular e intermitente durante los eventos cálidos, que en este trabajo se lo interpreta como "condiciones inestables" (Fig. 3), porque cerca de la costa ecuatoriana, hay influencia a manera de pulsos del ecosistema de la corriente Peruana o de Humboldt



http://airsea-www.jpl.nasa.gov/ENSO/welcome.html

Fig. 3. Los resultados obtenidos en la región "Niño 3", son coincidentes con los obtenidos con los bioindicadores a 10 millas de la costa ecuatoriana

Considerando que la biodiversidad de los Pterópodos y Heterópodos aumenta durante los eventos cálidos, se ha analizando las especies que se han presentado en todos los meses de Junio (época seca o fría para Ecuador), desde 1990 hasta el 2005, y se observa una diversidad relativamente alta, entre 1992 y 1995, mientras que en los períodos considerados fríos como 1996, 1999, 2000 y 2001, la diversidad disminuye (Fig. 4), coincidiendo con los resultados obtenidos por la NASA en la región Niño 3 del Pacífico central.

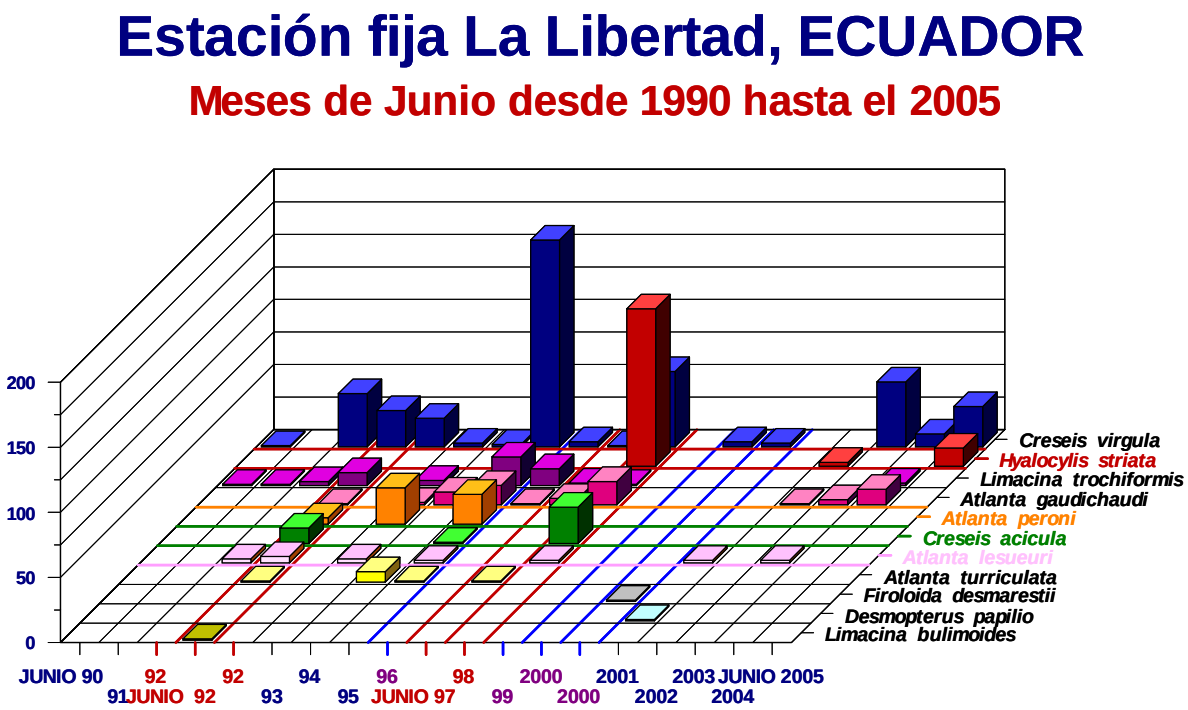


Fig. 4.- Durante Junio de 1992, 1997-98, se observa la permanencia y alta diversidad de algunas especies que están relacionadas con masas de aguas cálidas y Eventos como "El Niño", En los años fríos disminuye la diversidad.

Desde 1990 a 1995.
Se observa que en 1990 y 1991, períodos fríos, solo se presentaron 2 especies. La diversidad aumentó durante "El Niño" 1992, donde se presentaron 7 especies. Posterior a "El Niño" 1992, se siguieron presentando de forma intermitente e irregular especies que están relacionadas con aguas cálidas como *Hyalocylis striata, Creseis acicula, Atlanta peroni, Atlanta gaudichaudi* entre otras, hasta fines de 1995 y la última observación de *H. striata* fue en Enero de 1996, mes que se considera que se acabaron las condiciones cálidas frente a la costa Ecuatoriana (Fig. 5).

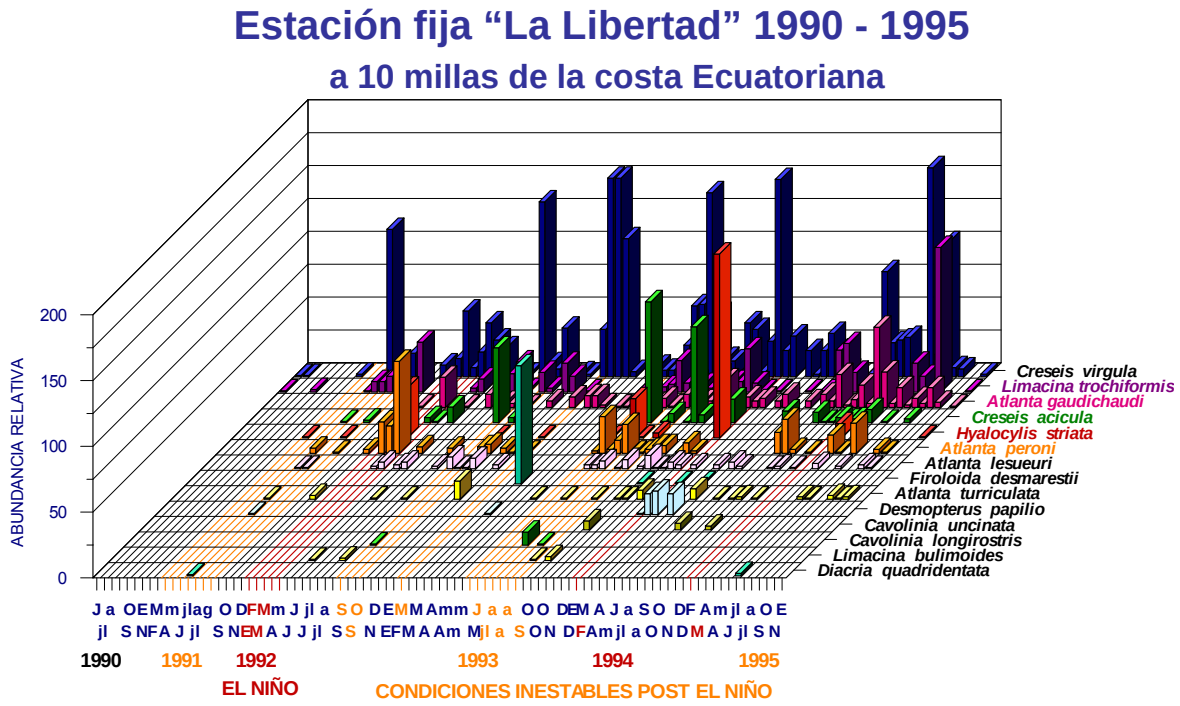


Fig. 5 Después del evento “El Niño” 1992, se observa que cada cierto tiempo aparecen especies indicadoras de ecosistemas cálidos, como *H. striata, A. peroni* y *C. acícula* hasta Enero del 1996.

Desde 1996 al 2000.

El período frío o “La Niña”, comenzó en Febrero de 1996 hasta Marzo de 1997, donde se observó una disminución de la biodiversidad de Pterópodos y Heterópodos en general y la ausencia de especies indicadoras de aguas cálidas como *Hyalocylis striata, Creseis acicula, Atlanta peroni, Atlanta lesueuri* entre otras (Fig. 6).

En Abril de 1997, se volvieron a presentar las especies relacionadas con aguas cálidas, entre las principales tenemos *H. striata* y *C. acicala.* Este evento “El Niño” se estima que terminó en Agosto de 1998. En Octubre de 1998 se observó un cambio total en la diversidad de bioindicadores, aunque solo se seguía presentando *H. striata*, sus conchas eran juveniles y no representaban un ecosistema maduro. Entre Septiembre a Octubre de 1998 comenzó el siguiente período frío o “La Niña” que fue muy significativa hasta fines del 2000, donde se detectó la presencia de una anomalía cálida que aumentó en Diciembre del 2000.

Desde 2001 al 2005

Se observa que desde el mes de Febrero del 2001 especies que caracterizan aguas cálidas como *Hyalocylis striata, Creseis acicula, Atlanta lesueuri y A. gaudichaudi* comenzaron a presentarse, frente a las costas de Ecuador, reforzándose esta anomalía cálida en Abril con la presencia de *Atlanta peroni*, posteriormente en los meses de Agosto y Septiembre se volvió a observar una anomalía calida positiva.

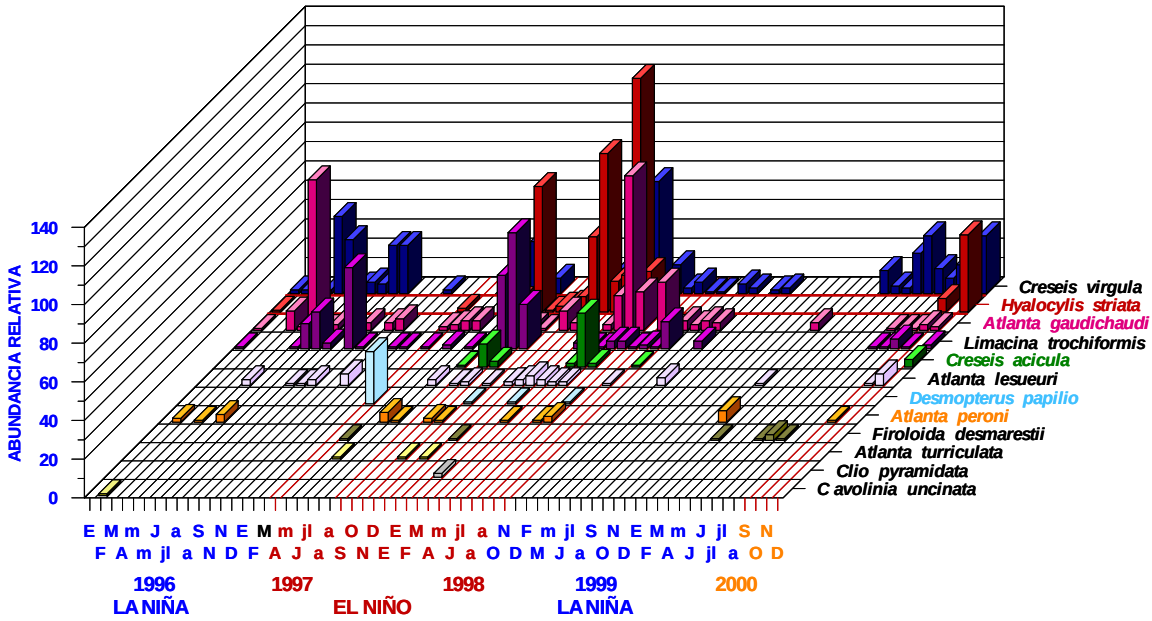


Fig. 6 Durante el evento cálido “El Niño” 1997-98, se observa un aumento de la biodiversidad de Pterópodos y Heterópodos. Luego en 1999-2000, se aprecia el evento frío “La Niña” y una disminución de la biodiversidad.

En Febrero y Marzo del 2002, coincidiendo con la época cálida de la estación, se observó la presencia de cinco especies de aguas cálidas con una abundancia relativa muy significante, interpretándose como una anomalía cálida fuerte, luego en Junio, Septiembre y Noviembre se detectaron impulsos de aguas cálidas por la presencia de especies como *H. striata* y *C. acicula.* (Fig. 7).

Del 2003 al 2005 se han observado pulsos intermitentes con la presencia desordenada de especies de aguas cálidas, es decir no se ha observado un período “estable” o definido de un verdadero calentamiento, posiblemente por la influencia costera de la corriente fría de Humboldt (Fig. 7).

Estación fija “La Libertad” 2001 - 2005

a 10 millas de la costa Ecuatoriana

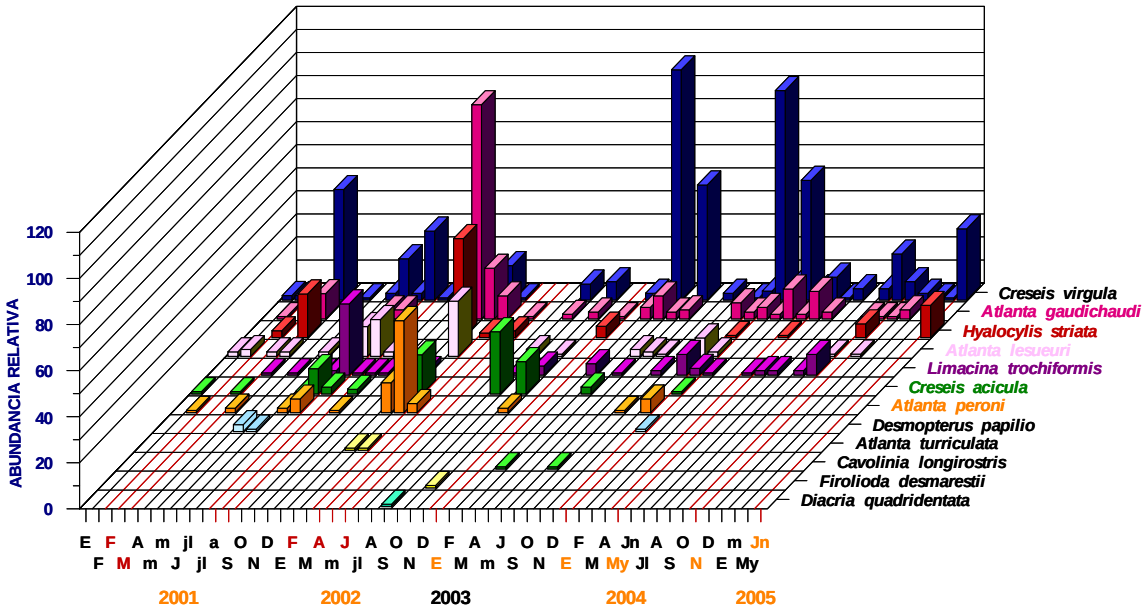


Fig. 7.- Desde el 2001 al 2005, se observa inestabilidad en el ecosistema marino, donde no se aprecia un período frío o cálido definido, mas bien aparecen con frecuencias irregulares especies relacionadas a ecosistemas cálidos como *H. striata, C. acícula, A. peroni* y *A lesueuri.*

Se ha determinado y comprobado que las especies que se presentan abundantemente durante los períodos cálidos son: *Hyalocylis striata, Creseis acicula, Atlanta lesueuri* y *Atlanta peroni* (Fig. 8), aunque hay otras especies que son menos abundantes, pero también responden cuando hay un evento cálido como *Desmopterus papillo* (Figs. 6, 7 y 8).

Estación fija “La Libertad”

“El Niño” 1992, 1997-98

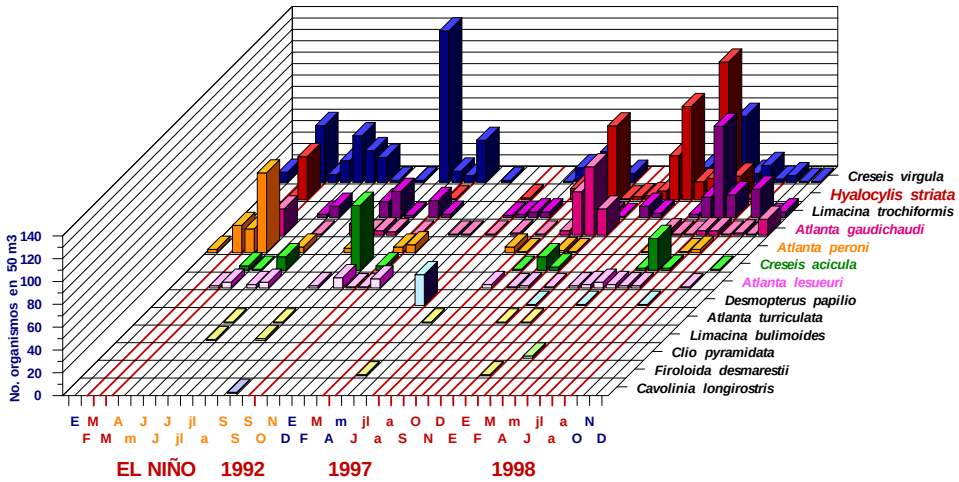


Fig. 8.- Durante los Eventos cálidos como “El Niño” 1992, 1997-98, algunas especies aumentan su abundancia y frecuencia de presencia como *H. striata, A. lesueuri, A. peroni* y *C. acícula,* así como la diversidad de especies.

La especie predominante en los eventos cálidos es de *H. striata* (Fig. 9), que al asociarse con otras especies, como *A. peroni, C, acicala* y *A. lesueuri*, puede intensificar o disminuir la interpretación de la situación en que se encuentra el ecosistema marino.

Existen especies como *Creseis virgula*, que no responden a los diferentes tipos de masas de agua clasificadas por el hombre por medio de la temperatura y salinidad, sino que caracterizan ecosistemas mas grandes como las aguas oceánicas, que son diferentes a las aguas neríticas y no son buenos indicadores para eventos como "El Niño" o "La Niña" y su abundancia indica la intrusión de aguas oceánicas cerca de costa.
La especie *A. gaudichaudi*, en cambio que es una especie común en la que su frecuencia de presencia es mas importante que su abundancia y en los gráficos se la debe excluir en la relación con los períodos cálidos o fríos (Figs. 9 y 11)

Estación fija "La Libertad"

"El Niño" 1992, 1997-98

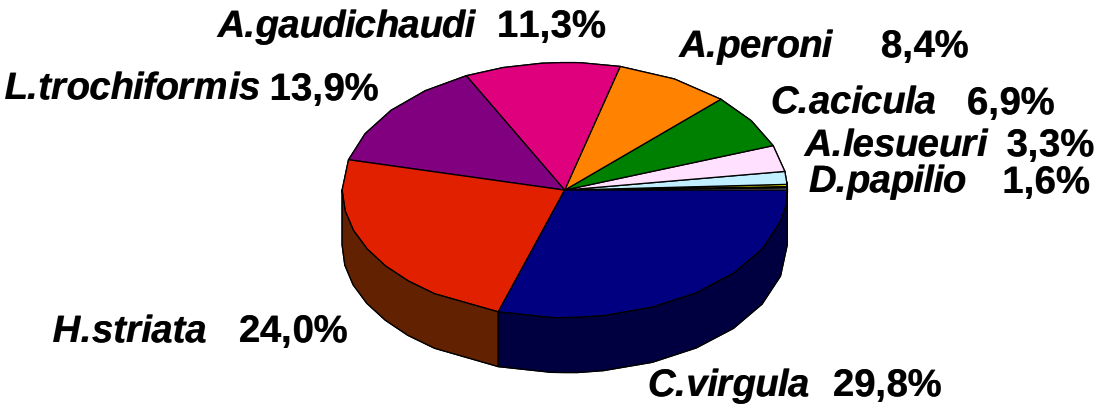


Fig. 9.- El Pterópodo tecosomado *H. striata,* ha predominado durante los Eventos cálidos de "El Niño" 1992, 1997-98 a 10 millas de la costa Ecuatoriana.

Durante los períodos fríos o "La Niña", se observa una total ausencia de especies como *H. striata, C. acicula* y cuado se han presentado *A. peroni* y *A. lesueuri* han sido generalmente juveniles que no indican condiciones bien definidas (Fig. 10).

Estación fija “La Libertad”

“La Niña” 1996, 1999-2000

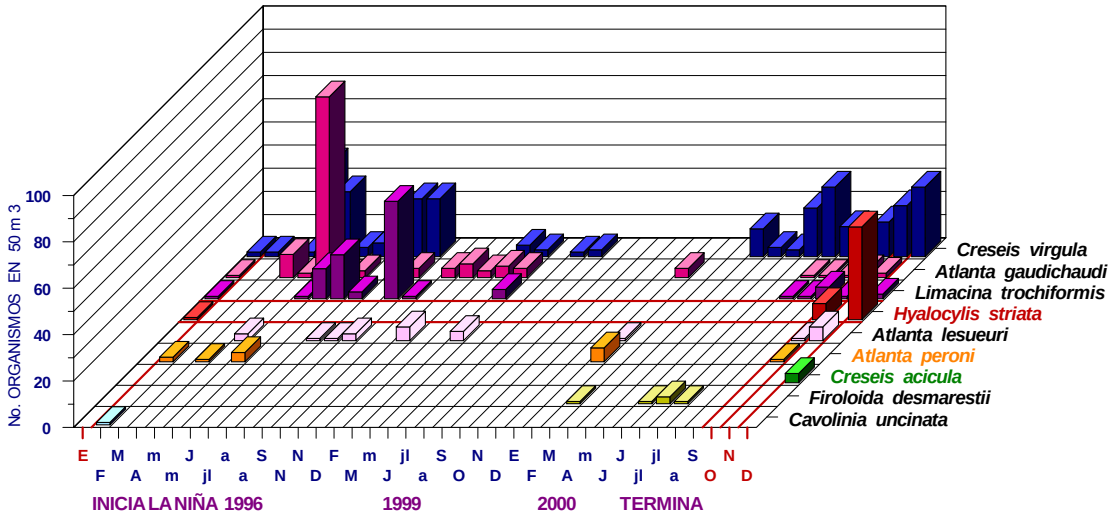


Fig. 10.- Durante “La Niña”, se aprecia una pobre diversidad de especies, algunas se ausentan como *Hyalocylis striata* y *Cresesis acícula*, otras disminuyen su abundancia y frecuencia como *Atlanta peroni* y *Atlanta lesueuri* .

También se ha observado que las especies mencionadas disminuyen su abundancia (Fig. 11).

Estación fija “La Libertad”

“La Niña” 1996, 1999-2000

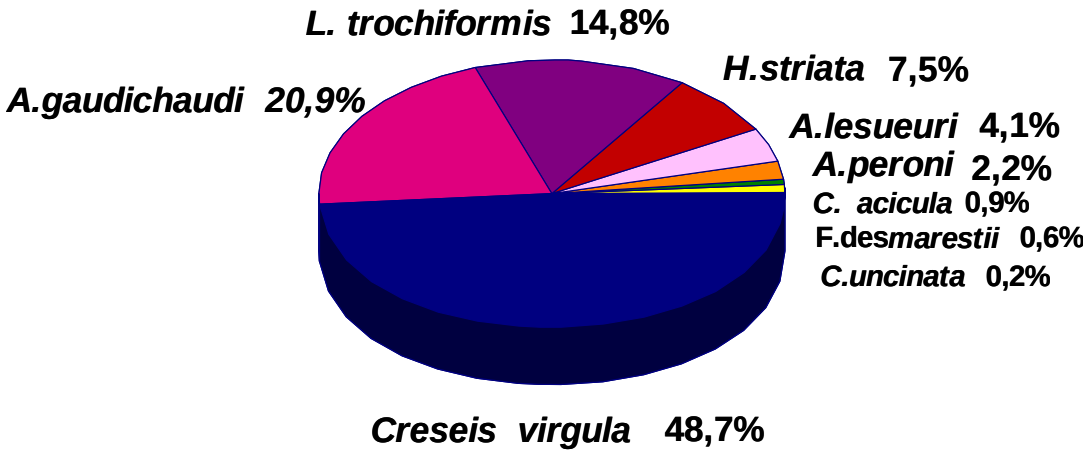


Fig. 11.- Durante los Eventos fríos como “La Niña” 1996, 1999 y 2000 predominan *C. virgula* y *A. gaudichaudi*, pero se ausentan o disminuyen su abundancia *Hyalocylis striata, Atlanta peroni y Creseis acícula*

De las 15 especies encontradas se han seleccionado a las 4 especies más sensibles, que responden cuando hay cambios de masas de agua en el ecosistema marino frente al Ecuador y son: *Hyalocylis striata, Creseis acicula, Atlanta lesueuri* y *Atlanta peroni*.
Desde 1990 hasta 1995, se observa que después de El Niño que se presentó frente al Ecuador en Marzo de 1992, se siguieron presentando estas 4 especies de forma "intermitente" hasta Enero de 1996, que no permitían definir si "El Niño 1992" había terminado o no (Fig. 12).

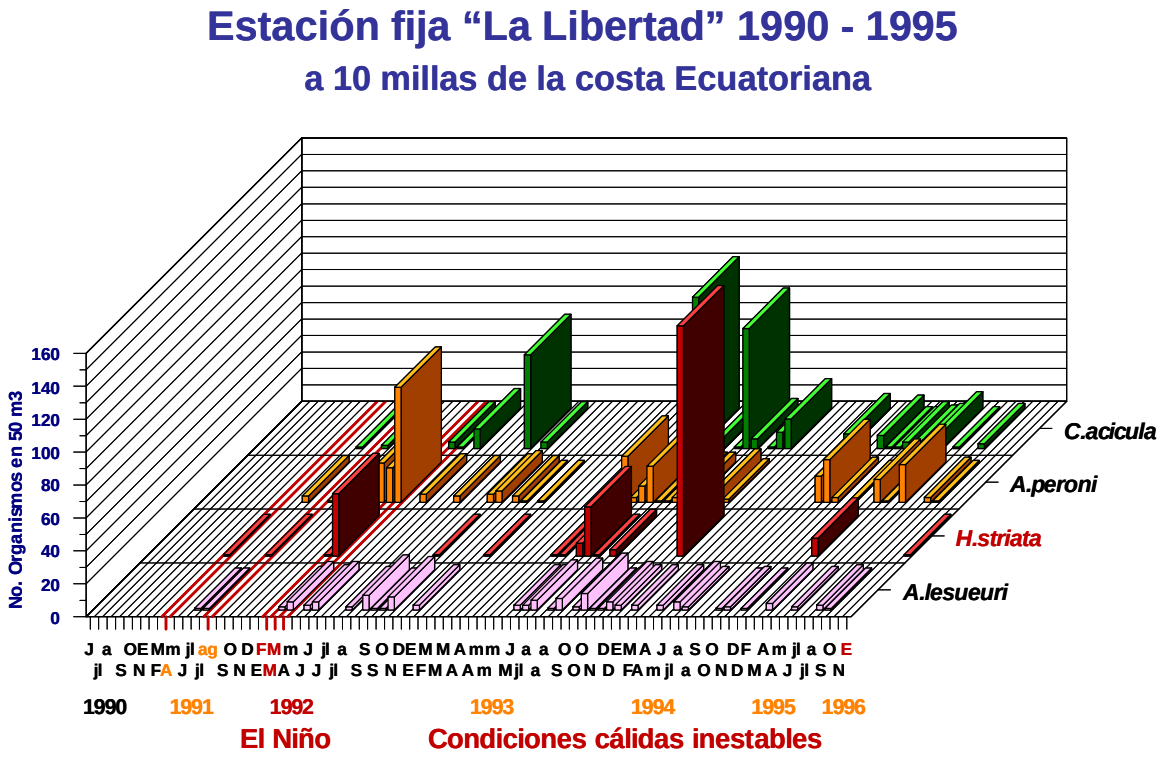


Fig. 12.- Cuatro especies de Bioindicadores de condiciones cálidas muestran una contínua inestabilidad después del Evento El Niño 1992, que se extendió hasta Enero de 1996.

Entre 1996 al 2000, se observa claramente la ausencia de estas especies y la clara definición del período frío o "La Niña" de 1996, que comenzó en Febrero de 1996 y terminó en Marzo de 1997, cuando se sintieron los primeros cambios en el ecosistema marino o el inicio de "El Niño 1997-1998), que terminó en Agosto de 1998. Desde Septiembre-Octubre de 1998 comenzó nuevamente un período frío hasta fines del año 2000, donde se determinó la presencia de aguas cálidas cerca de la costa ecuatoriana. (Fig. 13).

Estación fija “La Libertad” 1996 - 2000

a 10 millas de la costa Ecuatoriana

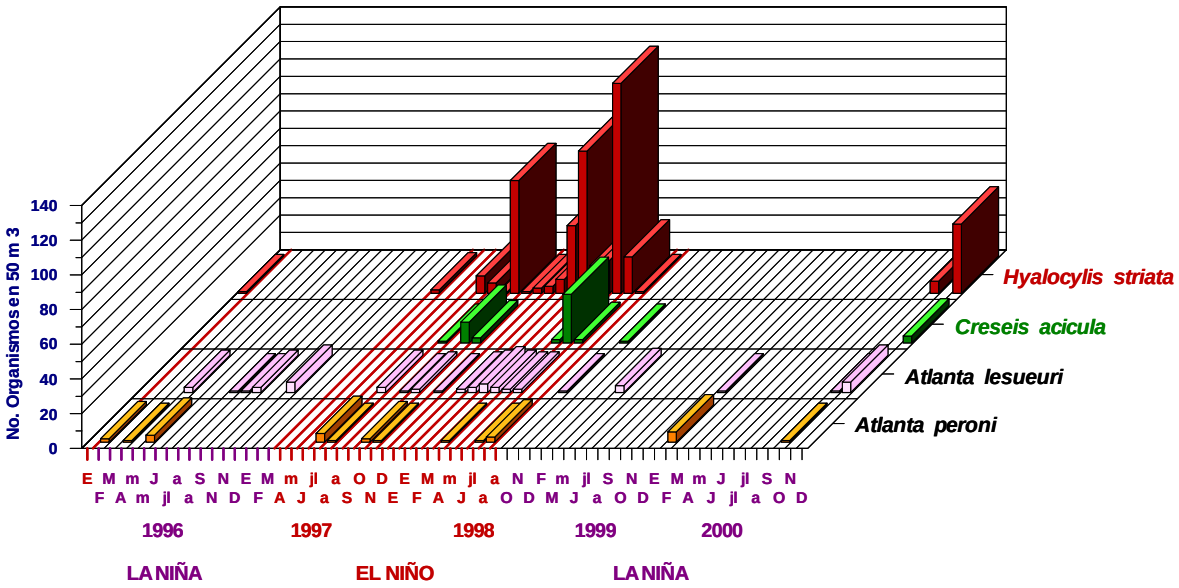


Fig. 13.- Cuatro especies bioindicadores que identifican el período cálido del Evento “El Niño” 1997-98 y los meses fríos de “La Niña” 1966, 1999 y 2000, que terminó en Octubre del 2000 a 10 millas costa afuera del Ecuador.

Desde el año 2001 hasta Junio del 2005, se ha observado un período de “inestabilidad”, parecido al ocurrido entre 1992 a 1995. No se ha definido claramente un período cálido o frío frente a las costas de Ecuador (Fig. 14).

Estación fija “La Libertad” 2001 - 2005

a 10 millas de la costa Ecuatoriana

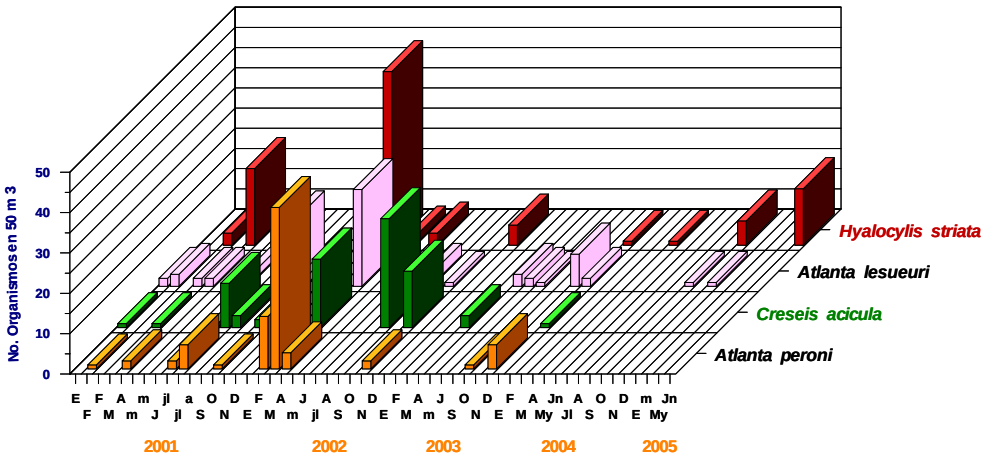


Fig. 14.- Cuatro especies de Pterópodos y Heterópodos que siempre estan relacionadas con aguas cálidas, indican inestabilidad en el Ecosistema marino desde el 2001 a Junio del 2005, donde no se aprecia claramente un Evento cálido o frío bien definido, frente a las costas Ecuatorianas.

Analizando todas las especies que se han presentado en los meses de Junio desde 1990 al 2005, se nota que a partir de Junio del 2005, hay un cambio o disminución de las anomalías cálidas frente al Ecuador. (Fig. 15)

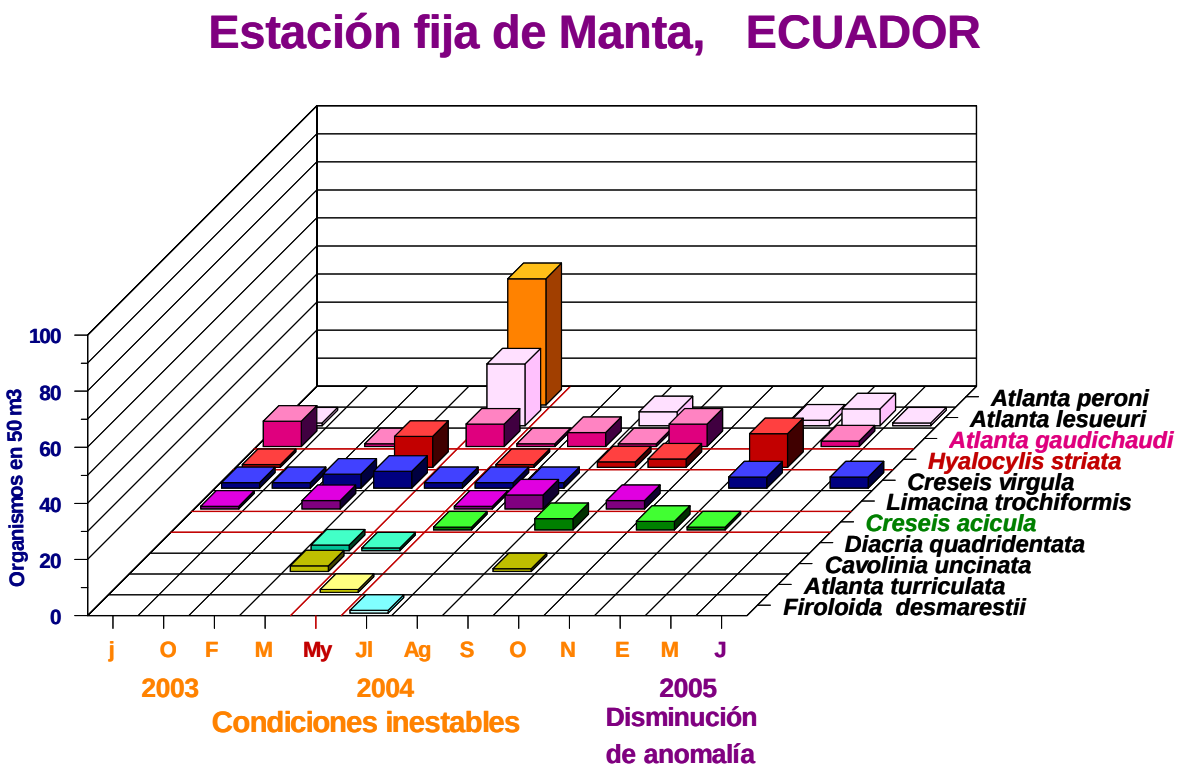


Fig. 15.- Desde Junio del 2005, se ha observado una disminución de las anomalías cálidas inestables, a 10 millas costa afuera del puerto de Manta.

La disminución de las anomalías cálidas frente al Ecuador, comienzan primero en Manta y luego en Salinas, que es lo observado al comparar estas dos estaciones fijas que tiene el INOCAR a 10 millas frente a las costas de Ecuador (Fig. 16).

Estaciones fijas de La Libertad y Manta

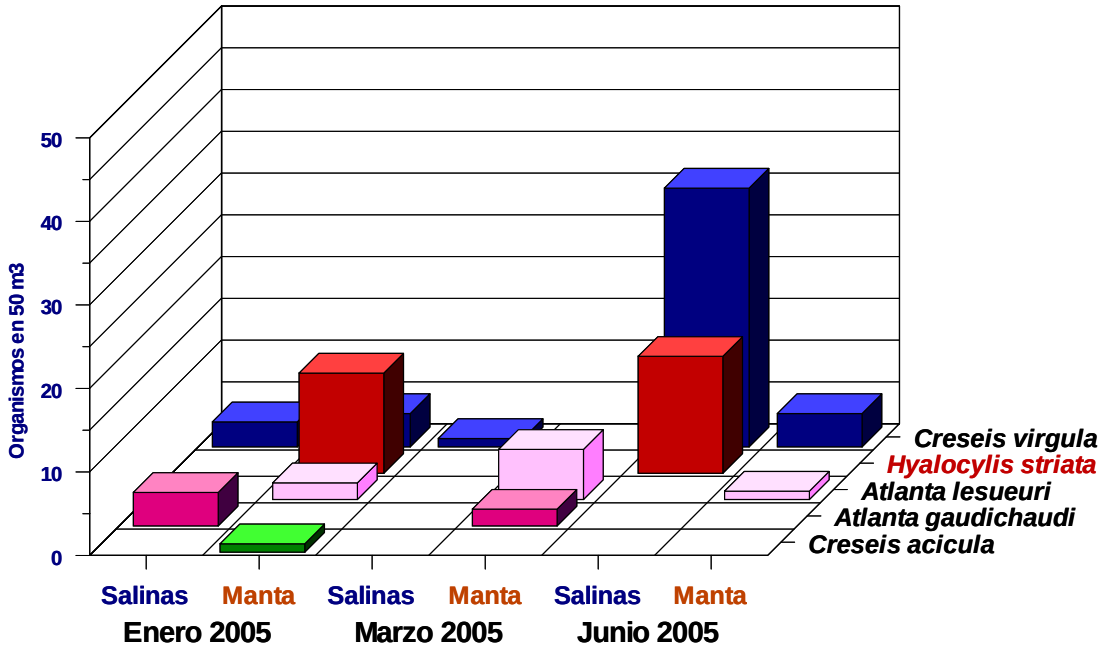


Fig. 16.- En Enero, se observó en Manta más anomalías cálidas que en Salinas, en Marzo disminuyeron, mientras que en Junio, permanecen todavía en Salinas, pero disminuyen significativamente en Manta.

Se ha determinado que desde 1990 al 2005 han ocurrido tres períodos fríos y 3 cálidos y que los períodos cálidos o de "condiciones inestables" son de mayor duración que los fríos (Fig. 17)

Períodos fríos y cálidos en el mar Ecuatoriano

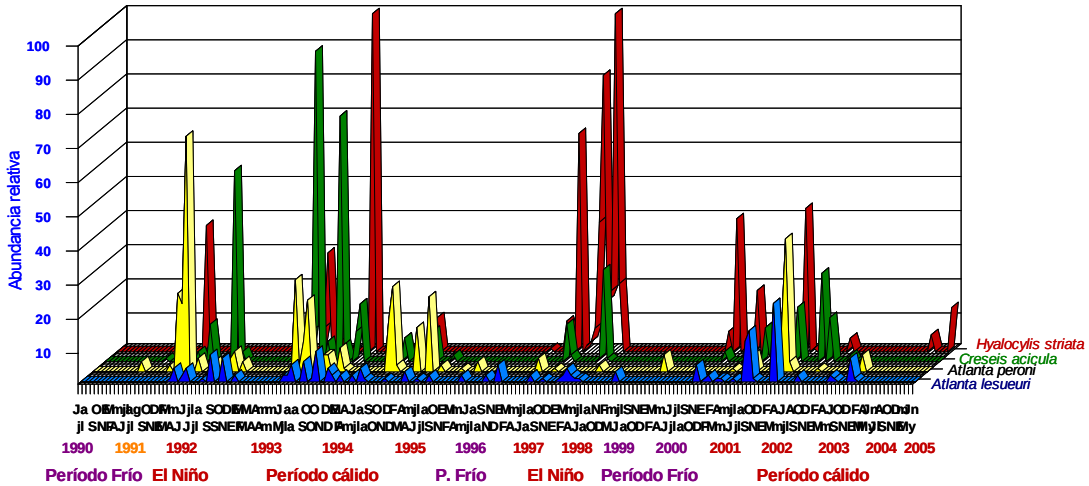


Fig. 17.- Se observan los períodos fríos y los cálidos, desde 1990 al 2005, que han sido determinados en base al comportamiento de los Pterópodos y Heterópodos localizados a 10 millas frente a la costa Ecuatoriana

Estos períodos coinciden con las temperaturas superficiales registradas por la NOAA en el pacífico central y que en la región Niño 1+2, son enmascaradas por las aguas frías costeras del Perú. (Fig. 18).

Región 1+2 del Océano Pacífico, influenciada por la corriente fría costera del Perú, que puede enmascarar las anomalías positivas observadas en las regiones 3, 3.4 y 4.

Las especies bioindicadoras de masas de agua, observadas en la estación fija "La Libertad", a 10 millas de la costa de Ecuador, responden y coinciden con lo observado en las regiones Niño 1+2 y 3.

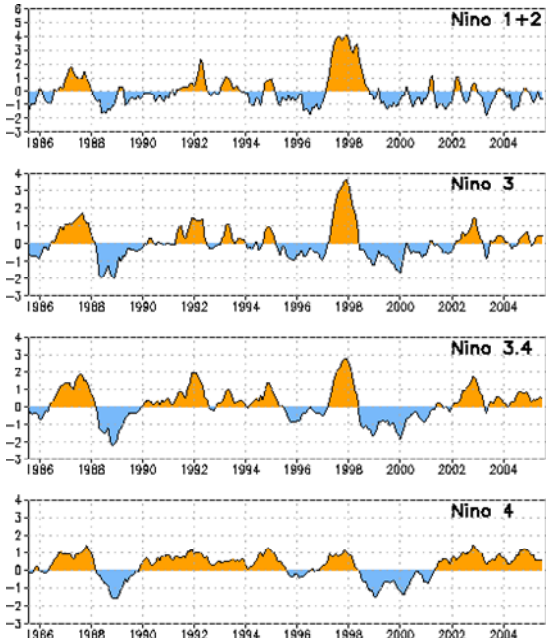


Fig. 18.- En la Región Niño 3 del Océano Pacífico, se observa de forma mas definida que en la región Niño 1+2, la permanencia de las condiciones positivas o negativas, en base a la temperatura superficial

Sin embargo, las especies de Pterópodos y Heterópodos observados a 10 millas de Ecuador, si responden y coinciden principalmente con lo registrado por la NOAA en la región Niño 3 (Fig. 19).

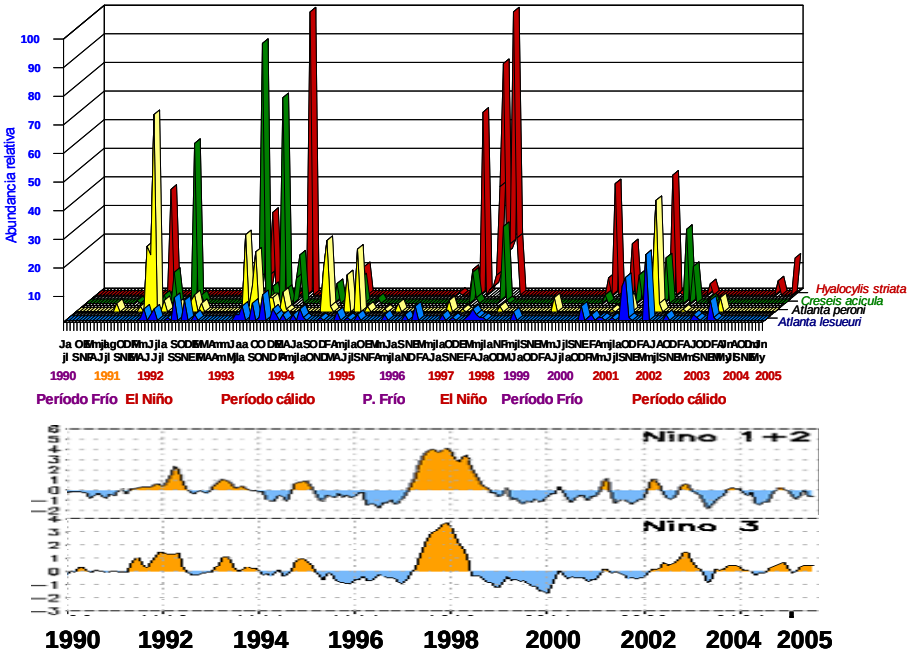


Fig. 19.- Coincidencias entre las especies bioindicadoras observadas a 10 millas de la costa y las temperaturas superficiales registradas por la NASA en la región Niño 1+2 y 3

DISCUSION.

El Evento cálido de El Niño 1992, se sintió muy fuerte frente al Ecuador en el mes de Marzo. Los especies bioindicadores de masas de aguas cálidas, continuaron presentándose de forma "intermitente" cuando los pulsos u ondas kelvin llegaban hasta las costas de Ecuador, que eran enmascaradas por la influencia de la corriente fría del Perú, interpretándose como "condiciones inestables" frente al Ecuador, hasta Enero de 1996 que fue el último mes en que se presentó *Hyalocylis striata*.
Se considera que una situación similar ocurrió desde los últimos meses del 2000 hasta Junio del 2005, fecha de este trabajo.
En cambio los períodos fríos o "La Niña", se han presentado bien definidos, como en 1996, último trimestre de 1998, 1999 hasta Octubre del 2000.
Aunque no esta considerado en este trabajo el segundo semestre del 2005, por razones de tiempo y entregar la publicación, en los meses e Julio y Agosto del 2005, predominan condiciones frías frente al Ecuador, es decir en el segundo semestre del 2005, puede considerarse que es un período frío o "La Niña".
Considerando que el calentamiento global influye en todos los ecosistemas del planeta, se considera que puede ser una causa para que los períodos cálidos sean más prolongados que los fríos.

CONCLUSION.
En los últimos 15 años, desde 1990 hasta el 2005, se ha determinado en base a los especies bioindicadoras, en el Pacífico este, frente a las costas de Ecuador los siguientes períodos cálidos y fríos:

1990 hasta Marzo de 1991.	**Período frío**	
Abril de 1991 a Febrero de 1992.	**Período cálido**	**"Pré-El Niño"**
Marzo de 1992	**Período cálido**	**"El Niño 1992"**
Abril de 1992 hasta Enero de 1996	**Período cálido**	**"Condiciones inestables"**
Febrero 1996 hasta Marzo 1997	**Período frío**	**"La Niña"**
Abril a Julio 1997	**Período cálido**	**"El Niño" débil**
Agosto 1997 a Agosto de 1998	**Período cálido**	**"El Niño" fuerte**
Septiembre 1998 a Agosto 2000	**período frío**	**"La Niña"**
Septiembre 2000 a Junio 2005	**Período cálido**	**"Condiciones inestables"**
Junio del 2005	**Se observó una reducción de las anomalías positivas.**	
Julio, Agosto del 2005	**Las condiciones frías prevalecen indicando la presencia de "La Niña"**	

Las "condiciones inestables" se interpretan como un período de anomalías cálidas positivas que están enmascaradas por la influencia del ecosistema frío de la corriente Peruana o de Humboldt, principalmente en la región Niño 1+2.
Cuando frente al Ecuador, a 10 millas de la costa, se observan "condiciones inestables" en base a los organismos bioindicadores, en la región 3 el Pacífico central se manifiesta claramente como anomalías positivas.

Hay una clara relación de las anomalías positivas en la región Niño 3 y cuatro de las 15 especies de Pterópodos y Heterópodos observados en aguas Ecuatorianas, que son: *Hyalocylis striata, Creseis acicula, Atlanta lesueuri* y *Atlanta peroni.*

BIBLIOGRAFIA

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. 1983.- Pterópodos y Heterópodos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 2, No. 2, pp. 569-587

Cruz, M. 1996.- Pterópodos Tecosomados y Heterópodos (Gasterópodos) como Bioindicadores del Evento "El Niño" 1992, en la estación fija "La Libertad", Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 8, No. 1, pp. 51-66

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

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

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

Tesch, J.J. 1946.- The thecosomatous Pteropods. I. The Atlantic. Dana report. No. 28, pp. 82

Van der Spoel, S. y D. Boltovskoy 1981 Atlas de zooplancton del Atlantico Sudoccidental. Pterópoda. Publ. Esp. INIDEP. Mar del Plata. Argentina. Pp. 493-530

Wyrtki K., 1975. El Niño – The Dynamic response of the Ecuatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. J. Phys. Oceanography, 5:pp: 572-584

Zambrano E., 1986. El Fenómeno de El Niño y la Oscilación Sur (ENSO). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR-Ecuador. Vol. 3(1), pp: 195-203

Zambrano E., 1996. El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR-Ecuador. Vol. 8(1), pp: 109-114

REFERENCIAS CONSULTADAS

http://airsea-www.jpl.nasa.gov/ENSO/welcome.html

http://www.imn.ac.cr/educa/ENOS-2.htm#INTRODUCCIÓN

COMUNIDADES DEL ZOOPLANCTON EN LOS RÍOS TEAONE, ESMERALDAS, TERMINAL PETROLERO Y EL BALNEARIO LAS PALMAS DE ESMERALDAS, DURANTE EL 2004

Por: Christian Naranjo P (1)

Abstract

The present study was carried out during the wet and dry seasons in the rivers Teaone, Esmeraldas, Petrolero Terminal and Palmas, for which stablished that a variability exists temporary space as for the abundance and composition of the communities zooplankton, especially the species of the taxa Chaetognatha, Cladocera, Caridea.

The area of major productivity zooplanctónica associated with a high diversity was in the zone of Petrolero Terminal of Emeraldas during the wet season.

In the area Petrolero Terminal there was high abundance of Quetognatos's species represented by the dominancia of S. bedoti and S. neglecta in the wet season and during the dry season the dominancia was of S. enflata and S. minim which can be related principally by the seasonal variation of the parameter salinity, whereas the temperature was kept in a range of 25.9° to 28.4 °C during 2 season in study.

The low zooplankton abundance and diversity registered in the river Teaone, there being registered the presence of scanty specimens of Macrobranchium rathbunae in the wet season

In the river Teaone were observed high values of potential of hydrogen in comparison with other areas in study, for what, it might catalogue that this area is in conditions of a deterioration of the quality of the water, by light indications towards a pollution product of the antropogénica activities.

Resumen

El presente estudio se efectuó durante la época húmeda y seca en los ríos Teaone, Esmeraldas, Terminal Petrolero y Palmas, para el cual se determinó que existe una variabilidad espacio temporal en cuanto a la abundancia y composición de las comunidades zooplanctónicas, en especial las especies de las taxa Quetognatos, Cladóceros, Carideos.

El área de mayor productividad zooplanctónica asociada a una alta diversidad se encontró en la zona de Terminal Petrolero de Esmeraldas durante la época húmeda.

En el Terminal Petrolero se resalta la presencia de las especies de Quetognatos representados por la dominancia de S. bedoti y S. neglecta en la época húmeda y durante la época seca se encontró la dominancia de S. enflata y S. mínima la cual puede estar relacionada principalmente por la variación estacional del parámetro salinidad, mientras que la temperatura se mantuvo con un rango de 25.9° a 28.4°C durante las 2 épocas en estudio.

La menor abundancia zooplanctónica y diversidad se registró en el río Teaone, registrándose la presencia de escasos ejemplares de Macrobrachium rathbunae en la época húmeda.

En el río Teaone se observó valores altos de potencial de hidrógeno en comparación con otras áreas en estudio, por lo que, se podría catalogar que esta área se encuentra en condiciones de un deterioro de la calidad del agua, con ligeros indicios hacia una contaminación producto de las actividades antropogénicas.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, INOCAR. Av. 25 vía Pto. Marítimo Correo Electrónico: cnaranjo @ inocar.mil.ec

INTRODUCCION

Algunos ecosistemas marino costeros en la provincia de Esmeraldas desde hace algún tiempo han venido siendo objeto de un paulatino deterioro, debido principalmente a las actividades desarrolladas por el hombre, en búsqueda de un desarrollo y bienestar de la población. Pérez (1987), menciona que a través del tiempo existe una pérdida de manglares, disminución de la pesca, incremento de desechos sólidos, descargas citadinas y contaminación hidrocarburífera entre otros en el área de río Teaone y frente al balneario de Las Palmas.

En el zooplancton son múltiples los elementos de estudio que por diversa y compleja composición permiten obtener una gama muy amplia de reacciones. Parte de estas poblaciones reúne las características necesarias para ser consideradas "indicadores" y su conjunto de organismos constituye el mejor indicador de cambio que se producen en el mar, estuarios entre otros ecosistemas.

Los estudios del zooplancton en diferentes áreas principalmente en el río Teaone, Esmeraldas y la zona marino costera frente a la ciudad que incluye, el área del balneario Las Palmas, en el último año se ha intensificado con el objetivo de obtener un conocimiento detallado de la presencia de estos organismos y las características físico-químicas que condicionan su abundancia y distribución.

Cabe señalar que existen escasos trabajos concernientes al estudio del plancton en los ecosistemas de la Provincia de Esmeraldas. Entre ellos se destaca el realizado por Luzuriaga (1993), sobre la distribución y abundancia del zooplancton en los manglares de la región norte de la Provincia de Esmeraldas, entre la desembocadura del río Cayapas y la boca del río Mataje, uno de los sistemas más densos en vegetación tropical de la costa ecuatoriana.

Naranjo. C & M. Tapia (2002), efectuaron un estudio para establecer la composición, distribución y abundancia del plancton en el estuario de San Lorenzo-Esmeraldas determinando que la mayor biomasa de zooplancton se localizó en el estero Chimbusal durante la fase flujo y la menor biomasa zooplanctónica se observó en el estero Nadadero durante el estado de reflujo, esta biomasa zooplanctónica estuvo representado por 17 taxa zooplanctónica destacándose la dominancia de los grupos Copépodos, Quetognatos, Huevos y Larvas de Peces. Adicionalmente mencionan que es probable que exista una estrecha relación directamente proporcional entre las máximas concentraciones celulares de fitoplancton y la mayor abundancia de larvas de peces representados especialmente por la dominancia de las familias Clupeidae, Engraulidae y Sciaenidae.

AREA DE ESTUDIO

El área en estudio está definida en 2 ecosistemas bien marcados, el primero sus estaciones están localizadas en un ecosistema de agua dulce y con una ligera intrusión de agua salina que tiene mayor influencia en la época seca, que está conformado principalmente por el río Esmeraldas y con el aporte continuo del río Teaone.

El segundo ecosistema está circunscrito en la zona marino costera cuyas estaciones están ubicadas en el área del Terminal Petrolero (TEPRE) y frente al balneario de las Palmas de la ciudad de Esmeraldas.

El número y ubicación de las estaciones se detalla en la tabla a continuación:

AREAS	NUMÉRO DE ESTACIONES	EPOCA
Río Teaone	1 y 2	Húmeda y Seca
Río Esmeraldas	3 a 11	Húmeda y Seca
Terminal Petrolero	12 a 20	Húmeda y Seca
Balneario Las Palmas	21 y 22	Húmeda y Seca

MATERIALES Y METODOS

En el campo:

Se efectuó muestreos planctónicos en las áreas del río Teaone, río Esmeraldas, área circundante al Terminal Petrolero (TEPRE), y el área cercana a la Playa las Palmas de la ciudad de Esmeraldas, durante las épocas húmeda y seca efectuado en los días 18 a 22 Abril y 31 de agosto a 4 de septiembre durante el 2004, (Figura. 1)

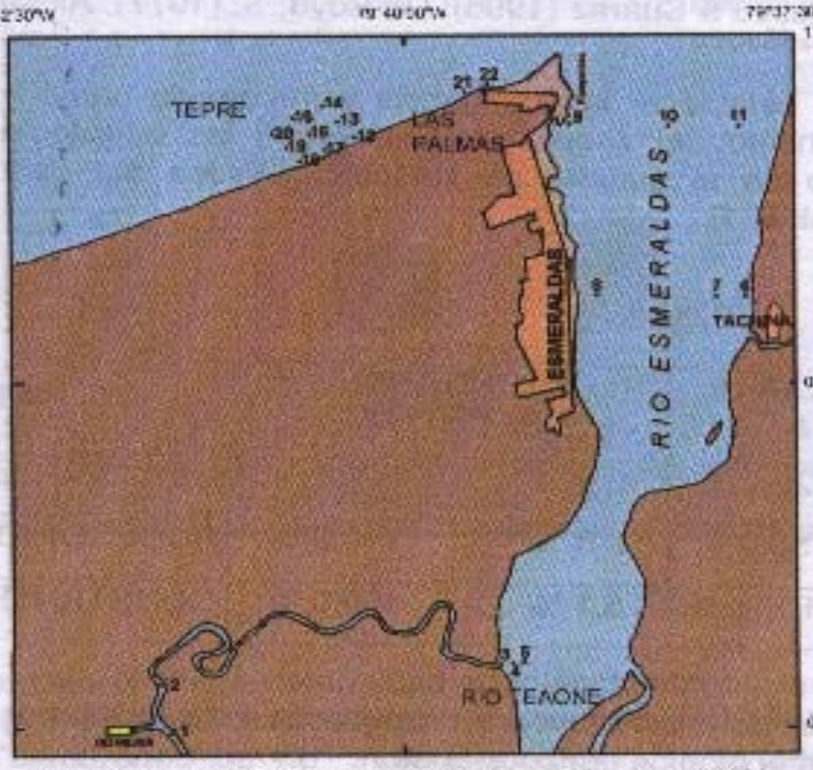


Figura1.- Area de Estudio de la ciudad de Esmeraldas durante 2004

Para el efecto se realizó arrastres superficiales durante 10 minutos a una velocidad de 2 nudos, empleando una red cilindro cónica simple (WP-2), con las siguientes características:

La abertura de la boca de la red tiene un diámetro de 30 cm y un ojo de malla de 335u con la finalidad de colectar los organismos que corresponden a la categoría del mesozooplancton.

Adicionalmente se empleó flujómetros previamente calibrados para determinar el volumen de agua filtrada a través de la red, posteriormente se aplicó las fórmulas establecidas para calcular el volumen de agua filtrada a cada uno de los lances.

Luego las muestras zooplanctónicas obtenidas fueron fijadas con solución de formaldehído al 4% previamente neutralizados con Tetraborato de sodio (Bórax).

En Laboratorio:

En el laboratorio se procedió a extraer alicuotas con la ayuda del separador de Folsom sin embargo debido a la escasa cantidad de biomasa zooplanctónica se analizó toda la muestra planctónica obtenida de los arrastres superficiales.

Posteriormente las muestras fueron analizadas para determinar cualitativa y cuantitativamente las comunidades del zooplancton. Para la identificación de las taxa del zooplancton se utilizaron los Manual de zooplancton de Tregouboff & Rose (1957); Boltovskoy (1981); Gasca & Suárez (1996); De Boyd, S. (1977). Alhstrom & Moser. (1980)

Con el propósito de establecer la dominancia y frecuencia numérica de los principales grupos en la comunidad del zooplancton se utilizó las estrategias desarrolladas por Bodeheimer referido en el estudio de las comunidades del zooplancton, Mujica & Ascencio (1985), (Tabla. 1).

FRECUENCIA RELATIVA	ABUNDANCIA RELATIVA	CATEGORIA
0.0 % - 25.0 %	0.0 % - 2.5 %	ACCIDENTALES
25.1 % - 50.0 %	2.6 % - 5.0 %	ACCESORIOS
50.1 % - 100.0 %	5.1 % - 100.0 %	CONSTANTES/DOMINANTES

Tabla.-1. Clasificación de la constancia y dominancia establecido por Bodenheimer (1955) para la interpretación ecológica del zooplancton.

Adicionalmente se procedió a separar ejemplares de Quetognatos de las muestras en cada una de las estaciones presentes, con la finalidad de conocer la composición, dominancia de las principales especies del Phyllum Chaetognatha.

Para la determinación de las especies, se utilizó las claves taxonómicas del trabajo realizado por; Bonilla (Op. cit); Manual de Introducción al Estudio del Zooplancton Marino Capítulo XIV Chaetognatha de Gasca R, & E. Suárez (Op. Cit); Bieri R.& D. Bonilla. (1982); Alvariño A. (1963).

Para establecer la diversidad zooplanctónica se aplicó, el índice de diversidad de Shannon-Weiner (1964), aplicando la siguiente fórmula: - Sumatoria Pi * Ln (Pi)

RESULTADOS

COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA RELATIVA Y DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DEL ZOOPLACNTON

- **RÍO TEAONE:**

Durante la época húmeda, la mayor biomasa se registró en la estación 1, y 2 con un total de 4917 y 2350 Ind-100m^3 respectivamente, (Fig. 2). Sin embargo en términos de diversidad zooplanctónica aplicando el índice de Shannon- Weiner se registró un valor bajo de 0.018 bits asociado a una baja uniformidad de 0.026

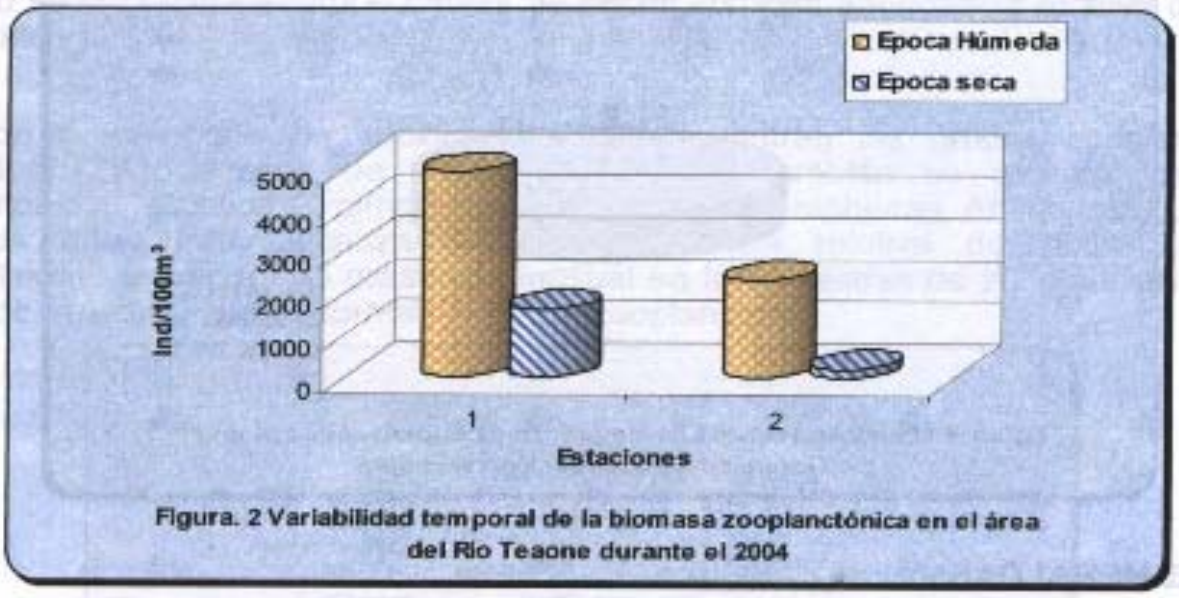


Figura. 2 Variabilidad temporal de la biomasa zooplanctónica en el área del Rio Teaone durante el 2004

En cuanto a la composición de la comunidad zooplanctónica estuvo representado por la dominancia del grupo de Larvas de decápodos con el 99% y el 1% está representado por la taxa Carideos "camarones de rio" correspondientes a la especie *Macrobrachium rathbunae* con el 1%, durante la época húmeda, (Fig.3).

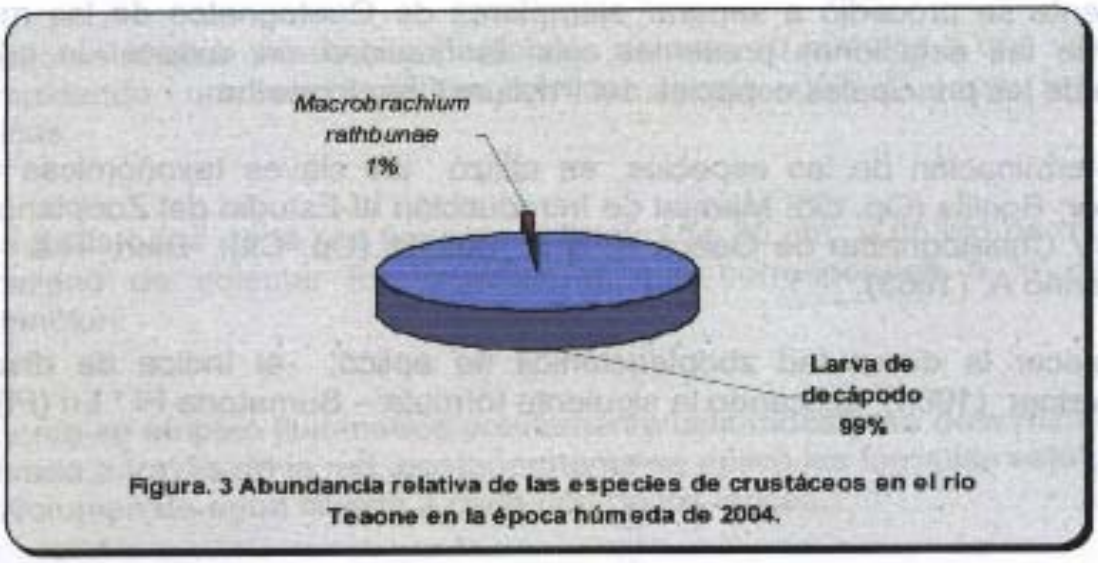


Figura. 3 Abundancia relativa de las especies de crustáceos en el río Teaone en la época húmeda de 2004.

Durante la época seca, la biomasa zooplanctónica presentó una abundancia relativamente baja con valores de 1633 y 206 Ind-100m^3 registrados en la estación 1 y 2 respectivamente, en comparación con la época húmeda. Destacándose que en la estación 2 se registró una baja diversidad con valores de 0.12 bits con una equitabilidad de 0.17.

Las Larvas de Decápodos coincidentemente estuvo dominante con un (99%), cual estuvo asociada al grupo de los Copépodos (1%) durante la época seca, (Fig.4).

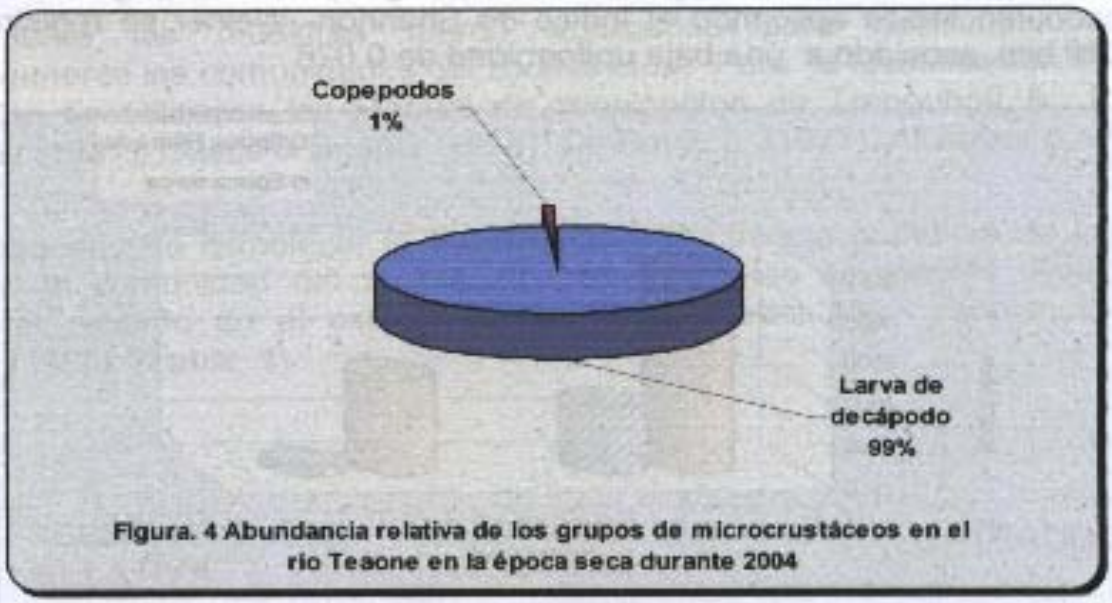


Figura. 4 Abundancia relativa de los grupos de microcrustáceos en el río Teaone en la época seca durante 2004

➢ RÍO ESMERALDAS:

En las estaciones correspondientes a la zona de río Esmeraldas, en la época húmeda se registró una baja biomasa zooplanctónica que fluctuó entre 6 y 373 Ind-100m^3, mientras que en la época seca se registró una mayor biomasa zooplanctónica, resaltándose en las estaciones 9 y 10 valores de 5317 y 1722 Ind-100m^3 y la menor biomasa representado por una densidad poblacional de 144 Ind-100m^3 se encontró en la estación 4, (Fig. 5).



Figura. 5 Variabilidad temporal de la biomasa del zooplancton en el área de rio Esmeraldas durante el 2004

En términos de diversidad durante la época húmeda, se registró un alto valor en la estación 9 con 1.82 bits asociada a una equitabilidad de 0.82, adicionalmente en esta zona se registró en la estación 11 una alta diversidad representado por 1.33 con una uniformidad relativamente alta de 0.68 bits.

Durante la época seca, se registró una menor diversidad zooplanctónica en comparación con la época húmeda coincidiendo en las estaciones 9 y 11 los máximos valores representados por una diversidad de 1.37 y 0.98 bits, asociados a una equitabilidad de 0.52 y 0.60 respectivamente.

Durante la época húmeda, la composición zooplanctónica estuvo representada por una abundancia relativa destacándose los grupos zooplanctónicos dominantes Larvas de decápodos (25%), Copépodos(23%), Zoeas de Brachiuras (18%), Cladóceros (13%), este último representado por las especies *P. avirrostri y E. tergestina*. En la categoría de accesorio se encuentra el grupo Larvas de peces con una abundancia relativa de (5%) y Quetognatos (2.6%).

Dentro de la categoría de accidentales se encuentran los grupos zooplanctónicos Ostrácodos (2%), Huevos de peces (1.2%), así también se registró los grupos zooplanctonicos Nauplios de cirripedios, Megalopas de Brachiuras, Anfipodos y Larvas de Poliquetos que juntos alcanzaron una abundancia relativa de (2.8%) (Fig. 6). Adicionalmente se reporta la presencia inusual en las muestras de zooplancton estadios larvales de insectos, que no forman parte de zooplancton.



Figura. 6 Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en el área del rio Esmeraldas en la época húmeda durante el 2004

En la época, seca se registró una variabilidad especialmente en la abundancia relativa, con ligeras diferencias en la composición de la comunidad zooplanctónica.

La diversidad zooplanctónica estuvo representada por la dominancia de los grupos Copépodos (39%), Huevos de peces (22%), Larvas de decápodos (19%), Zoeas de Brachiuras (8%), mientras que en la categoría de accesorios se encontró los grupos Anfipodos y Ostrácodos con una abundancia relativa de 3.7% y 2.8 % respectivamente. En la categoría de accidentales se registró los grupos Quetognatos con el 1.3%, seguidos de los grupos Pterópodos, Sifonóforos, Medusas, Doliolum, Mysidáceos, Poliquetos y sus estadios Larvales, Larvas de peces, Larvas de brachiopoda, Larvas de cirripedios, que juntos registró una abundancia relativa de 2.1%, (Fig. 7).

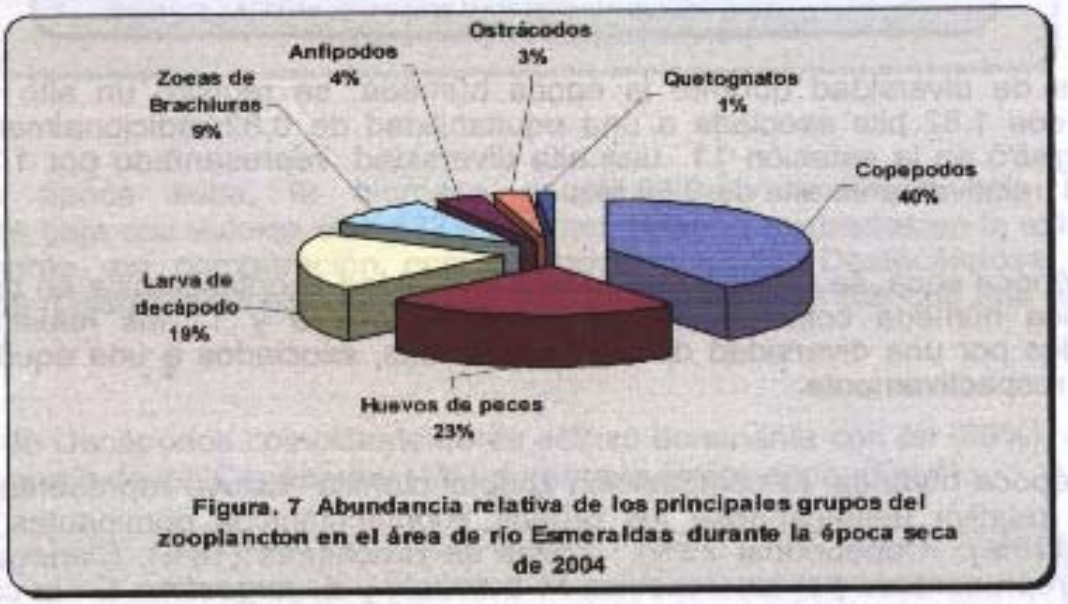


Figura. 7 Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en el área de río Esmeraldas durante la época seca de 2004

En cuanto a la distribución de los grupos zooplanctónicos cabe señalar que en las estaciones que sé monitoreó en el área del río Esmeraldas comprenden 3 perfiles localizadas desde la estación 3 a 11, resaltando las Larvas de decápodos presentó una amplia distribución en el área en estudio. A diferencia de los grupos de Zooplanctónicos citados anteriormente se registró exclusivamente en el perfil que corresponden a las estaciones 9, 10 y 11 localizadas en la bocana del río Esmeraldas, zona circundante al ingreso de aguas marino-costera.

Con relación a las especies de Quetognatos se reporta ejemplares pertenecientes al género *Sagitta sp.* que en virtud de encontrarse inmaduros no se pudo determinar a nivel de especie.

➢ TERMINAL PETROLERO (TEPRE):

En esta área corresponde 3 perfiles ubicándose desde las estaciones 12 a 20 en la zona circundante a Terminal Petrolero.

En esta zona se registró una muy abundante biomasa zooplanctónica durante la época húmeda, destacándose las estaciones de mayor abundancia 14 y 15 con un valor superior a 305000 Ind-100m^3.

En cambio durante la época seca se registró una baja biomasa zooplanctónica en comparación con la época húmeda. Se destacan las estaciones 13, 14 y 20 con valores de biomasa superior a 10000 Ind-100m^3. Mientras que las menores biomasas zooplanctónicas se encontró en las estaciones 17 representado por un valor de 9584 Ind-100m^3, (Fig. 8).

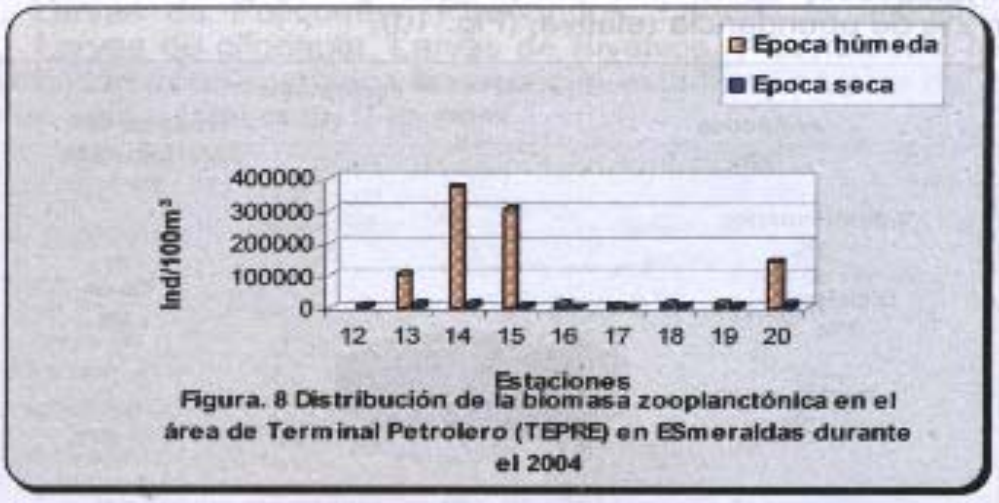


Figura. 8 Distribución de la biomasa zooplanctónica en el área de Terminal Petrolero (TEPRE) en ESmeraldas durante el 2004

En cuanto a la diversidad zooplanctónica expresada en términos de bits se registró durante la época húmeda en la estación 17 la mayor diversidad con un valor de 1.63 y una equitabilidad de 0.63, y la menor diversidad se registró en la estación 14 representado por 0.48 bits con una uniformidad de 0.2 bits.

En la época seca se registró una diversidad zooplanctónica que fluctuó entre 0.97 a 0.0 con una equitabilidad de 0.5 a 0.0 respectivamente.

En la época húmeda la comunidad zooplanctónica estuvo representada por la dominancia de los grupos Copépodos(77%), Cladóceros(9%), Quetognatos (8%), mientras que en la categoría de accidentales se registró Zoeas de Brachiuras (1.7%), Larvas de decápodos (1.4%) y Huevos de peces (1.4%). Cabe destacar que las familias correspondientes a huevos de peces pertenecen a Engraulidae y Clupeidae, (Fig. 9).



Figura. 9 Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en el área de Terminal Petrolero de Esmeraldas en la época húmeda durante 2004

En la categoría de accidentales se registró un gran número de taxas representados por Estomatópodos, Larvas de Cirripedios, Mysidaceos, Larvas de peces, Bivalvos que juntos registró una abundancia relativa de 2%.

Durante la época seca se registró en la comunidad zooplanctónica la dominancia exclusiva del grupo Copépodos con una abundancia relativa de (87%). Adicionalmente se registró otros grupos importante entre ellos se destaca los Quetognatos (3.0%), Doliolum (2.%), Apendicularios (1.4%), Larvas de peces (1%). Adicionalmente se reporta la presencia de Huevos de invertebrados, Pterópodos, Sifonóforos, medusas, Larvas de Decápodos, Mysidaceos, Larvas de Eufaúsidos y Larvas de Poliquetos que juntos representan un 2% de abundancia relativa, (Fig. 10).

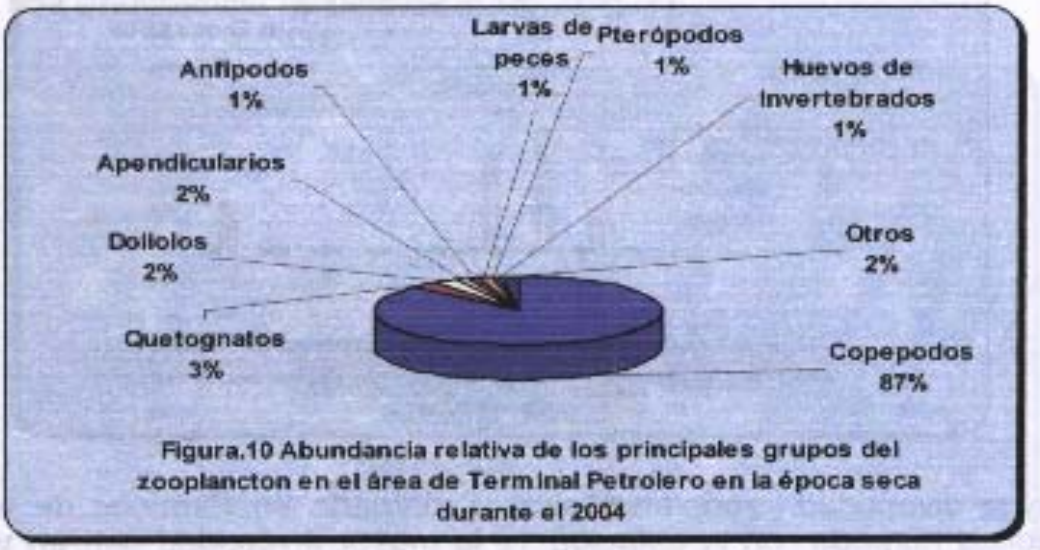


Figura.10 Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en el área de Terminal Petrolero en la época seca durante el 2004

➢ AREAS LAS PALMAS:

En el área frente al balneario las Palmas durante la época húmeda se registró una biomasa zooplanctónica que fluctuó entre 15645 Ind a 25794 Ind-100m^3 encontrados en las estaciones 21 y 22 respectivamente. Mientras que en la época seca esta biomasa disminuyó ligeramente registrándose una biomasa de 16378 Ind a 4089 Ind-100m^3 en las estaciones 21 y 22 respectivamente, (Fig. 11).

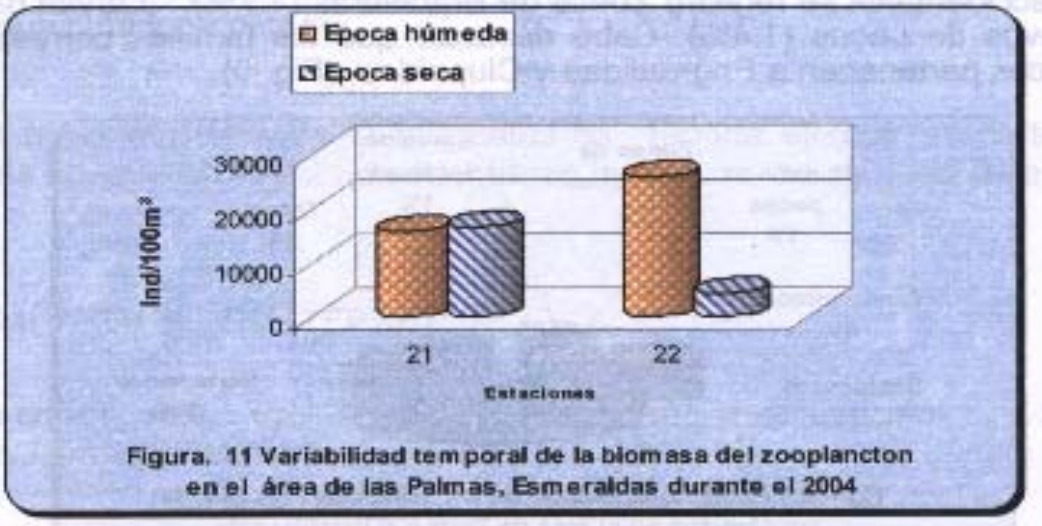


Figura. 11 Variabilidad temporal de la biomasa del zooplancton en el área de las Palmas, Esmeraldas durante el 2004

En términos de diversidad en la comunidad zooplanctónica se registró en la época húmeda un valor promedio de 1.1 bits, mientras que en la época seca se registró una disminución de la diversidad zooplanctónica con un valor de 0.32 bits y una baja equitabilidad de 0.4 a 0.1 en las épocas húmeda y seca respectivamente.

La comunidad zooplanctónica estuvo representada por la dominancia de los grupos Copépodos 54%, Quetognatos 20%, Cladóceros correspondientes a la especie *Penilia avirrostris* con una abundancia relativa 9.6%, Zoeas de Brachiuras (9%). En menor abundancia se registró los grupos Mysidáceos 2.2%, Larvas de Decápodos 1.4%, seguidos de los grupos Medusas, Larvas de cirripedios, Isópodos, Anfipodos, Megalopas de Brachiuras, Larvas de Poliquetos, Pterópodos, Larvas de actinotroca, Larvas de Equinodermos, Larvas de cifonauta, Larvas de Bivalvos, y Cumaceos, registrándose en una buena diversidad zooplanctónica en especial estadiós Larvales de diferentes taxas que corresponden al meroplancton, (Fig. 12).

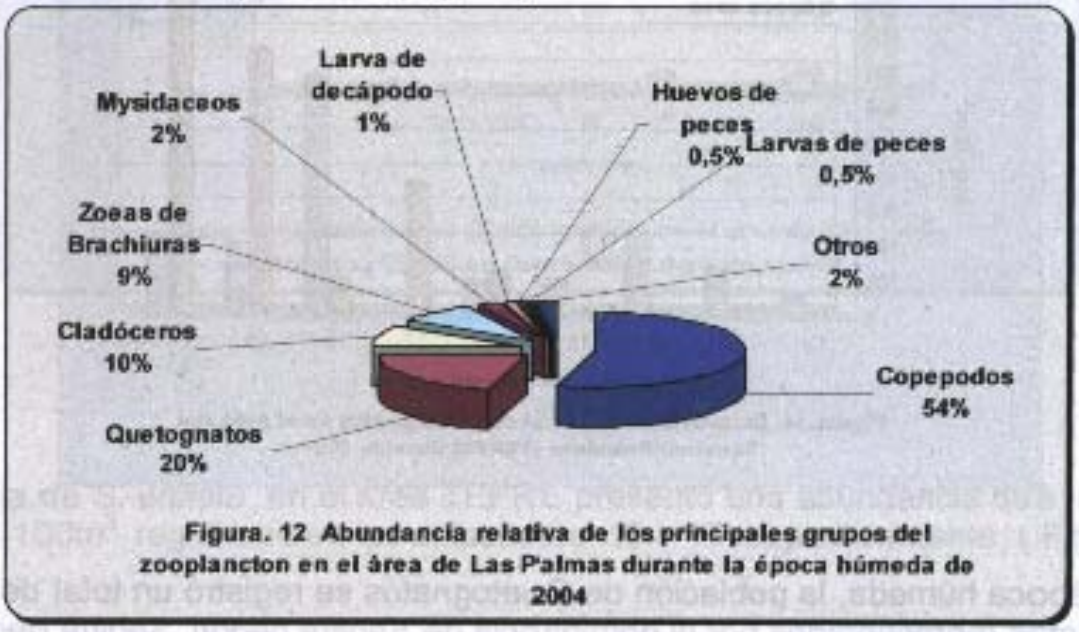


Figura. 12 Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en el área de Las Palmas durante la época húmeda de 2004

Durante la época seca se registró una dominancia exclusiva del grupo Copépodos con un 82%, en la categoría de accesorio se encontró Anfipodos y Larvas de Decápodos con una abundancia superior del 2.5% cada uno. En la categoría de accidentales se reporta la presencia de Apendicularios, Larvas de peces, Pterópodos, Larvas de Poliquetos, Zoeas de Brachiuras, Ostrácodos, Quetognatos y Sifonóforos que juntos registró una abundancia relativa de 1%, (Fig. 13).

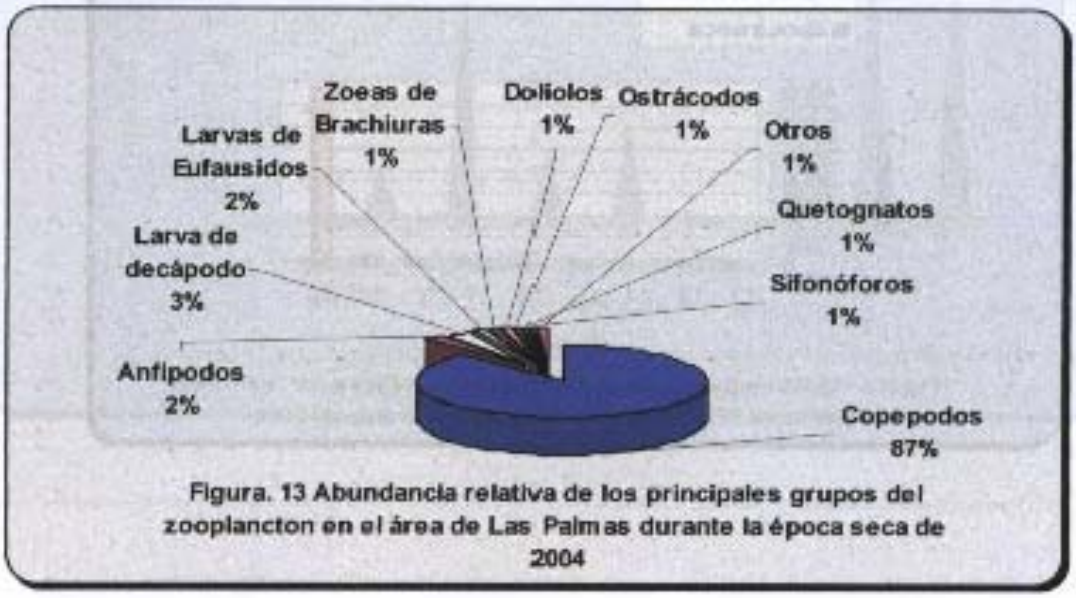


Figura. 13 Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en el área de Las Palmas durante la época seca de 2004

COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION TEMPORAL DE LA POBLACIÓN DE QUETOGNATOS OBSERVADAS EN LAS AREAS TEPRE Y LAS PALMAS.

➢ Area Términal Petrolero (TEPRE).

En esta área se reporta una densidad poblacional durante la época húmeda superior de 55000 Ind-100m^3 localizado en la estación 20, mientras que la menor biomasa de ejemplares de Quetognatos se registró en la estación 18 con un valor de 89 Ind-100 m^3. Durante la época seca se registró una disminución en la densidad poblacional la cual fluctuó entre 667 a 44 Ind-100 m^3 observados en las estaciones 18 y 12 respectivamente, (Figura. 14).

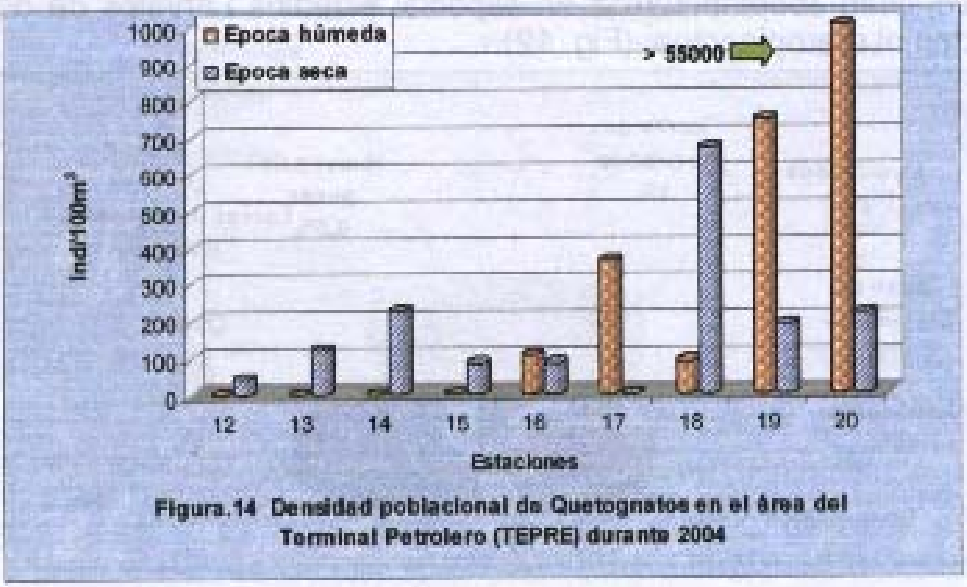


Figura.14 Densidad poblacional de Quetognatos en el área del Terminal Petrolero (TEPRE) durante 2004

Durante la época húmeda, la población de Quetognatos se registró un total de 4 especies de Quetognatos representados por la dominancia de *Sagitta bedoti, Sagitta neglecta.*

S. bedoti presentó la mayor abundancia en la estación 20 con un valor superior a 3500 Ind-100m^3 en comparación a la época seca que su mayor abundancia se registró en Estación 18 con un valor de 28 Ind-100m^3 (Figura. 15).



Figura. 15 Abundancia de *Sagitta bedoti* en el área de Terminal Petrolero "TEPRE" en Esmeraldas durante el 2004

La distribución de *S. neglecta* registró la mayor abundancia en la época húmeda con valores que fluctuó entre 2311 Ind-100m^3 a 172 Ind-100m^3 registrados en las estaciones 20 y 17 respectivamente y durante la época seca no se registró especímenes de esta especie, (Figura. 16).

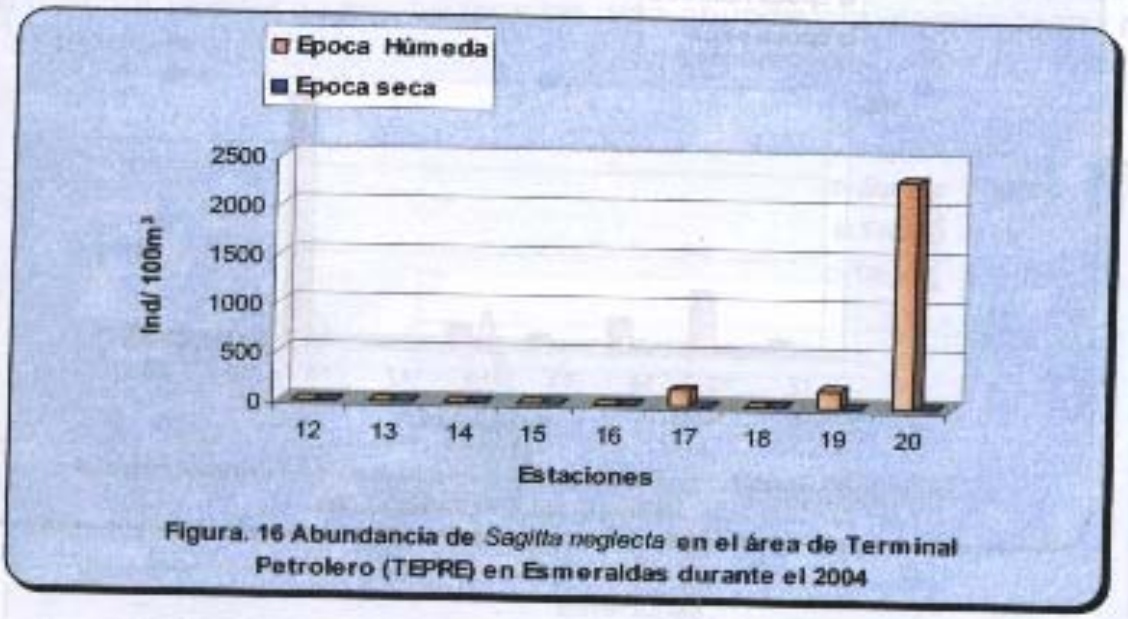


Figura. 16 Abundancia de *Sagitta neglecta* en el área de Terminal Petrolero (TEPRE) en Esmeraldas durante el 2004

La presencia de *S. enflata* en el área TEPRE presentó una abundancia que osciló entre 78 a 17 Ind-100m^3 registrado en las estaciones 18 y 17 respectivamente, (Figura. 17).

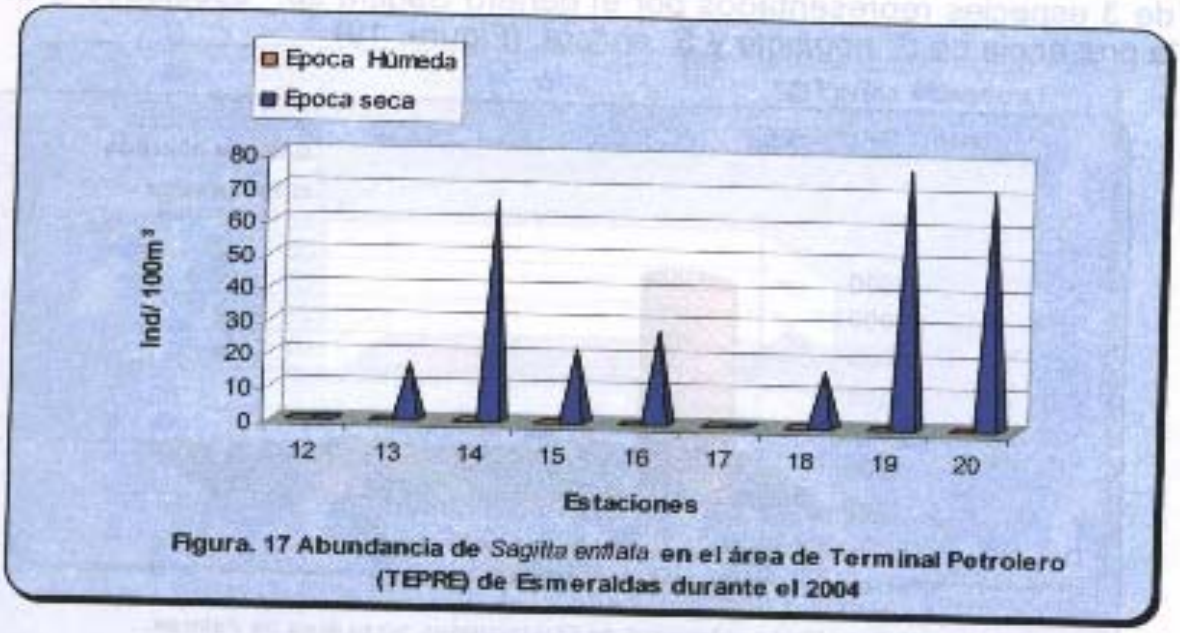


Figura. 17 Abundancia de *Sagitta enflata* en el área de Terminal Petrolero (TEPRE) de Esmeraldas durante el 2004

De las especies reportadas en el área TEPRE se presentó *S. minima* en la época seca con valores de abundancia de 6 a 144 Ind-100m^3 y durante la época húmeda estuvo ausente, (Figura. 18)

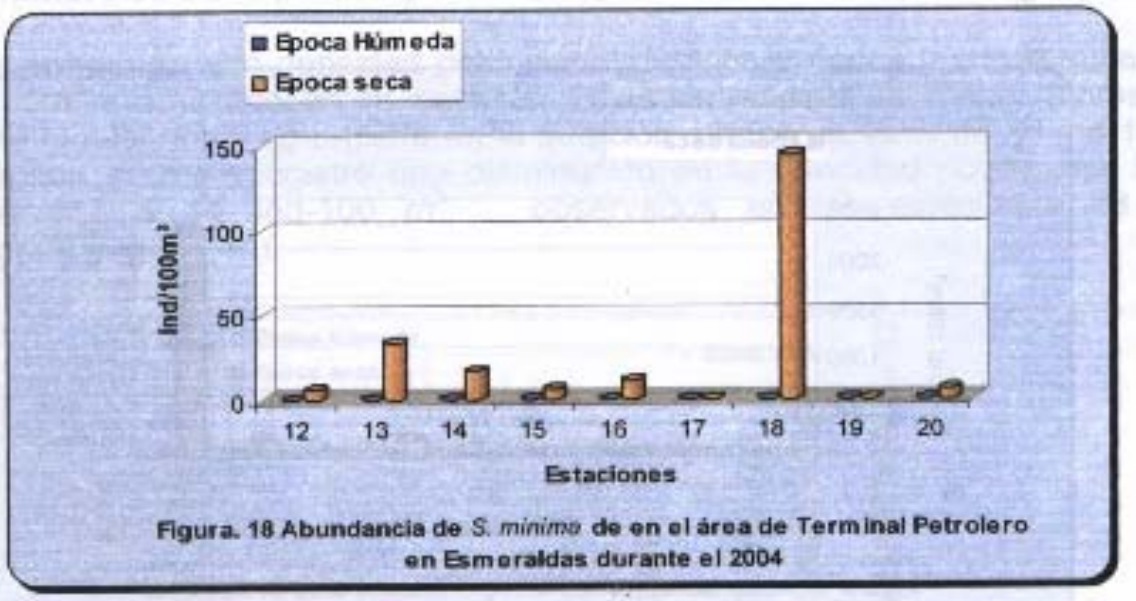


Figura. 18 Abundancia de *S. minima* de en el área de Terminal Petrolero en Esmeraldas durante el 2004

Adicionalmente en las estaciones localizadas en el área de TEPRE se encontró la presencia de las especies *S. robusta, S. bruuni.* con valores de 711 y 356 Ind-100m^3 respectivamente, en la época húmeda.

➢ AREA FRENTE AL BALNERIO LAS PALMAS.

La abundancia de ejemplares de Quetognatos fue relativamente escasa, destacándose en la estación húmeda valores que fluctuaron entre 700 a 5333 Ind-100m^3 determinándose un total de 3 especies representados por el género *Sagitta sp.* asociados a *S. bedoti* se registró la presencia de *S. neglecta* y *S. enflata*. (Figura. 19)



Figura. 19 Densidad poblacional de Quetognatos en el área de Palmas, Esmeraldas durante en 2004

Mientras que en la época seca disminuyó la abundancia de Quetognatos registrándose su máxima densidad en las estaciones 21 con un valor de 672 Ind-100m^3.

La especie *Sagitta bedoti* se registró en las 2 épocas estacionales, destacándose en la época húmeda la mayor abundancia con valores que fluctuaron 3867 a 206 Ind-100m^3, en cambio durante la época seca se registró una abundancia con un rango de 22 a 117 Ind-100m^3, (Figura. 20)

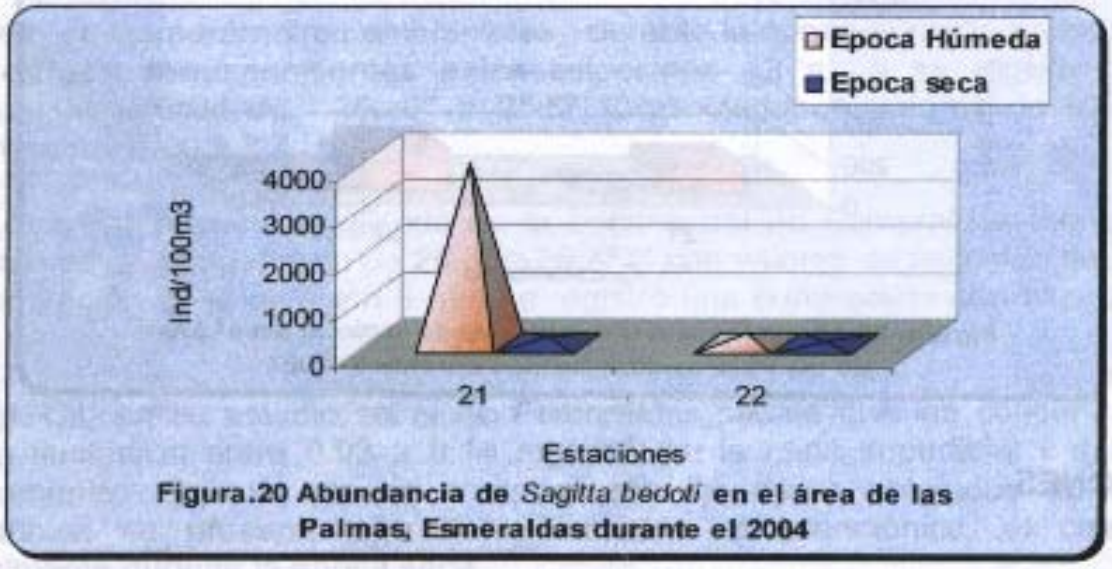


Figura.20 Abundancia de *Sagitta bedoti* en el área de las Palmas, Esmeraldas durante el 2004

Otra especie que se registró durante las 2 épocas estacionales fue *Sagitta enflata*, encontrándose una abundancia de 6 y 11 Ind-100m^3 en las épocas seca y húmeda respectivamente, (Figura. 21)

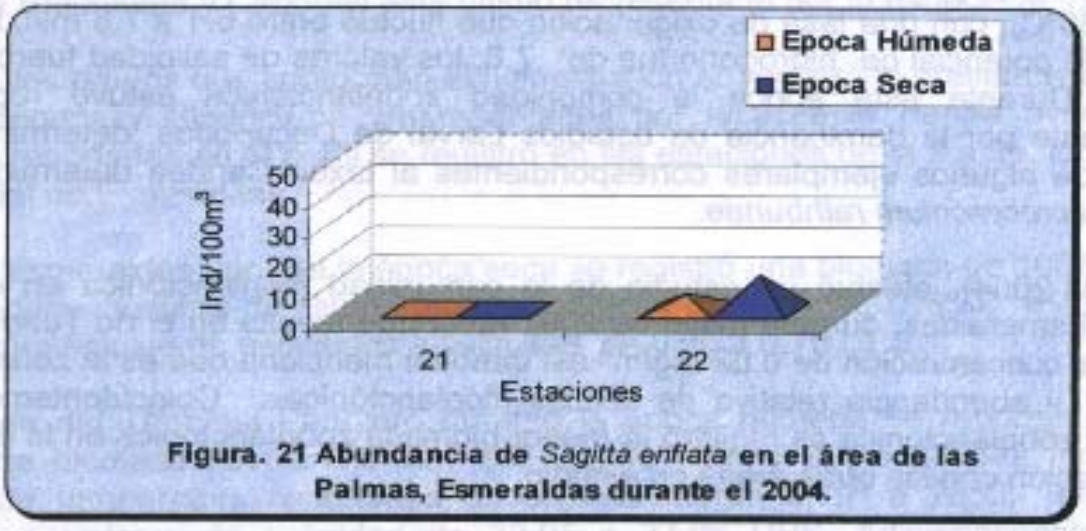


Figura. 21 Abundancia de *Sagitta enflata* en el área de las Palmas, Esmeraldas durante el 2004.

La especie *Sagitta neglecta* se registró exclusivamente en la época húmeda determinándose una densidad poblacional que fluctuó entre 133 a 200 Ind-100m^3, (Figura. 22).

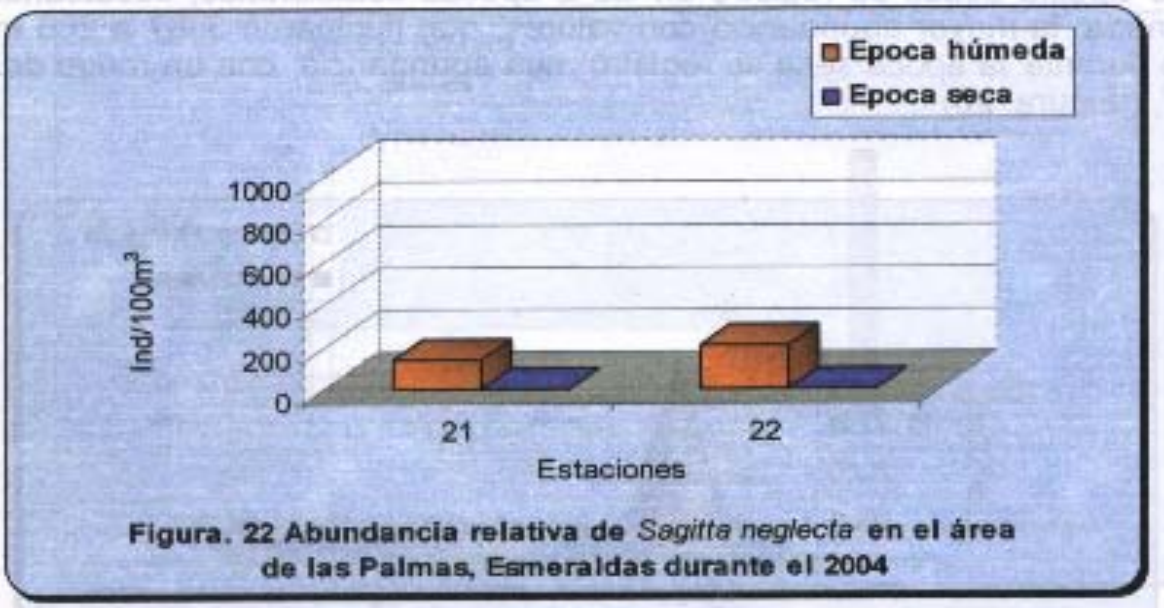


Figura. 22 Abundancia relativa de *Sagitta neglecta* en el área de las Palmas, Esmeraldas durante el 2004

DISCUSIONES

En el presente trabajo se presentó una variabilidad temporal en términos de la abundancia de la biomasa zooplanctónica reportada en los diferentes ecosistemas en estudio.

Se resalta que en el área correspondiente al río Teaone se registró una biomasa promedio superior a 3600 Ind-100m^3, en la época húmeda, mientras que en la época seca la biomasa promedio disminuyó a un valor inferior a 1000 Ind-100m^3.

Los valores de los parámetros fisícos-químicos en el rio Teaone durante la época húmeda fueron de 30°C, con una tasa de oxigenación que fluctuó entre 6.1 a 7.8 ml/l, los valores promedio de potencial de hidrógeno fue de 7.8, los valores de salinidad fueron de 0.0 a 1.8 UPS. Durante esta época la comunidad zooplanctónica estuvo representada principalmente por la dominancia de estadios Larval de Decápodos, determinándose la presencia de algunos ejemplares correspondientes al taxon Caridea determinándose la especie, *Macrobrachium rathbunae*.

Tapia (2003-2004), efectuó un estudio de la comunidad fitoplanctónica en el estuario interior de Esmeraldas, durante mayo de 2002 en la que resalta en el río Teaone registró una baja de concentración de 0.02 mg/m^3 así también menciona que es la zona de menor diversidad y abundancia relativa de células fitoplanctónicas. Coincidentemente en la comunidad zooplanctónica se registró la menor biomasa zooplanctónica en la época seca en comparación con las otras áreas en estudio.

Durante la época seca en el río Teaone se registró la temperatura superficial de 29°C asociada a una tasa de oxigenación que varió entre 8.2 a 8.8 ml/l, mientras que se observó un ligero incremento del pH con valor de 8.3, cercano a los valores registrados como áreas de posibles contaminación. La comunidad de zooplanctónica estuvo representada de igual manera por la dominancia de Larvas de Decápodos 99% y

Copépodos representados por el 1%, la cual está representado por una baja diversidad de taxas.

En el área del rio Esmeraldas durante la época húmeda, se determinó una biomasa total de 836 Ind-100m^3, y durante la época seca se registró un aumento de la biomasa representado por un total de 10872 Ind-100m^3.

Los valores de los parámetros ambientales, durante la época húmeda en las estaciones de los perfiles correspondientes a las estaciones 3 a 8 se registró valores de temperatura superficial de 24. 6° a 25.6° C asociados a valores de salinidad que fluctuaron entre 0.00 a 2.7 UPS.

Mientras que en el perfil localizado en la bocana del río Esmeraldas hacia el mar se registró valores de temperatura de 25.1° a 26.4° C con valores de salinidad de 0.01 a 2.86 UPS, a excepción de la estación 9 que se registró una cuña salina con valores de 32.64 UPS.

Tapia (Op. Cit) en su estudio en el rio Esmeraldas señala que las concentraciones de clorofila a fluctuaron entre 0.03 a 0.14 mg/ m^3, en la capa superficial y subsuperficial respectivamente, por lo que se compara con los datos obtenidos de abundancia zooplanctónica se presentó una baja biomasa zooplanctónica, el cual aumento sustancialmente durante la época seca.

En cuanto a los valores de oxígeno disuelto se registró una tasa de oxigenación que no presento cambios sustanciales determinándose 6.6 a 7.9 ml/l a diferencia de la estación 9 en la que se registró el valor de 5.6 ml/l de oxígeno disuelto. Los valores de potencial de hidrogeno fueron homogéneos representados por 7.1 a 7.8 pH. En términos de composición de la comunidad zooplanctónica se reporta la dominancia de grupos zooplanctónicos que conforman el meroplancton resaltándose Larvas de Decápodos, Zoeas de Brachiuras y Carideos este último representado por la especie *M. rathbunae*.

En tanto, los grupos que conforman el holoplancton se registró la presencia dominante de los Copépodos y Cladóceros representados por la especie *Penilia avirrostris*. Estas especies reportadas en el perfil se registró en las estaciones de la 9 a 11, localizado en la bocana del río Esmeraldas.

En el río Esmeraldas durante la época seca se registró una biomasa de 10872 Ind-100m^3, destacándose valores de temperatura superficial de 26.5° a 27.6°C, estos valores de temperatura estuvieron asociados a salinidad de 0.00 a 0.70 UPS.

En el área del Terminal Petrolero durante la época húmeda se reportan los máximos valores de biomasa zooplanctónica, que fluctuó entre 9584 a 370822 Ind-100m^3, con valores de temperatura reportados en el área fueron 25.9° a 28°C, el cual estuvo asociado a valores de salinidad de 32.05 a 27.05 UPS. Adicionalmente la tasa de oxigenación osciló entre 5.66 a 7.3 ml/l, mientras que los valores de pH se registraron entre 8.03 a 8.14 en el área en estudio.

Tapia (Op cit), destaca que la zona marino-costera correspondiente al Terminal Petrolero se registró la mayor productividad fitoplanctónica representado por una biomasa celular alta en la capa superficial y subsuperficial. Comparando con la información obtenida de la

biomasa zooplanctónica se registró la mayor productividad secundaria en la época húmeda con relación a las otras áreas en estudio.

Las especies dominantes de Quetognatos reportados en el área del Terminal Petrolero, durante la época húmeda corresponden al género *Sagitta* determinándose las especies *S. bedoti* y *S. neglecta*. En menor abundancia se registró la presencia de la especie *S. robusta*, los cuales estuvieron presentes a un rango de temperatura superficial del mar de 25.9° a 28°C asociada a valores de salinidad de 32.05 a 27.05 UPS.

Mientras que durante la época seca se registró una disminución de la biomasa zooplanctónica con valores de 22 a 11000 Ind-100m^3, durante esta época se registró un incremento en los rangos de temperatura superficial del mar determinándose valores de temperatura superficial de 26.4° a 28.4°C asociados con valores de salinidad de 33.4 a 33.8 UPS. Adicionalmente en está área se registró una alta tasa de oxigenación de 6.6 a 7.0 ml/l.

Con relación a las especies de Quetognatos registradas durante la época seca se encontró una variabilidad temporal en la composición y abundancia de las especies de Quetognatos, determinándose la dominancia de *S. enflata*, seguida en términos de abundancia *S. minima* y en menor abundancia se encontró las especies *S. bedoti* y *S. regularis*.

En el área del balneario Las Palmas se registró una biomasa zooplanctónica representado por un valor de 15000 a 25000 Ind-100m^3, la cual estuvo relacionada a un rango de temperaturas de 27.5° a 28.2°C con valores de salinidad de 33.03 a 31.82 UPS. Estos parámetros físicos estuvieron relacionados con una alta tasa de oxigenación con valores de 6.7 a 7.2 ml/l. Las especies de Quetognatos registrados durante esta época estuvieron representadas por la dominancia de *S. bedoti* y *S. neglecta*.

Mientras que en la época seca la biomasa zooplanctónica disminuyó notablemente en el balneario Las palmas, determinándose valores de biomasa que fluctuó entre 4000 a 16378 Ind-100m^3, los valores de temperatura fueron 26.7° a 26.8°C con un valor de salinidad 33.6 UPS, adicionalmente se reporta una buena tasa de oxigenación representado por 6.8 ml/l, durante esta época se registró la presencia dominante de las especies *S. bedoti* y *S. neglecta*, y en menor abundancia se reporta la las especies *S. minima* y *S. enflata*. especies registradas durante el período en estudio.

En el área en estudio se observó una variabilidad temporal de las especies de Quetognatos reportadas en el área del Terminal Petrolero, Esmeraldas determinándose la dominancia de *S. bedoti* y *S. neglecta* en la época húmeda y durante la época seca se registró la presencia de *S. enflata* asociada a *S. minima*.

Arcos y Bonilla (1989), mencionan que las comunidades del plancton existen una variabilidad en cuanto a las escalas espacio, temporal, destacando dentro del grupo de organismos que se presentan en gran cantidad y que se relacionan con altos valores de temperatura se tiene a las larvas de decápodos, Huevos de peces, Pterópodos, Apendicularios, Doliólidos y Cladóceros.

CONCLUSIONES

En el área en estudio se destacan 2 ecosistemas bien marcados.

En los ecosistemas conformados por los rio Teaone y Esmeraldas se registró la menor biomasa y diversidad zooplanctónica principalmente en las estaciones localizadas en el río Teaone, destacándose la presencia de algunos ejemplares correspondientes al taxon Caridea, determinándose la especie, *Macrobranchium rathbunae*, durante la época húmeda.

En el ecosistema marino-costero se resalta la mayor abundancia zooplanctónica especialmente en las estaciones distantes a Terminal Petrolero durante la época húmeda.

En el área de Terminal Petrolero (TEPRE), se observó una variabilidad temporal en la composición y abundancia de las especies de Quetognatos, destacándose la dominancia de *Sagitta bedoti*, asociada a *S. neglecta* durante la época húmeda. Las especies *S. enflata* y *S. minima* fueron abundantes en la época seca, esta variabilidad en la composición de las especies de Quetognatos esta posiblemente relacionada a cambios estacionales en los valores de la salinidad.

Otro grupo del zooplancton se registró dominante, los Cladóceros representado por la especie *Penilia avirrostris* asociada a *Evadne tergestina* que se encontró exclusivamente en la época húmeda.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su gratitud a los Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada, en especial al TN-NV Luis Morales Jefe del Dpto. de Ciencias del Mar por permitir ejecutar la presente investigación.

A la Dra. Elena Gualancañay por la lectura y sugerencias vertidas al presente trabajo. A los pasantes de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil que colaboraron en el tratamiento y separación de los ejemplares de Quetognatos, Crustáceos (Carideos) de las muestras del zooplancton.

BIBLIOGRAFIA

Alvariño, A. 1963. Quetognatos Epiplanctónicos del mar de Cortes. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural Tomo XXIV, Dic., 1963. 97-243p.

Alhstrom & Moser. 1980. Identifications of pelagic marine fish eggs. Calcofi. Rep, Vol. XXI. 1-30p.

Arcos, F. & D. Bonilla. 1989, Variación temporal del zooplancton de una estación fija en bahía Academia (Galápagos) periodo 1986-1988: Su relación con la temperatura superficial. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 5 (1). 14-23p.

Bieri R. & D. Bonilla.1982. Una nueva especie de Serratosagitta (QUETOGNATO) para la comunidad del plancton del Pacífico Ecuatorial Oriental. Memorias II Congreso Nacional de Ciencias Biológicas., Nov. 1982, Guayaquil. 1: 69-78 p

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

Bonilla D. 1983. Estudio Taxonómico de los Quetognatos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 2 No. 2 509-567 p.

Bonilla, D. 1983. El zooplancton de las Islas Galápagos. Acta oceanográfica del Pacífico. Vol. 2, (1) 119-146p.

De Boyd, S. 1977. Guide to Marine Coastal plankton and invertebrate larvae. Departament of biology west valley community college, California. 157 p

Gasca, R. & E. Suárez. 1996. Introducción al Zooplancton Marino. ECOSUR-CONACYT, México 1-711p.

Luzuriaga, M. 1993. Distribución y abundancia del zooplancton en los manglares de región norte de la provincia de Esmeraldas- Ecuador. Revista. Ciencias del Mar Limnología. Vol. · (1): 59-87 p.

Mujica, A. & V. Ascencio. 1985. Larvas de peces, Eufáusidos y estructura comunitaria del zooplancton del Estrecho Bransfield (Crucero Sibex-Inach, 1984). Ser. Cient. INACH. 33: 159-186 p.

Naranjo, C & M. Tapia. 2002. Composición, distribución y abundancia del plancton en el estuario de San Lorenzo Esmeraldas-Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2002. Vol. 10(1). Páginas 113-128 p.

Pérez, E. 1987. Prevención y Control de la Contaminación de las aguas costeras y estuarinas del Ecuador. 36p.

Shannon- Weiner, 1964. The mathematical theory of commninication. Urbana: University of Illionois press: 125 p.

Tapia, M. 2003-2004. Estudio de las comunidades fitoplanctónicas en el estuario interior de Esmeraldas, Ecuador durante mayo de 2002. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2003-2004. Vol. 12(1). 21-28 p.

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

PLANCTON ALREDEDOR DE LAS ISLAS GALAPAGOS, DURANTE EL CRUCERO OCEANOGRAFICO EFECTUADO EN MAYO DE 2004*

Maria Elena Tapia [1]
Christian Naranjo [1]

Abstract

The paper has reference of the composition and distribution of the species the phytoplankton and Zooplankton around of Galapagos Islands. It was established 13 stations located in the sections folowing 92°-90° y 89° west, carry out during in may of 2004.
It was identificated 58 species phytoplankton in water example and 70 species in net (50u) The diatomms were dominants and low concentration was registered the Dynoflagellates, Cocolitophorides, Silicoflagellates, Cianobacters, Tintinnoids.

The cellular biomass were represented main the species Mesodinium rubrum y Gynodinium sp. that were the high abundance, coincidental with the species obtained of net example was registered Rhizosolenia hebetata and Thalassiosira subtilis that characteristic the most productivity in the sections 90° West and 1° sur.

The zooplancton were registered 17 taxa of Zooplankton representated the groups dominants the Copepods (35%), Chaetognaths (34%), and Zoeas of Brachiuras (11%) and it were frecuent around the Galapagos Islands.

The species of Chaetognathus was registered the dominance Sagitta enflata asociated S. pacifica with the hight density of individuals localizated in the secction 90° W and 1° north in the surface. Aditionally it was registered the species Sagitta hexaptera determinance the hight abundance in the subsurface in the secction 89°W between the 1° to 3° sureast of the Galapagos Islands.

Resumen

El presente trabajo comprende la composición y distribución del plancton en las islas Galápagos. Para el efecto se establecieron 13 estaciones ubicadas en las secciones 92°- 90° y 89° W, realizadas en mayo del 2004.

Se identificaron 58 especies de fitoplancton en muestras de agua y 70 especies en muestras de red (50u). Las diatomeas fueron dominantes y en menor concentración se observaron los dinoflagelados, cocolitofóridos, silicoflagelados cianobacterias y tintínnidos.
La biomasa celular estuvo representada principalmente por Mesodinium rubrum y Gymnodinium sp, especies que fueron las de mayor abundancia en la sección 90° W. Coincidentemente en las muestras de red se observaron Rhizosolenia hebetata y Thalassiosira subtilis características de una alta fertilidad a 1° sur de la sección 90° W.
En zooplancton se registraron 17 taxa zooplanctónicas destacándose entre los grupos dominantes los Copépodos (35%), Quetognatos (34%) y Zoeas de brachiuras (11) como grupos dominantes y frecuentes en el área de estudio.
De las especies de Quetognatos se reporta la dominancia de Sagitta enflata asociada a S. pacifica y su mayor concentración de individuos se localizó en la sección 90 ° W a 1° norte en la capa superficial. Adicionalmente se reporta la presencia de Sagitta hexaptera determinándose la mayor abundancia en la capa subsuperficial de la sección 89° W entre 1° sur a 3° sureste de las islas Galápagos.

[1] Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil-Ecuador. Fax: 2485166. E-Mail: mtapia@inocar.mil.ec - cnaranjo@inocar.mil.ec
Trabajo presentado en el VII Congreso de Ciencias del Mar – Cuba, 4-8 de diciembre de 2006

INTRODUCCION

El grupo de islas hoy conocidas con el nombre de Galápagos afloran sobre las aguas oceánicas del Pacífico Oriental en la era actual, en donde existe una amplia diversidad de especies en la flora y fauna marina comparado con otros ambientes marinos en el Pacífico oeste.

El área marítima alrededor de las islas Galápagos, que forma parte del Pacífico Ecuatorial Oriental, presenta características océano-atmosféricas muy particulares como producto de la interacción de varias masas de agua. El Archipiélago de origen volcánico tiene un interés científico y turístico mundial por su ecosistema único, se extiende desde el paralelo 1°40´norte con la isla Darwin hasta 1°30´sur con la isla Española, y desde el meridiano 89° W con la isla San Cristóbal hasta el meridiano 92°W con la isla Darwin, Knauss (1966).

Indudablemente el fitoplancton como producto directo del enriquecimiento de las aguas originadas por la emergencia en la superficie de la Subcorriente Ecuatorial tiene un gran valor para caracterizar esta condición oceanográfica que algunas veces es difícil de determinar solamente con datos de temperatura y salinidad pero que determina una alta productividad del fitoplancton al oeste de las islas Galápagos, Jiménez (1980).

En el ecosistema pelágico se han efectuado algunos estudios entre ellos se destacan los trabajos realizados por Bonilla (1983), que hace énfasis en un estudio del zooplancton entre las islas para determinar las mayores concentraciones de zooplancton y su relación con factores abióticos.

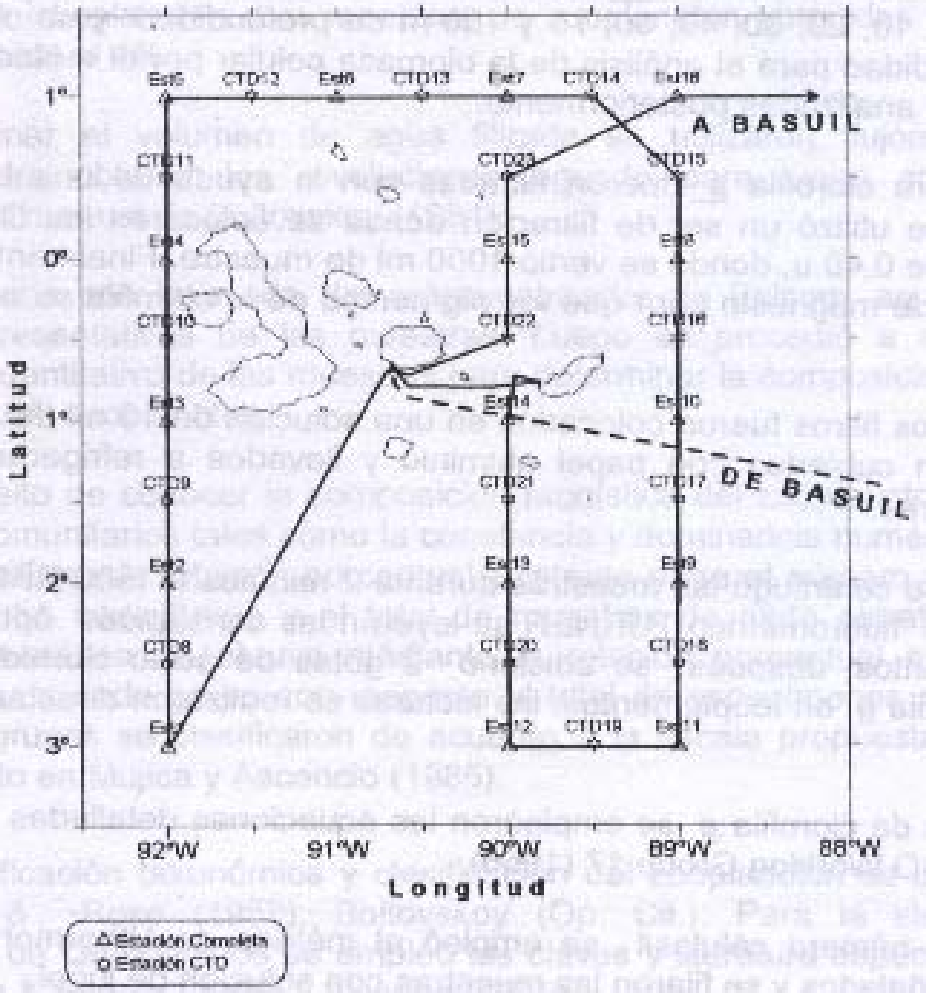
Arcos y Bonilla (1989), estudiaron la variación temporal del zooplancton de una estación fija en Bahía Academia (isla Santa Cruz), durante el período 1986-1988, estableciendo relaciones con la temperatura superficial del mar. Determinando que los principales grupos que componen el zooplancton fueron los copépodos, larvas de decápodos, huevos de peces, ostrácodos, pterópodos y apendicularios.

El zooplancton marino incluye representantes de todos los grupos de animales, tantos adultos como en etapas diversas del desarrollo.

AREA DE ESTUDIO

En la presente investigación, el área donde se efectuaron las estaciones oceanográficas para colectar las muestras de plancton corresponde entre 92°'00'W , 90°00'W y 89°00'W desde los 1°00' norte hasta 3°00' sur alrededor de Galápagos (Fig 1).

TRACK DEL CRUCERO OCEANOGRÁFICO (INSULAR) CO-1-04



Los estudios desarrollados para conocer el régimen de circulación y su influencia sobre el plancton se basan fundamentalmente en las condiciones hidrográficas que caracteriza a cada masa de agua en particular.

La región de las islas Galápagos tiene la influencia directa de la Corriente Ecuatorial y corriente submarina, recibiendo además la influencia de la Corriente de Humboldt y la Contra Corriente Ecuatorial, Alvariño y Leira (1986).

MATERIALES Y METODOS

FITOPLANCTON

En las estaciones oceanográficas se obtuvieron muestras de agua a ocho niveles de profundidad para análisis de clorofila a y feopigmentos (Método de fluorometría), contaje celular (Método de Uthermohl). En las estaciones diurnas se midió la penetración de la luz con la ayuda del disco Secchi). Para análisis cualitativo de fitoplancton se llevaron a cabo arrastres superficiales y verticales con red de 30 y 55µ; para análisis cuali y

cuantitativo del Zooplancton se realizaron arrastres oblicuos desde 150 m a la superficie y arrastres superficiales por 10 minutos empleando redes cónicas simples (WP-2) con una apertura de malla de 600µ.

Para la determinación de clorofila *a* y feopigmentos se colectaron muestras de un litro de agua de mar a 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad y se obtuvieron cinco niveles de profundidad para el análisis de la biomasa celular por el método de Uthermohl (sedimentación) y analizadas posteriormente.

Las muestras para clorofila *a* fueron filtradas con la ayuda de una bomba al vacio. Adicionalmente se utilizó un set de filtración donde se colocaron los filtros de fibra de vidrio Whatman de 0.40 u, donde se vertió 1000 ml de muestra. Finalmente se adicionó 2 ml de carbonato de magnesio para que los pigmentos de la clorofila se adhieran al papel filtro.

Posteriormente, los filtros fueron colocados en una solución de 10 ml de acetona al 90%, que luego fueron cubiertos con papel aluminio y llevados a refrigeración durante un período de 24 horas.

Al siguiente día se centrifugó las muestras durante 2 minutos a 1500 RPM. Luego con la ayuda del equipo fluorométrico TURNER se leyeron las densidades ópticas de clorofila *a* y de feopigmentos, después se adicionó 2 gotas de ácido clorhídrico al 5% para convertir la clorofila *a* en feopigmentos, las lecturas se realizaron directamente en el tubo de fluorescencia.

Para los cálculos de clorofila *a* se emplearon las ecuaciones detalladas en el manual de la SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

Para efectuar el número células/l se empleó el método de Uthermohl en los niveles anteriormente señalados y se fijaron las muestras con solución de lugol.

En el laboratorio, las muestras fueron previamente homogeneizadas y se colocaron en cámaras de sedimentación de 25 ml por un período de 24 horas, luego de lo cual fueron examinadas con un microscopio invertido a 400X de magnificación.

Para los análisis cualitativos de la comunidad fitoplanctónica se efectuaron arrastres superficiales utilizando una red cónica simple (WP-2), con un diámetro de 0.3 m y una apertura de malla de 50 u. Los arrastres se realizaron durante 10 minutos a una velocidad de dos nudos. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax.

Para el análisis de las muestras se tomó 2 alicuotas homogeneizadas que fueron previamente colocadas en porta objeto y sobrepuesto un cubre objeto de 20 x 20mm y con la ayuda de un microscopio binocular, se efectuó el análisis de toda el área del cubreobjeto, finalmente los datos fueron expresados en cel/m^3.

Para el análisis de especies del fitoplancton se siguió la taxonomía de Cupp (1943), Taylor (1976), Jiménez (1983), Pesantes (1983), Balech (1995), Thomas (1997).

ZOOPLANCTON

Para el estudio de las comunidades del zooplancton se efectuaron un total de 13 arrastres superficiales realizados cada uno durante diez minutos a una velocidad aproximada de dos nudos, para ello se utilizaron redes cónicas simples (WP-2) con un diámetro de 0.30 m y con una apertura de malla de 335u y 600u para el estudio de zooplancton e ictioplancton. Las muestras de zooplancton obtenidas fueron preservadas con formaldehído al 4%.

Para determinar el volumen de agua filtrada se utilizaron flujómetros previamente calibrados para obtener las revoluciones/segundo para luego aplicar las fórmulas descritas en el manual de Boltovskoy (1981).

En el laboratorio con la ayuda del submuestreador de Folsom, se procedió a extraer alícuotas representativas de las muestras. Luego se procedió a efectuar el análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras para determinar la composición y abundancia de la comunidad del zooplancton.

Con el propósito de conocer la composición faunística del zooplancton se determinó los parámetros comunitarios tales como la constancia y dominancia numérica. La constancia se calculó mediante la relación porcentual existente entre el número de muestras en las que se encontró cada grupo y el total de muestras de cada estrato; mientras que la dominancia numérica se obtuvo mediante la relación porcentual entre el número de zooplácteres de cada grupo con respecto al total de especímenes colectados en cada estrato. Los grupos se clasificaron de acuerdo a la escala propuesta por Bodenheimer (1955), referido en Mujica y Ascencio (1985).

Para la identificación taxonómica y clasificación del zooplancton se utilizó las claves de Tregóuboff & Rose (1957); Boltovskoy (Op. Cit.); Para la identificación de los especímenes de Quetognatos se empleó las claves y literatura especializada de Bonilla (1983); Gasca & Suárez (1996) y Alvariño (1965).

RESULTADOS

FITOPLANCTON: SECCION 92º

DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA *a* Y FEOPIGMENTOS

En la capa superficial se registró una relativa productividad de clorofila *a*, encontrándose concentraciones de 0.28 mg/m^3 y 0.26 mg/m^3 localizado a 0º y 1º norte correspondientes a las estaciones 4 y 5 respectivamente.
Las menores concentraciones de clorofila se registraron a los 3º sur (estación 1) con un valor de 0.08 mg/m^3 (Fig.2)

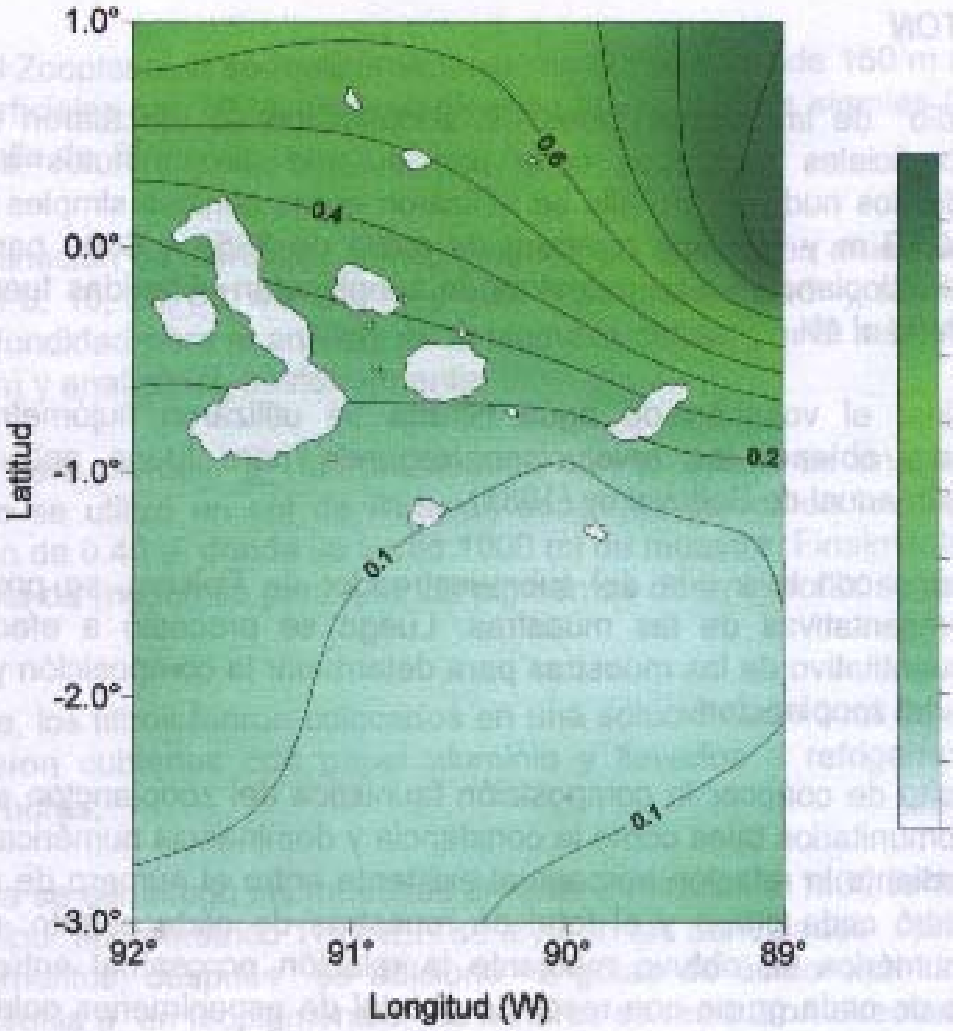


Figura 2. Distribución Superficial de Clorofila a en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

La distribución de las mayores concentraciones de feopigmentos se registró en la estación 5 localizada a 1° norte.

La biomasa de clorofila a y feopigmentos estuvo distribuida en la sección 92°W asociada a temperaturas superficiales que se distribuyeron de norte a sur con rangos de 24° y 20° C.

En la capa subsuperficial se presentó un incremento de las concentraciones de clorofila a que se distribuyó desde 1° norte a 3° sur, resaltando los valores de clorofila a que oscilaron entre 0.19 a 0.2 2 mg/m^3 (estación 3 y 4), registrados en los niveles de 10 y 50 metros de profundidad.

Las mayores concentraciones de biomasa clorofilica a nivel subsuperficial se encontró a los 1° sur registrado a 50m de profundidad, con un valor de 0.92 mg/m^3.

La distribución de las mayores concentraciones de feopigmentos mostró una variabilidad en la columna de agua entre los 0m a 40m, con valores que fluctuaron entre 0.12 a 0.36 mg/m^3, relacionado con temperatura de 21°C (Fig.3)

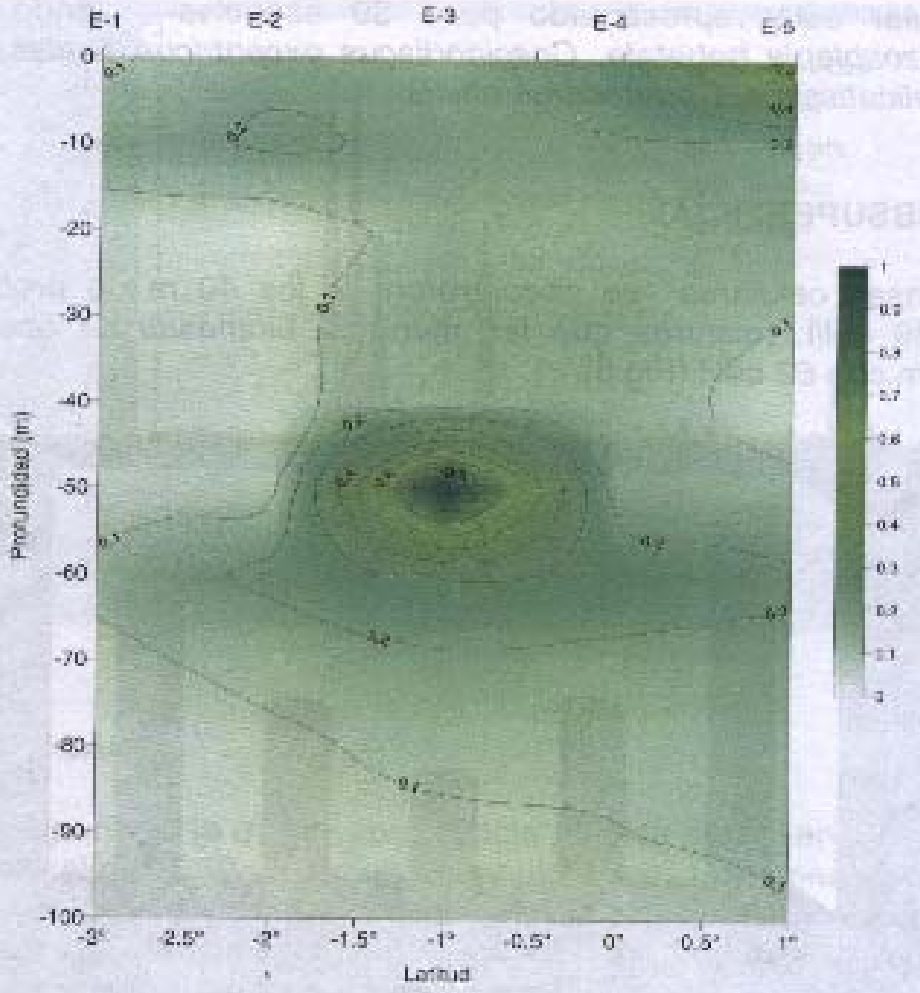


Figura 3. Distribución Vertical de Clorofila a en la Sección 92° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

BIOMASA CELULAR : DISTRIBUCION SUPERFICIAL

Las mayores concentraciones celulares se registraron en la estación 2, correspondiente a la sección 92°W con 298 cel/l; mientras que las menores biomasas se observaron en la estación 3 con 116 cel/l (Fig.4)

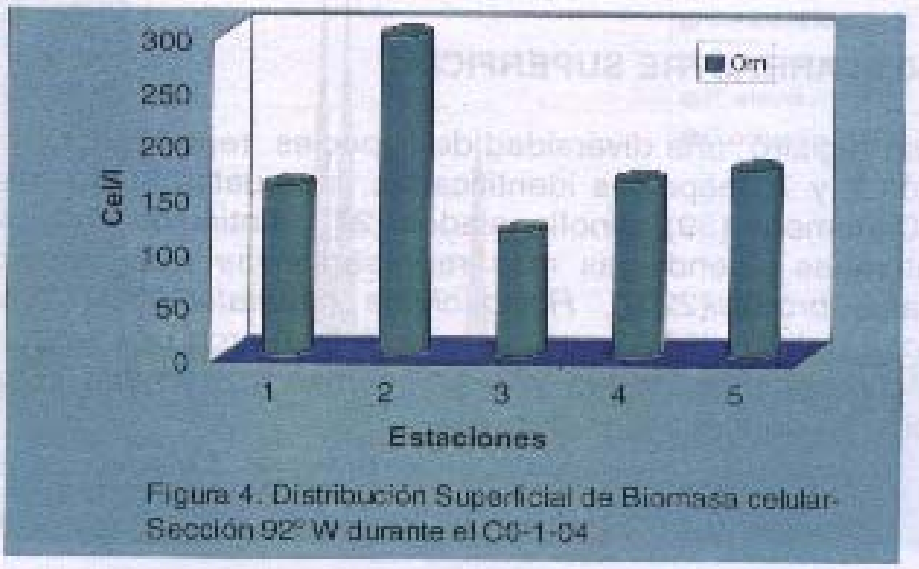


Figura 4. Distribución Superficial de Biomasa celular-Sección 92° W durante el CO-1-04

Esta biomasa celular está representado por 39 especies siendo las especies representativas *Rhizosolenia hebetata, Coscinodiscus excentricus Thalassiosira subtilis, Pseudo-nitzschia delicatissima, Chaetoceros affinis.*

DISTRIBUCION SUBSUPERFICIAL

Las mayores biomasas celulares se encontraron a los 40 m de profundidad de la estación 1, con 189 cel/l; mientras que las menores biomasas se observaron en la estación 2 a los 50 m con 62 cel/l (Fig.5)

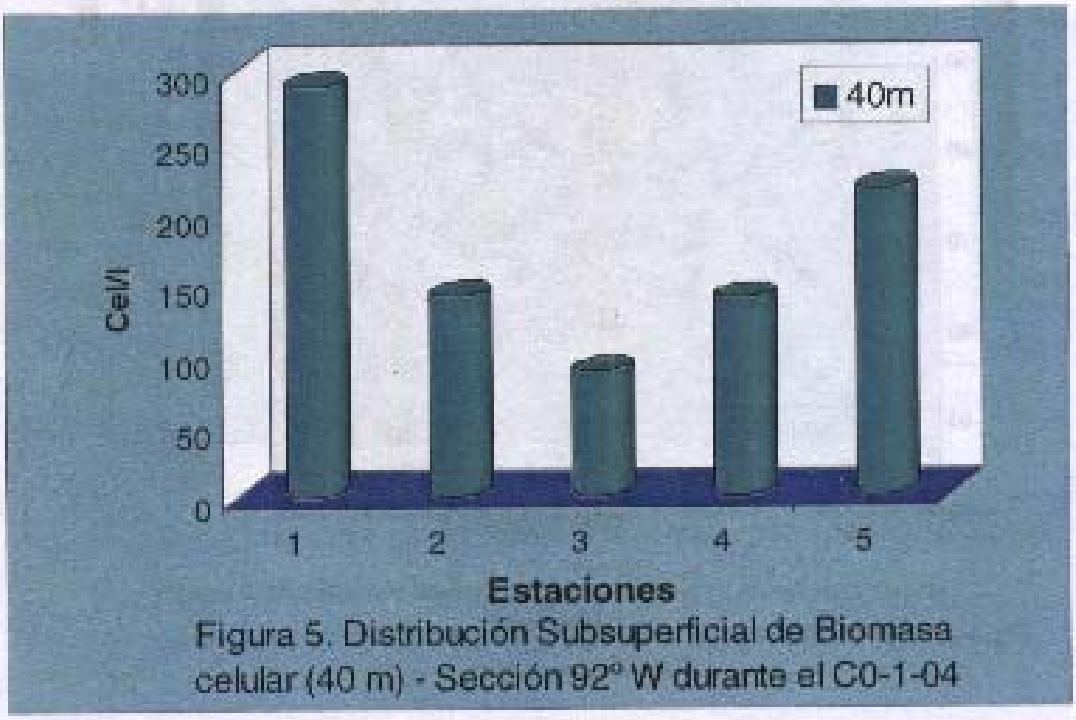


Figura 5. Distribución Subsuperficial de Biomasa celular (40 m) - Sección 92° W durante el C0-1-04

La biomasa celular está representado por 58 especies siendo las especies representativas *Thalassiosira subtilis, Pseudo-nitzschia delicatissima, Rhizosolenia hebetata, Chaetoceros affinis, Coscinodiscus excentricus.*

FITOPLANCTON 50 u: ARRASTRE SUPERFICIAL

A nivel superficial se registró una diversidad de especies reportándose un total de 1709 cel/m^3 en la estación 2 y 70 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas (39), dinoflagelados (27), tintinnidos (4), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las más representativas *Coscinodiscus excentricus* (38%), *Asteromphalus brookei*(22%), *Rhizosolenia hebetata*(17%), *Pyrophacus steinii* (11%), *Pseudoeunotia doliolus* (2%) especies que presentaron una mayor concentración celular en el área comprendida de los 2° sur. La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 1 con 238 cel/m^3 (Fig. 6)

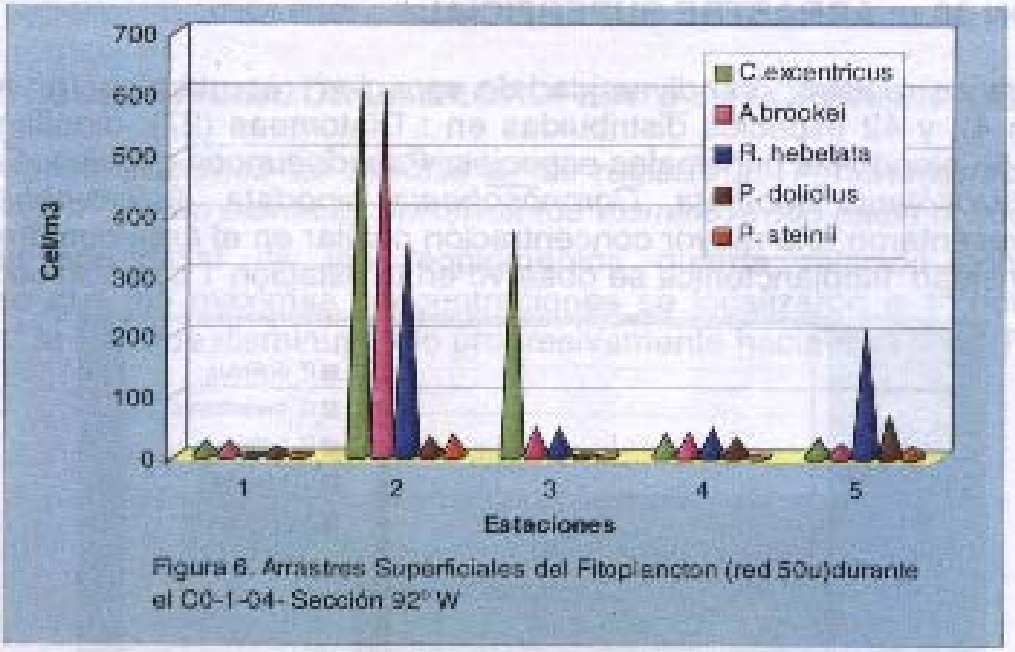


Figura 6. Arrastres Superficiales del Fitoplancton (red 50u)durante el C0-1-04- Sección 92° W

ARRASTRE VERTICAL

En el estrato subsuperficial la mayor abundancia relativa se observó en la estación 2 con un total de 1.402 cel/m^3 y 39 especies distribuidas en: Diatomeas (20), dinoflagelados (17), tintinnidos (2), siendo las principales especies: *Asteromphalus brookei* indicadora de Aguas Tropicales Superficiales, mientras que *Coscinodiscus excentricus, Rhizosolenia hebetata*, son típicas de aguas frías.

Adicionalmente se registró la presencia escasa de dinoflagelados representado por las especies *Pyrocystis steinii, Gonyaulax polyedra* con una densidad celular de 20 y 30 cel/m^3 encontradas a los 2° sur. Estas especies de dinoflagelados son termófilas considerados como indicadores de Aguas Ecuatoriales Superficiales. La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 5 con 60 cel/m^3 (Fig. 7).

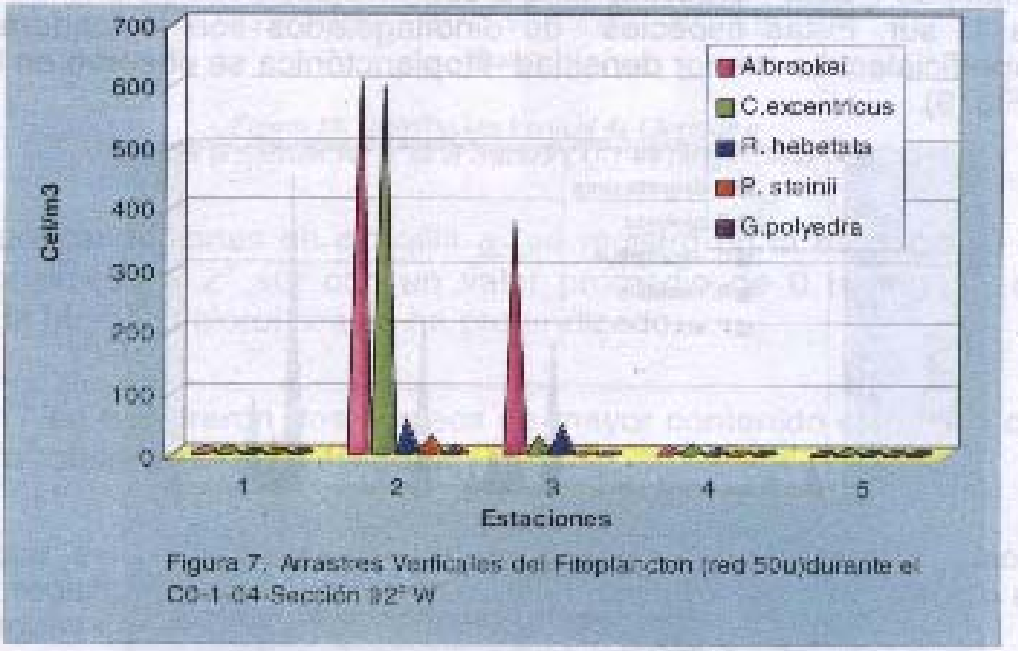


Figura 7. Arrastres Verticales del Fitoplancton (red 50u)durante el C0-1-04-Sección 92° W

FITOPLANCTON 30 *u*: ARRASTRE SUPERFICIAL

A nivel superficial se registró una diversidad de especies reportándose un total de 3172 cel/m^3 (estación 4), y 42 especies distribuidas en : Diatomeas (27), dinoflagelados (10), cocolitofóridos (5), siendo las principales especies: *Pseudoeunotia doliolus, Coscinodiscus excentricus, Rhizosolenia hebetata, Coronosphaera binodata, Asteromphalus brookei,* especies que presentaron una mayor concentración celular en el área comprendida de los 0° La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 1 con 130 cel/m^3 (Fig. 8)

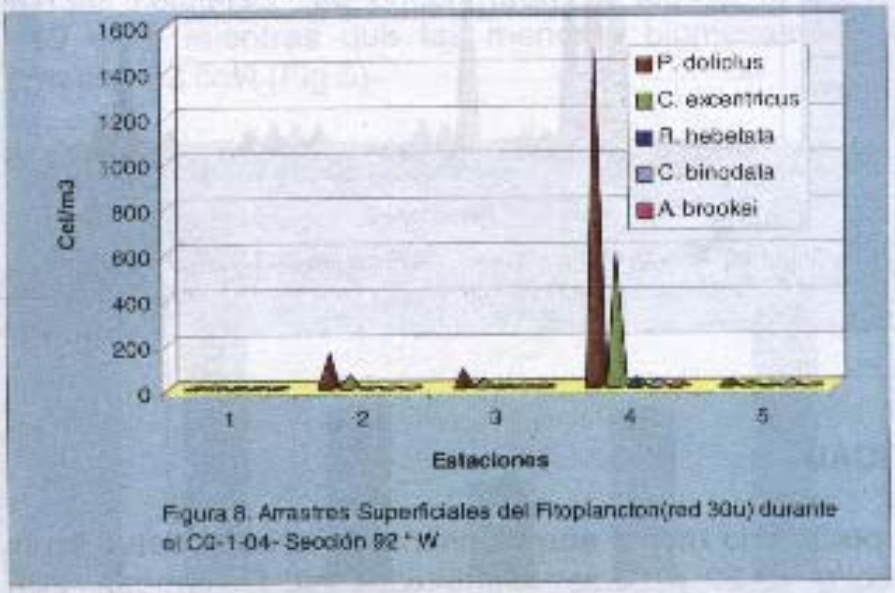


Figura 8. Arrastres Superficiales del Fitoplancton(red 30u) durante el CG-1-04- Sección 92 ° W

ARRASTRE VERTICAL

En el estrato subsuperficial la mayor abundancia relativa se observó en la estación 5 con un total de 497 cel/m^3 y 28 especies distribuidas en Diatomeas (19), dinoflagelados (3), silicoflagelados (2), cocolitóforidos (2), tintinnidos (2), siendo las principales especies: *Pseudonitzschia delicatissima, Coronosphaera globosa, Coscinodiscus excentricus, Rhizosolenia hebetata,* típicas de aguas frías. Mientras que *Planktoniella sol es* indicadora de Aguas Tropicales Superficiales.
Adicionalmente se registró la presencia escasa de dinoflagelados representado por las especies *Podolampas bipes, Pyrocystis lunula* con una densidad celular de 2 y 5 cel/m^3 encontradas a 1° sur. Estas especies de dinoflagelados son indicadoras de Aguas Ecuatoriales Superficiales. La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 2 con 23 cel/m^3 (Fig. 9)

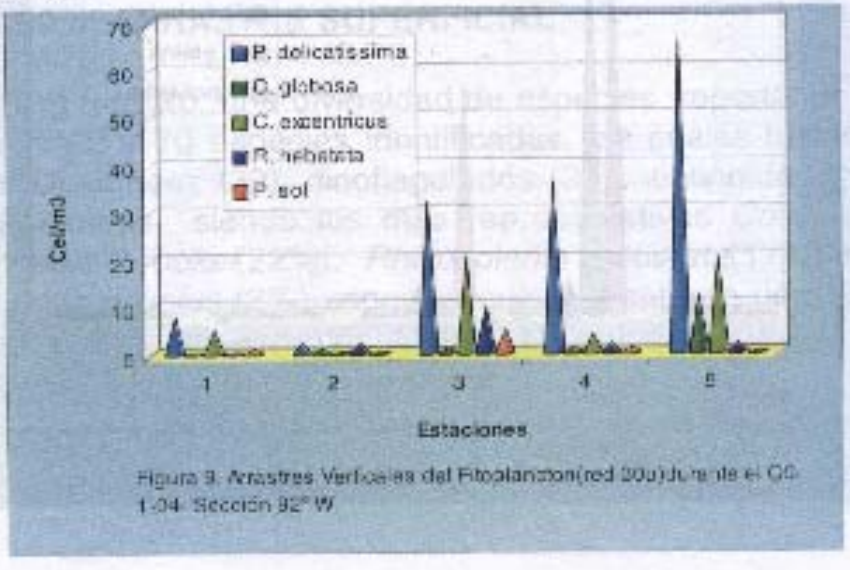


Figura 9. Arrastres Verticales del Fitoplancton(red 30u) durante el CG-1-04- Sección 92° W

SECCION 90°

DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE LA CLOROFILA *a* Y FEOPIGMENTOS

Las mayores concentraciones de clorofila a se registró a 1° norte(estación 7) con un valor de 0.66 mg/m³ y esta biomasa clorofílica fue disminuyendo hacia el sur.

La distribución superficial de los feopigmentos guarda relación con la clorofila, determinándose que las máximas concentraciones se localizaron a 1° norte(estación7), con 0.50 mg/m³ la cual fue disminuyendo progresivamente hacia un 1° sur (Fig. 10).

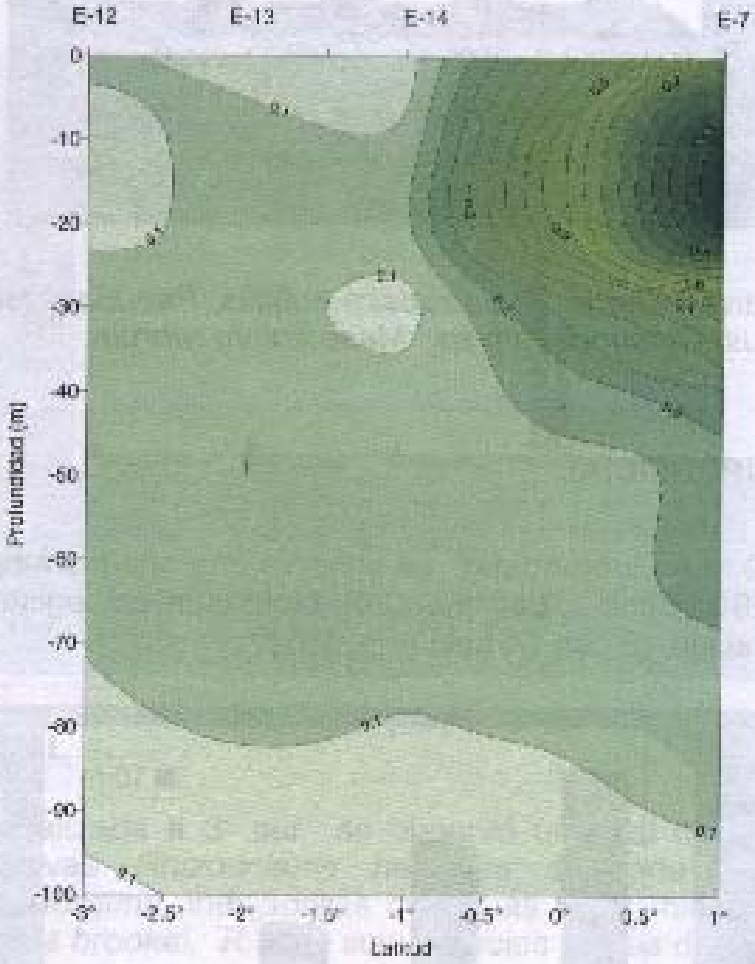


Figura 10. Distribución Vertical de Clorofila a en la Sección 90° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

Las mayores concentraciones de clorofila *a* se registró en la estación 13 a los 40m de profundidad localizado a 2° sur con un valor promedio de 0.16 mg/m³, en la cual se evidencia que la biomasa clorofílica se ha profundizado.

En la estación 7 se registraron dos núcleos de mayor contenido clorofílico con rangos de 0.98-0.99 mg/m³ observado a los 10-20m.

Se observa que existe una variabilidad en las concentraciones de clorofila *a* nivel subsuperficial, registrándose las menores concentraciones a 3° sur, debido a la presencia de masas de aguas con temperatura superior a 23°C.

En la estación 7 se observó una alta biomasa celular con 455 cel/l representado por 27 especies. Las menores biomasas se registraron en la estación 14 con 115 cel/l (Fig. 11)

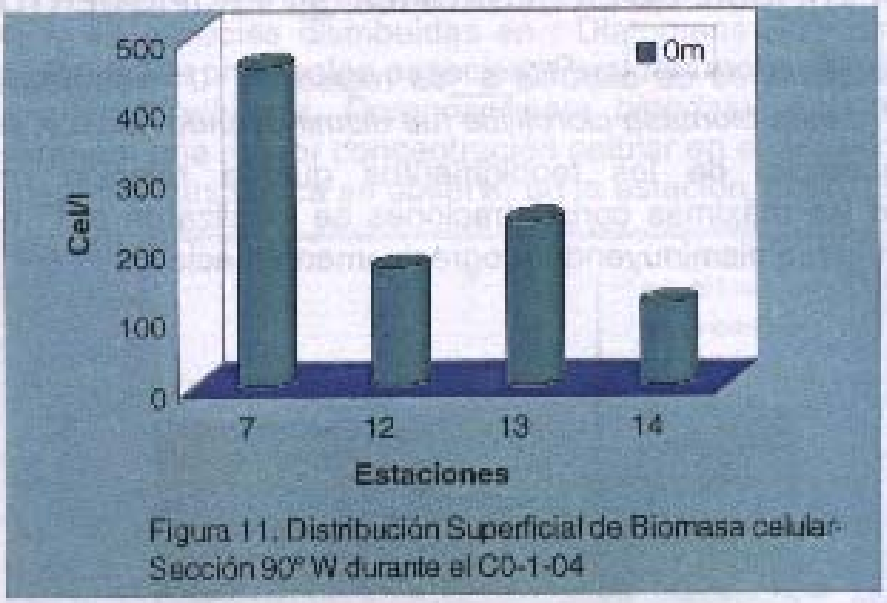


Figura 11. Distribución Superficial de Biomasa celular-Sección 90° W durante el C0-1-04

Las especies representativas fueron *Thalassiosira subtilis, Pseudonitzschia delicatissima, Coscinodiscus excentricus, Gymnodinium sp, Mesodinium rubrum.*

DISTRIBUCION SUBSUPERFICIAL

En la estación 7 a los 10 m de profundidad se observó una alta biomasa celular con 408 cel/l representado por 29 especies. Las menores biomasas se registraron a los 30 m correspondiente a la estación 13 con 76 cel/l (Fig. 12)

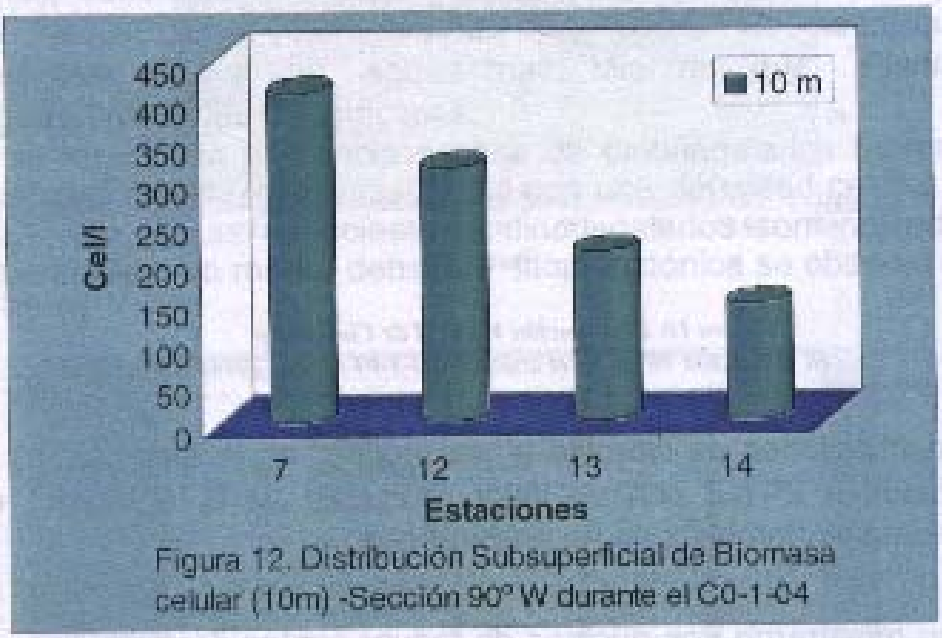


Figura 12. Distribución Subsuperficial de Biomasa celular (10m) -Sección 90° W durante el C0-1-04

Las especies representativas fueron *Thalassiosira subtilis, Coscinodiscus excentricus, Thalassiotrix frauenfeldii, Gymnodinium sp, Mesodinium rubrum.*

FITOPLANCTON 50 *u* : ARRASTRE SUPERFICIAL

En el estrato superficial la mayor abundancia relativa se observó a 1° sur en la estación 13 con un total de 4.353 cel/m^3 y 52 especies distribuidas en Diatomeas (28), dinoflagelados (21), tintinnidos (3), siendo las principales especies: *Asterompahalus brookei, Rhizosolenia hebetata, Coscinodiscus excentricus, Planktoniella, Pseudoeunotia doliolus,* estas especies de diatomeas son típicas de Aguas Tropicales Superficiales y aguas oceánicas.

Con relación a los dinoflagelados se registró la presencia de *Pyrophacus steinii,* especie considerada termófila, encontrándose en menor abundancia a 1° norte de la sección (Fig. 13)

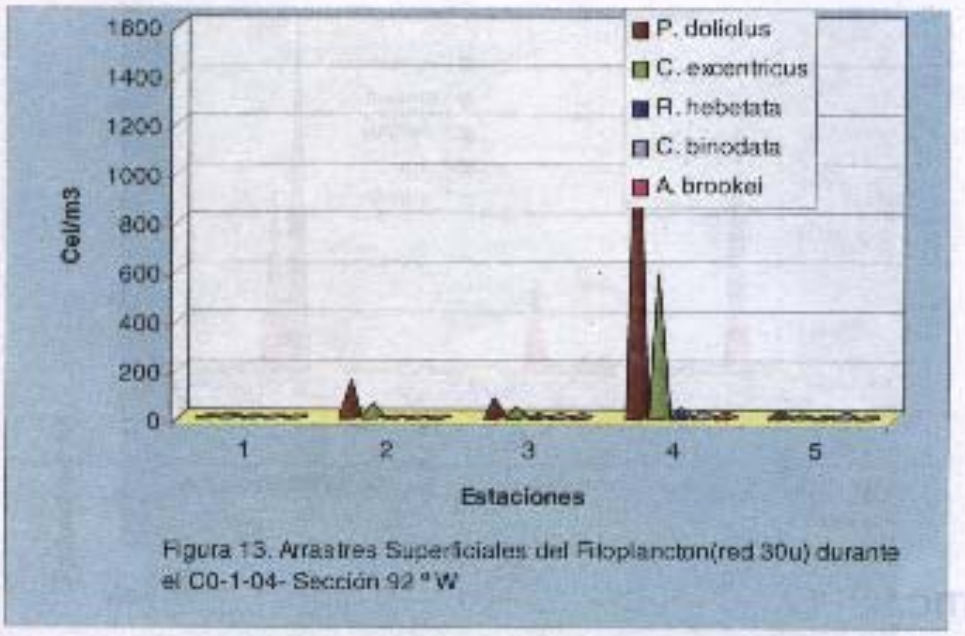


Figura 13. Arrastres Superficiales del Fitoplancton(red 30u) durante el C0-1-04- Sección 92 °W

ARRASTRE VERTICAL

En la estación 12 localizada a 3° sur se observó un total de 2651 cel/m^3, siendo las especies representativas *Rhizosolenia hebetata* asociada a esta se encontró *Pseudonitzschia delicatissima,* indicadoras de aguas frías; mientras que *Pseudoeunotia doliolus, Asteromphalus brookei, R.alata* son especies típicas de aguas cálidas (Fig. 14)

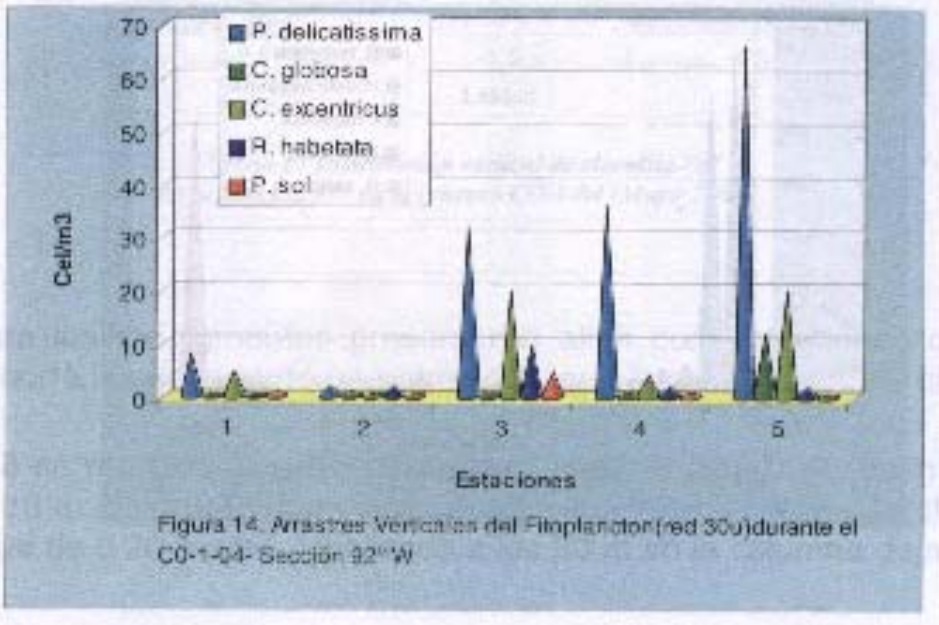


Figura 14. Arrastres Verticales del Fitoplancton(red 30u)durante el C0-1-04- Sección 92° W

FITOPLANCTON 30 *u* : ARRASTRE SUPERFICIAL

Las diatomeas fueron el grupo dominante de la comunidad del fitoplancton, la cual estuvo representado por la abundancia de *Pseudoeunotia doliolus, Rhizosolenia hebetata, Asteromphalus brookei, Coscinodiscus excentricus, Coronosphaera globosa* con una densidad celular de 4843 cel/m^3, estas especies presentaron una amplia distribución registrándose las mayores concentraciones celulares localizado a los 3° sur (estación 12). Estas especies de diatomeas son típicas de Aguas Tropicales Superficiales y aguas oceánicas.

Con relación a los dinoflagelados se registró la presencia de *Pyrophacus steinii, Ceratium trichoceros, Podolampas bipes* encontrándose en menor abundancia a 1° norte de la sección (Fig. 15)

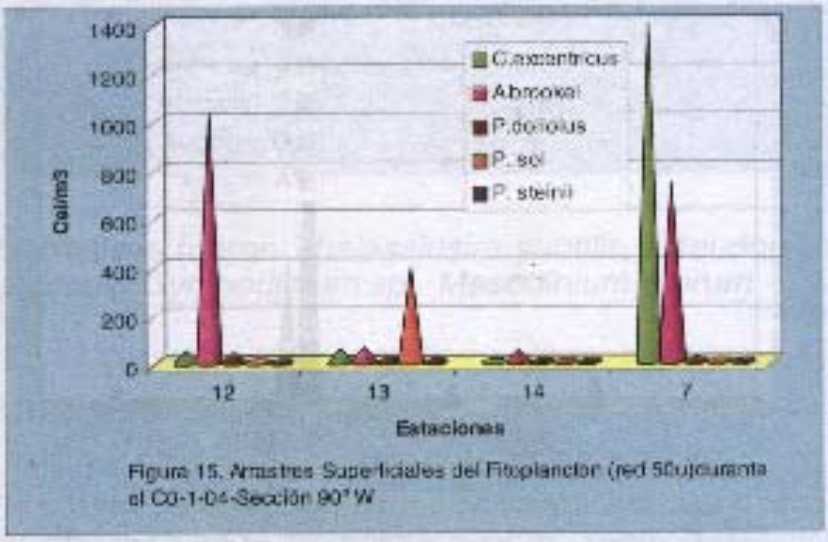


Figura 15. Arrastres Superficiales del Fitoplancton (red 50u)durante el CO-1-04-Sección 90° W

ARRASTRE VERTICAL

En la estación 14 localizada a 1° sur se observó un total de 1751 cel/m^3, siendo las especies representativas *Pseudoeunotia doliolus, Coscinodiscus excentricus, Rhizosolenia imbricata,* asociada a esta se encontró *R. hebetata, Thalassiosira subtilis,* indicadoras de aguas frías.

Con respecto a los nutrientes los valores inferiores a 10 ug-at/l para el silicato y de 1.0 ug-at/l para el fosfato, se localizaron sobre los 50 y 40 metros de profundidad respectivamente (Fig. 16)

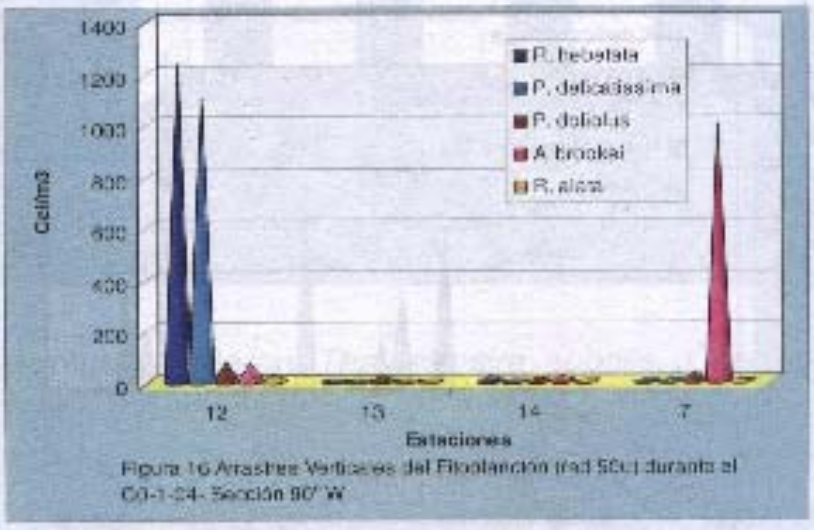


Figura 16 Arrastres Verticales del Fitoplancton (red 50u) durante el CO-1-04- Sección 90° W

SECCION 89°

DISTRIBUCION SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL DE CLOROFILA *a* Y FEOPIGMENTOS.

Se presentó un núcleo de clorofila en la estación 8 con un valor promedio de 0.96 mg/m^3 la cual fue disminuyendo progresivamente hacia los 3° sur, registrándose valores menores a 0.04 mg/m^3. Estos altos valores superficiales de clorofila coinciden con el valor promedio de 17m registrado por el disco Secchi (Fig. 17)

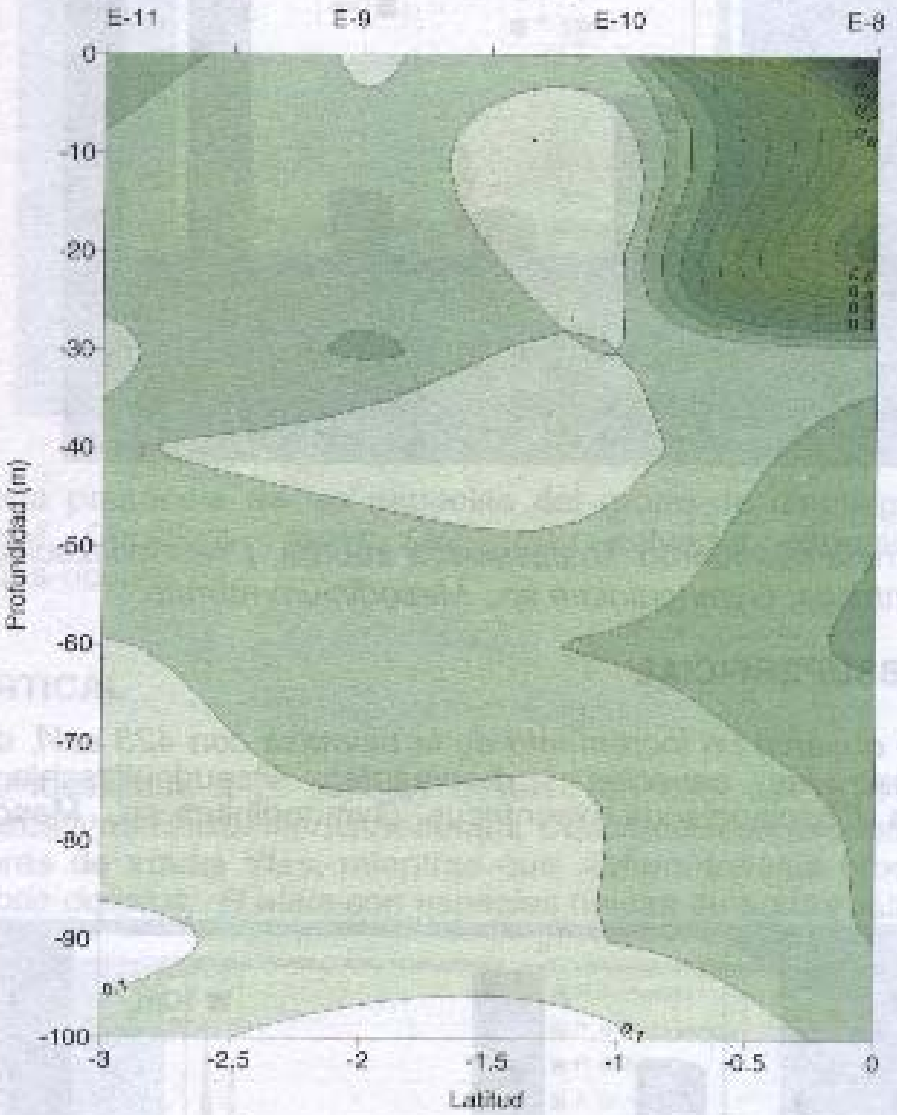


Figura. 17 Distribución vertical de clorofila "a" en la Sección 89° en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

De igual manera los feopigmentos presentaron altas concentraciones con 0.42 mg/m^3 localizado a 0° norte la cual guardó un patrón similar a la distribución de clorofila *a*.

En la estación 8 se registraron altas concentraciones de 0.56-0.76 mg/m^3 localizados en los niveles de 10 a 20 m en la columna de agua. El promedio de clorofila *a* en la capa subsuperficial fue de 0.20 mg/m^3 localizado a los 50 m en la columna de agua.

La mayor concentraciones de feopigmentos estuvieron estrechamente relacionada con los índices altos de clorofila cuyo valor promedio de 0.43 mg/m^3 se registró a 10 m de la columna de agua en la estación 8.

BIOMASA CELULAR : DISTRIBUCION SUPERFICIAL

En la estación 11 se registró la mayor biomasa celular con 598 cel/l, representado por 28 especies (Fig. 18).

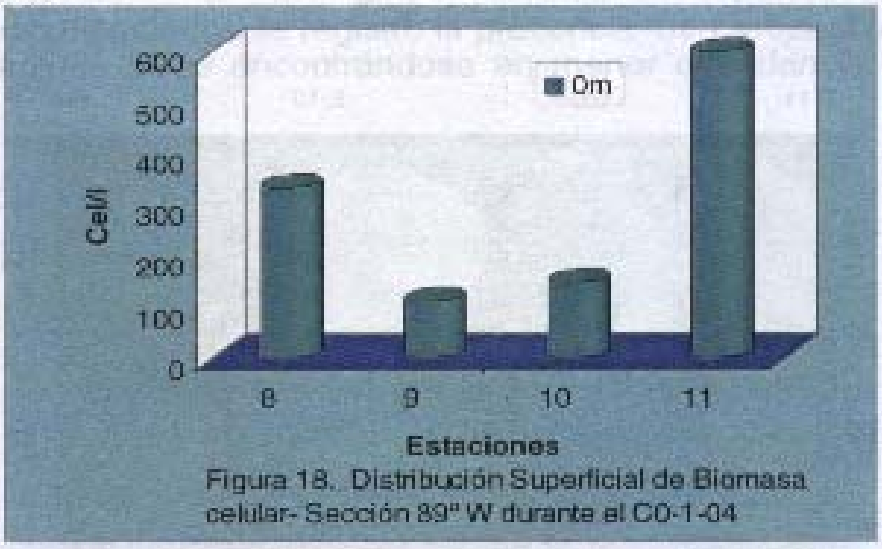


Figura 18. Distribución Superficial de Biomasa celular- Sección 89° W durante el C0-1-04

Las especies predominantes fueron *Thalassiosira subtilis, Pseudonitzschia delicatissima, Coscinodiscus excentricus, Gymnodinium sp, Mesodinium rubrum.*

DISTRIBUCION SUBSUPERFICIAL

En la estación 9 se observó un incremento de la biomasa con 423 cel/l, determinándose 36 especies, siendo las especies dominantes: Pseudonitzschia delicatissima, Thalassiosira subtilis, Coscinodiscus excentricus, Gymnodinium sp, Mesodinium rubrum *(Fig. 19).*

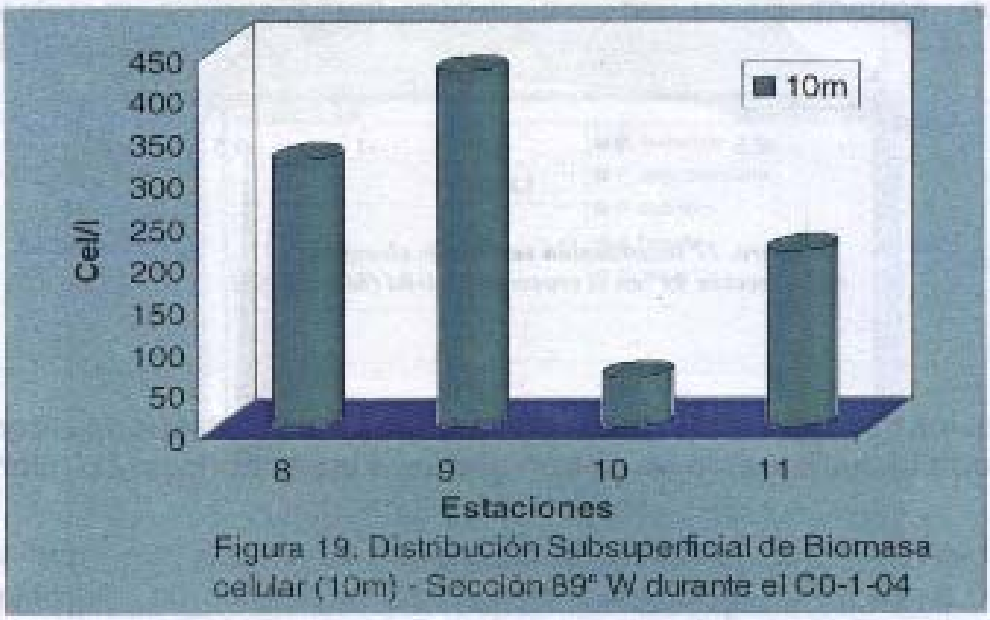


Figura 19. Distribución Subsuperficial de Biomasa celular (10m) - Sección 89° W durante el C0-1-04

FITOPLANCTON 50 u: ARRASTRE SUPERFICIAL

En la estación 8 se presentó una amplia distribución de las especies *Asteromphalus brookei*, asociada a *Rhisozolenia hebetata*, *Planktoniella sol*, *Coscinodiscus excentricus*, *Thalassiosira subtilis*, especies que se observaron con una mayor densidad celular de 3833 cel/m^3 hacia los 0° lo que ratifica que estas especies son típicas de masas de aguas frías y cálidas (Fig.20)

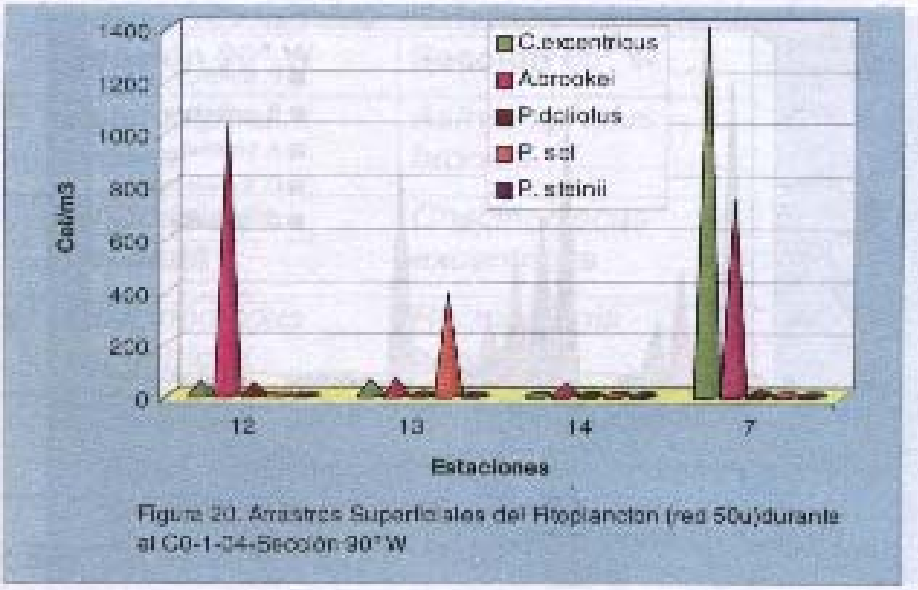


Figura 20. Arrastres Superficiales del Fitoplancton (red 50u)durante el CO-1-04-Sección 30° W

Se registra escasa presencia de las especies del grupo de dinoflagelados tales como *Pyrophacus steinii*, *Ceratium teres*, *Gonyaulax polyedra*, especies indicadoras de condiciones cálidas-oceánicas.

ARRASTRE VERTICAL

En la estación 9 localizada a 2° sur se observó un total de 1818 cel/m^3, siendo las especies representativas *Rhizosolenia hebetata*, *Coscinodiscus excentricus*, *Thalassiosira subtilis*, indicadoras de aguas frías, mientras que *Asteromphalus brookei* , *Planktoniella sol*, *Pseudoeunotia doliolus*, *R.alata* son especies típicas de aguas cálidas (Fig. 21)

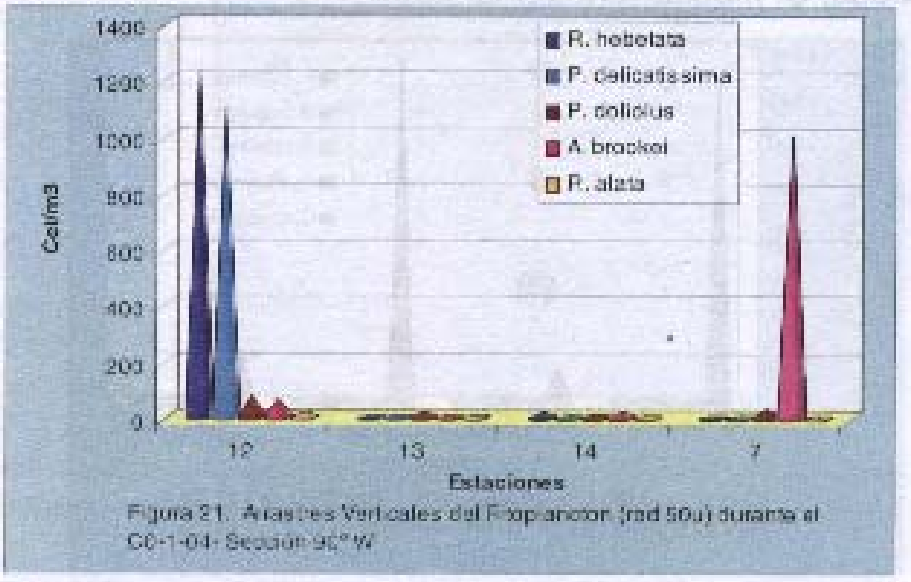


Figura 21. Arrastres Verticales del Fitoplancton (red 50u) durante el CO-1-04- Sección 90° W

FITOPLANCTON 30 *u*: ARRASTRE SUPERFICIAL

En la estación 8 se presentó la más alta densidad celular con 5341 cel/m^3 y una alta diversidad de especies como *Pseudoeunotia doliolus*, asociada a *Rhisozolenia hebetata, Thalassiosira subtilis, Coscinodiscus excentricus, localizadas* hacia los 0° lo que ratifica que estas especies son típicas de masas de aguas frías y cálidas (Fig. 22)

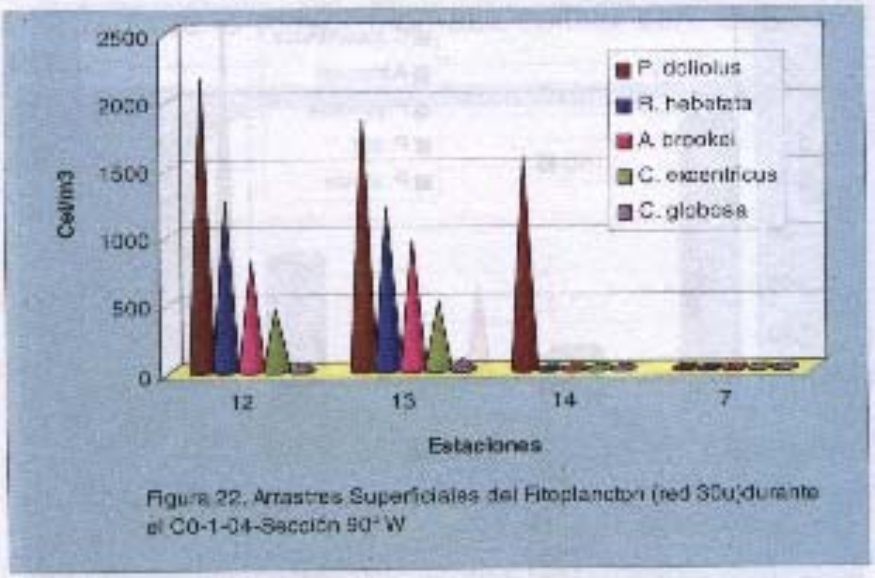


Figura 22. Arrastres Superficiales del Fitoplancton (red 30u) durante el CO-1-04-Sección 90° W

Se registra la más alta concentración de Cocolitofóridos con 1200 cel/m^3 representado por las especies: *Coronospahera globosa, C. binodata,* especies indicadoras de aguas productivas, debido a la presencia de masas de aguas con temperatura de 22°C.

ARRASTRE VERTICAL

En la estación 8 se observó una alta concentración celular de 2010 cel/m^3 y una variabilidad de especies como *Pseudoeunotia doliolus,* asociada a *Thalassiosira subtilis, Rhisozolenia hebetata, Asteromphalus brookei,* localizadas hacia los 0° norte donde se registró una abundancia relativa de Cocolitofóridos representado por las especies: *Coronospahera globosa, C. mediterranea* (Fig. 23)

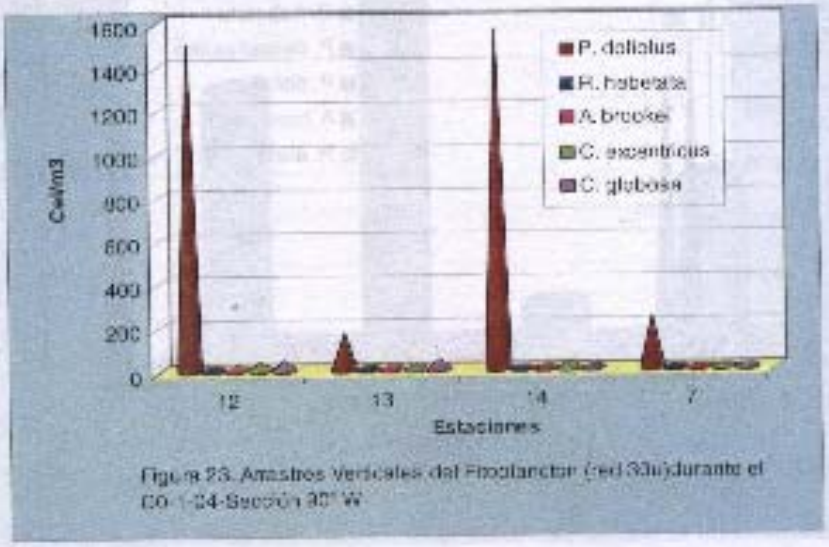


Figura 23. Arrastres Verticales del Fitoplancton (red 30u) durante el CO-1-04-Sección 90° W

En relación a los nutrientes los valores inferiores a 10 ug -at/l para el silicato y de 1.0 ug-at/l para el fosfato, se localizaron sobre los 40 metros de profundidad.

Tabla. 1.- Dominancia de las principales especies del fitoplancton obtenidas con red de 50*u* en los arrastres superficiales .

Sección 92° W	Sección 90° W	Sección 89° W
Coscinodiscus excentricus	*Asteromphalus brookei*	*Asteromphalus brookei*
Asteromphalus brookei	*Rhizosolenia hebetata*	*Coscinodiscus excentricus*
Planktoniella sol	*Coscinodiscus excentricus*	*Rhizosolenia hebetata*
Rhizosolenia imbricata	*Planktoniella sol*	*Planktoniella sol*

ZOOPLANCTON: SECCION 92°

La mayor densidad poblacional del zooplancton en la capa superficial se localizó a 1° norte resaltándose la (E- 5) con un valor de 64000 Ind/1000 m^3, así también se destaca la presencia de un segundo núcleo de biomasa zooplanctónica a 1°sur (E-3) con un valor de 28000 Ind/1000 m^3, mientras que la menor biomasa de zooplancton se encontró a 3° sur (E-1) con un valor de 1744 Ind/ 1000m^3 (Fig. 24)

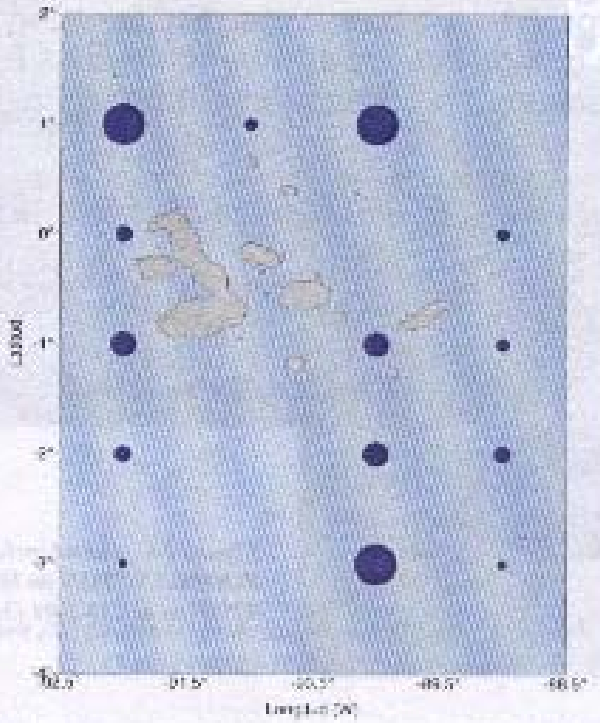


Figura 24. Distribución de la biomasa del zooplancton en la capa superficial en el crucero CO-1-94 (Mayo-2004)

En la capa subsuperficial se reporta la mayor productividad zooplanctónica a 1° norte (E-5) con un valor de 42756 Ind/ 1000m^3 y la menor biomasa se registró en a 1° sur con un valor inferior a 6000 Ind/ 1000m^3(Fig. 25)

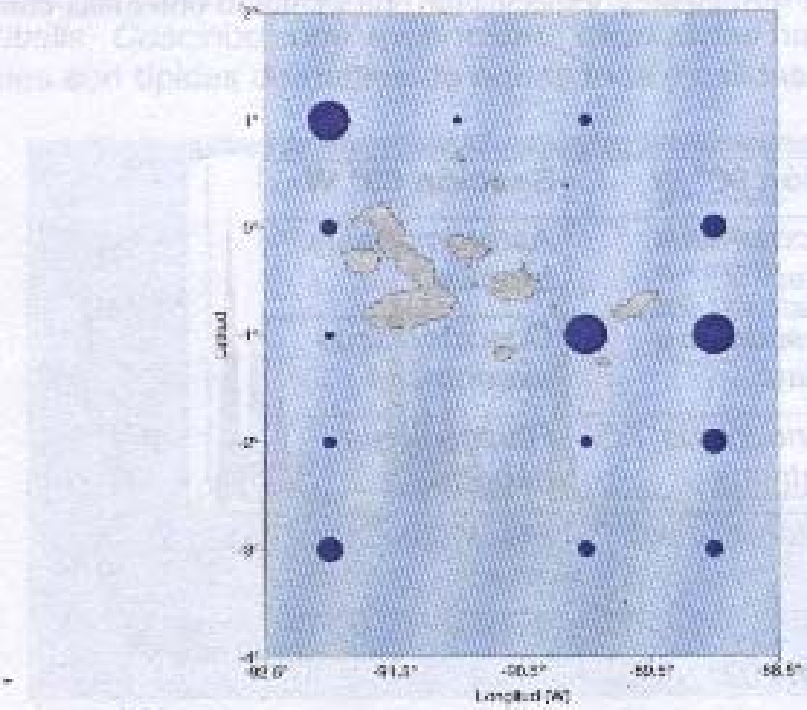


Figura 25. Distribución de la biomasa del Zooplancton en la capa Subsuperficial en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

La biomasa zooplanctónica superficial está representado principalmente por la dominancia de las taxa Copépodos 80%, seguidos en orden de abundancia de los grupos Quetognatos 5%, Sifonóforos 3%, Salpas 2.6%. En la categoría de accidentales se encontró la presencia de los grupos huevos de Invertebrados 1.8%, Larvas de Eufáusidos 1.4%, Anfípodos 1.2%, Ostrácodos 1% y Pterópodos 0.09% (Fig. 26)

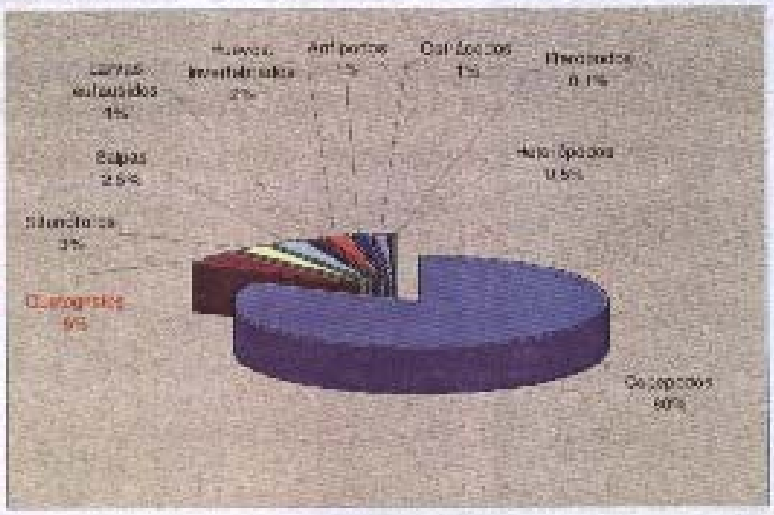


Figura 26. Abundancia relativa de los grupos del ZOOPLANCTON en la capa superficial de la sección 92° W en el CO-1-04 (Mayo-2004)

Con relación a la diversidad de taxa zooplanctónica se presentó un valor relativamente bajo representado por 0.62 bits y una uniformidad de grupos zooplanctónicos bajo de 0.25.

Composición y abundancia de Quetognatos

Del Phyllum Quetognatos se reporta una amplia distribución latitudinal de las especies *Sagitta enflata* asociada a *Sagitta pacifica* determinándose en la capa subsuperficial la mayor presencia de individuos específicamente a 1° sur (E- 3) con valores de 280 y 120 Ind/ 1000m^3 respectivamente (Fig. 27 y 28)

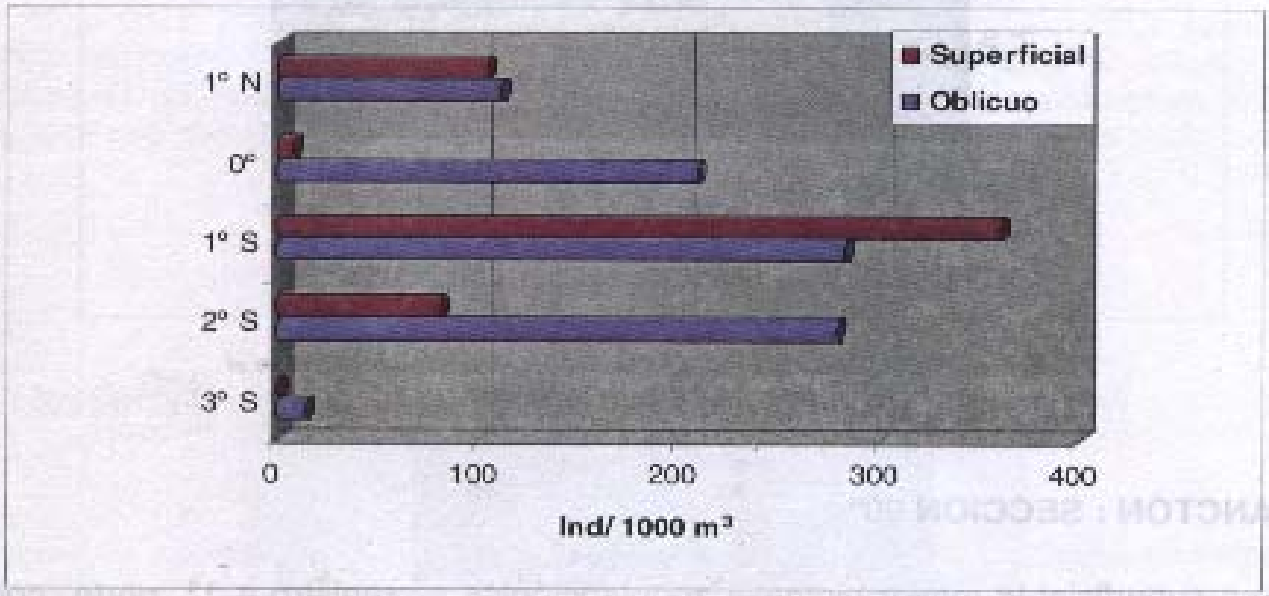


Figura 27. Distribución de Sagitta enflata en la Sección 92° W en el crucero CO-01-04 (Mayo-2004)

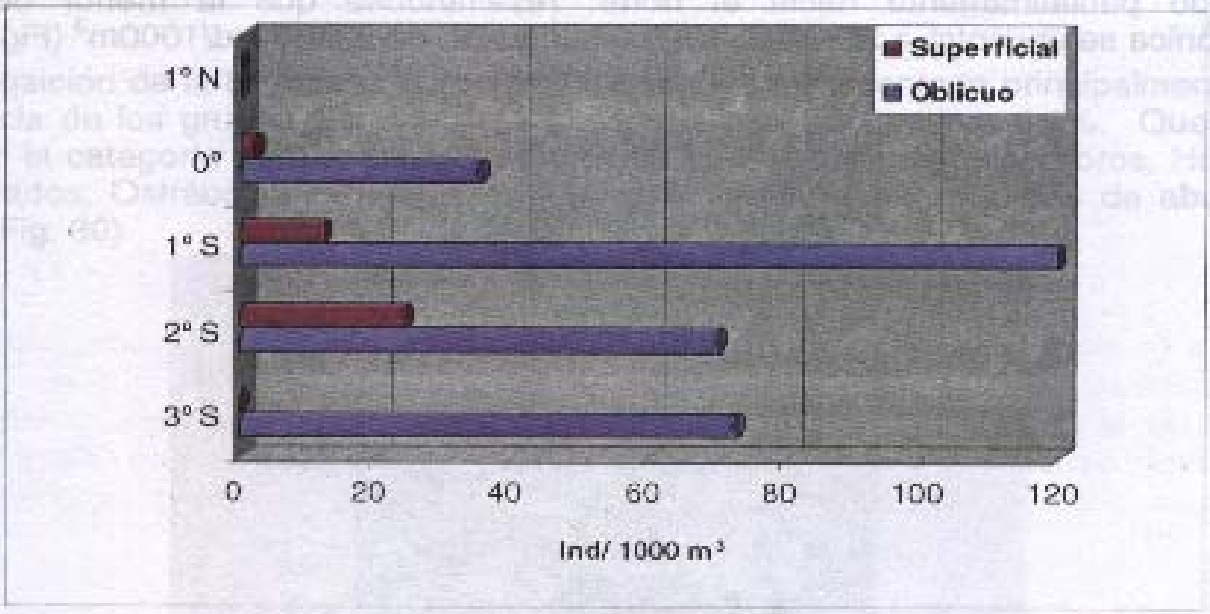


Figura 28. Distribución de Sagitta pacifica en la Sección 92° W en el crucero CO-01-04 (Mayo-2004)

Adicionalmente se observó la presencia de la especie *Sagitta hexaptera* resaltándose la máxima concentración a 1° sur en la capa subsuperficial con un valor estimado de 30 Ind/ 1000m^3 y la menor cantidad de individuos se presentó en la capa superficial registrándose 2 Ind/ 1000m^3 localizado en la estación a 2° sur (Fig. 29)

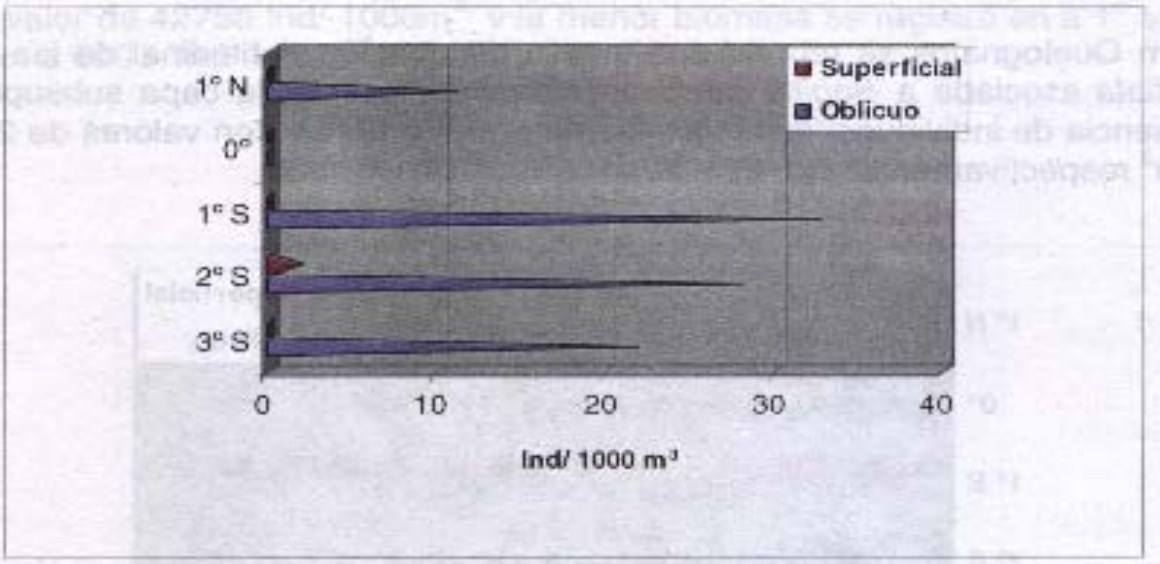


Figura 29. Distribución de Sagitta hexaptera en la Sección 92° W en el crucero CO-01-04 (Mayo-2004)

ZOOPLANCTON : SECCION 90°

En la capa superficial la mayor biomasa zooplanctónica se registró a 1° norte con una densidad poblacional superior a 80000 Ind/1000m^3, un segundo núcleo de máxima concentración zooplanctónica se encontró a 3° sur con una biomasa correspondiente a 66000 Ind/1000 m^3, estableciéndose una singularidad que la biomasa zooplanctónica fue aumentando paulatinamente hacia el norte, resaltándose que la menor densidad zooplanctónica se encontró a 2° sur (E-13) con un valor de 23600 ind/1000m^3 (Fig. 24)

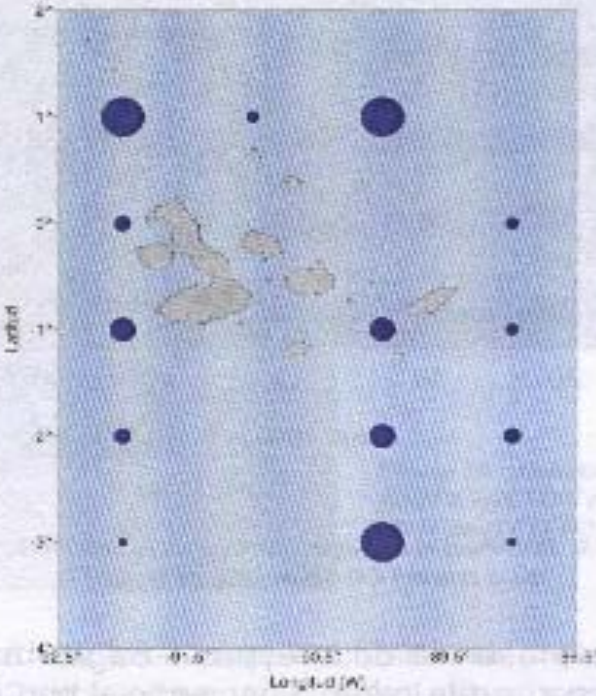


Figura 24. Distribución de la biomasa del zooplancton en la capa superficial en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

En la capa subsuperficial se observó bajas concentraciones de zooplancton con relación a la capa superficial, registrándose la mayor biomasa de zooplancton a 1° sur (E-13) con un valor promedio de 53700 que fluctuó ind/1000m^3 entre 74000 ind a 64000 ind/1000m^3, mientras que la menor biomasa se registró a los 0° norte con una concentración menor a 40000 ind/1000m^3 (Fig. 25)

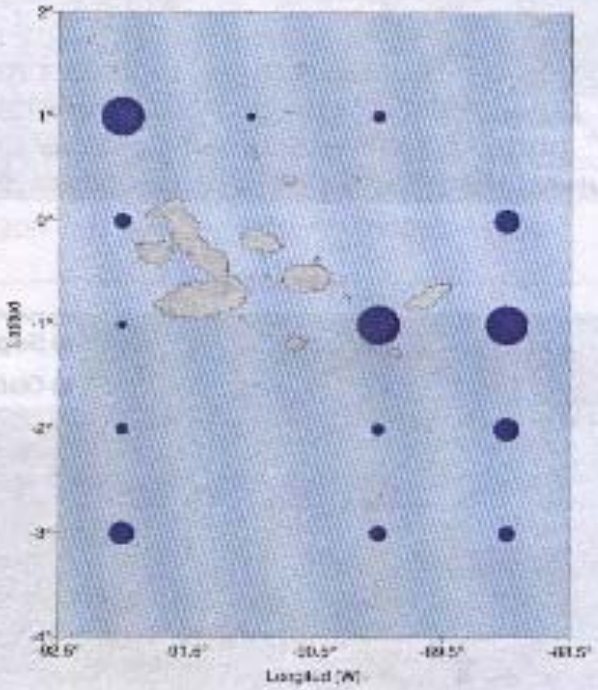


Figura 25. Distribución de la biomasa del Zooplancton en la capa Subsuperficial en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

La composición de la biomasa de zooplancton estuvo representada principalmente por la dominancia de los grupos Copépodos 71%, Larvas de Eufausidos 8.9%, Quetognatos 7.6%. En la categoría de accidental se presentó la presencia de Sifonóforos, Huevos de Invertebrados, Ostrácodos, Pterópodos que juntos representaron el 5% de abundancia relativa (Fig: 30)

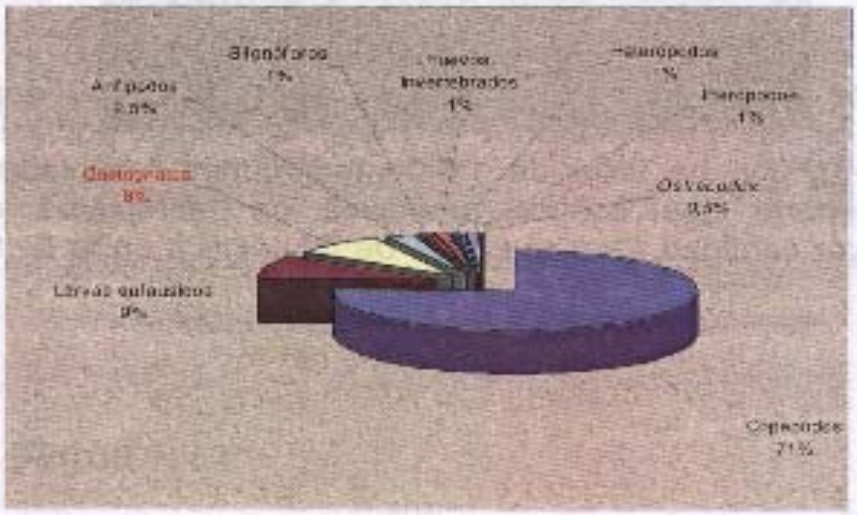


Figura 30. Abundancia relativa de los grupos del ZOOPLANCTON en la capa superficial de la sección 90° W en el CO-1-04 (Mayo-2004)

En esta sección se presentó una considerable diversidad de grupos zooplanctónicos determinándose un valor de diversidad de Shannon - Wiener de 1.07 bits. y una uniformidad de 0.43.

Composición y abundancia de Quetognatos

Con respecto a los indicadores de zooplancton se registra una amplia distribución de la especie *Sagitta enflata* resaltándose en la capa superficial la máxima densidad poblacional localizado a 1° norte, mientras que en la capa subsuperficial se reporta la mayor abundancia a 1° sur representado por una densidad poblacional superior a 700 Ind/1000m^3. (Fig. 31)

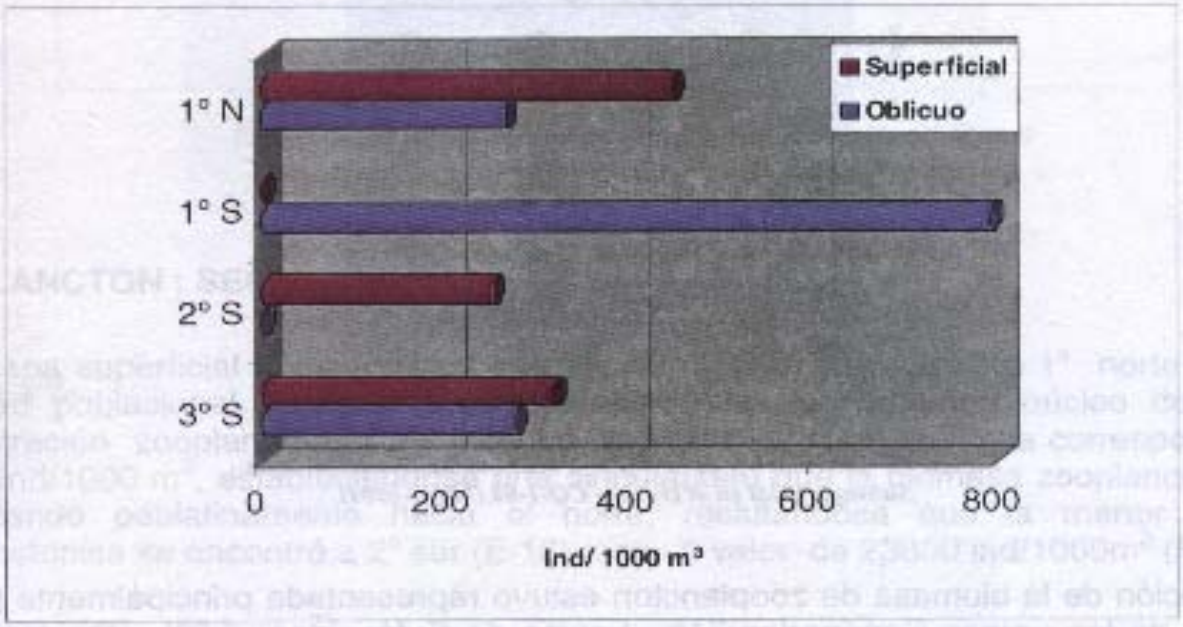


Figura 31. Distribución de Sagitta enflata en la sección 90° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

Asociado a *S. enflata* se observó la presencia de *Sagitta pacifica*, especies típicas de aguas oceánicas y cálidas presentándose la mayor densidad poblacional en la capa superficial de la (E-8), con un valor de 11000 Ind/1000m^3. coincidente con la capa subsuperficial se reporta una escasa presencia de ejemplares de Quetognatos registrándose la mayor cantidad de ejemplares *de S. pacifica* en la E- 8 localizado a 1° norte (Fig. 32)

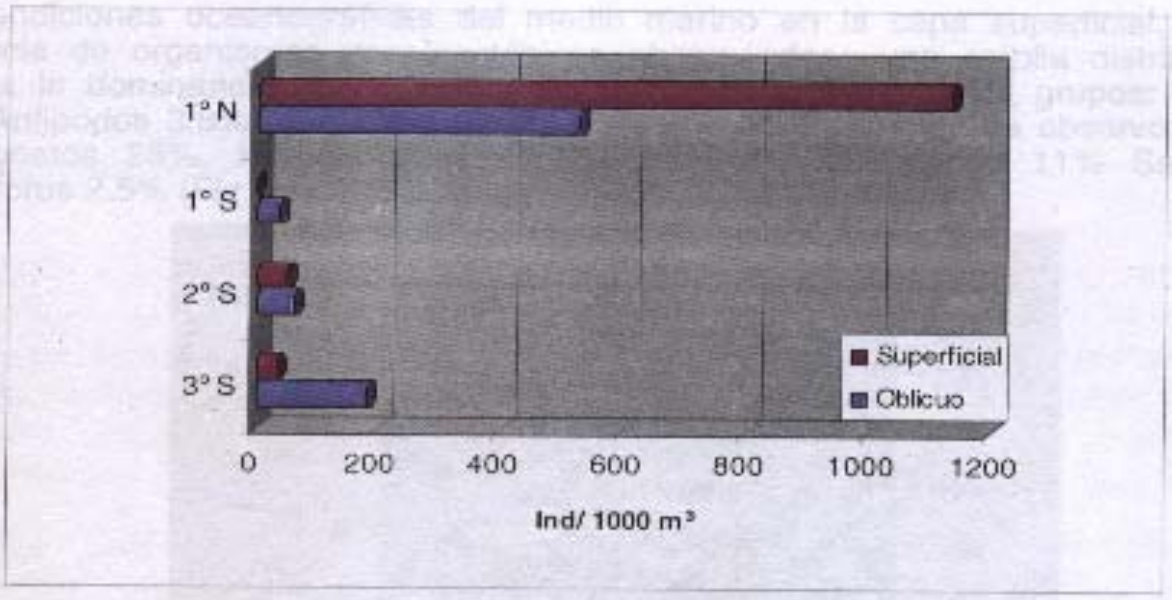


Figura 32. Distribución de Sagitta pacifica en la sección 90° W en el crucero CO-01-04 (Mayo-2004)

Adicionalmente se reporta la presencia de la especie *Sagitta hexaptera* encontrándose a nivel subsuperficial la mayor cantidad de ejemplares ubicados a 3° sur (E-11) y la menor cantidad poblacional se reporta a 2° sur con un valor referencial de 57 /1000m^3 (Fig. 33)

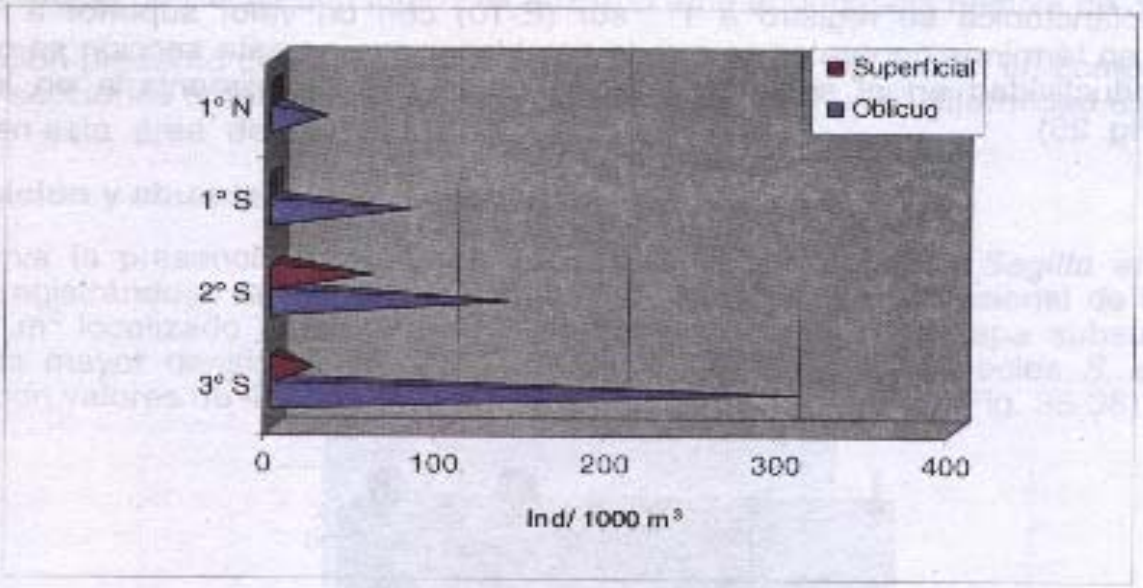


Figura 33. Distribución de Sagitta hexaptera en la sección 90° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

ZOOPLANCTON: SECCION 89°

La biomasa zooplanctónica en la capa superficial presentó una uniformidad en su distribución, registrándose una baja biomasa zooplanctónica localizado a los 3° sur (E-11) con un valor de 490 ind/1000 m^3, mientras que la mayor biomasa se presentó a los 2° sur (E-9) estimándose una productividad zooplanctónica de 19100 ind/1000 m^3 (Fig. 24)

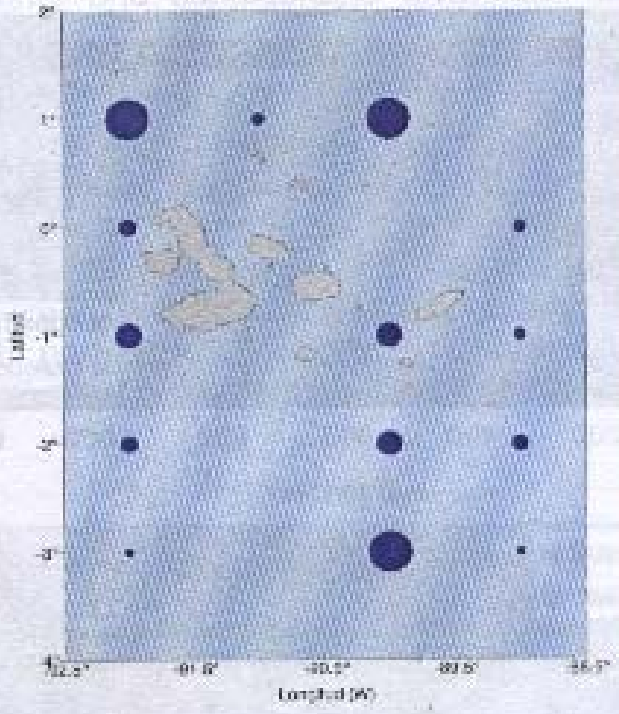


Figura 24. Distribución de la biomasa del zooplancton en la capa superficial en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

En la capa subsuperficial se registró las mayores concentraciones de zooplancton reportándose un rango de 27099 ind/1000 m^3 localizado a 2° sur (E-11) y la máxima biomasa zooplanctónica se registró a 1° sur (E-10) con un valor superior a 39000 ind/1000 m^3, en términos generales se puede establecer que en esta sección se observó una baja productividad en el segundo eslabón de la cadena alimentaria en la capa superficial (Fig. 25)

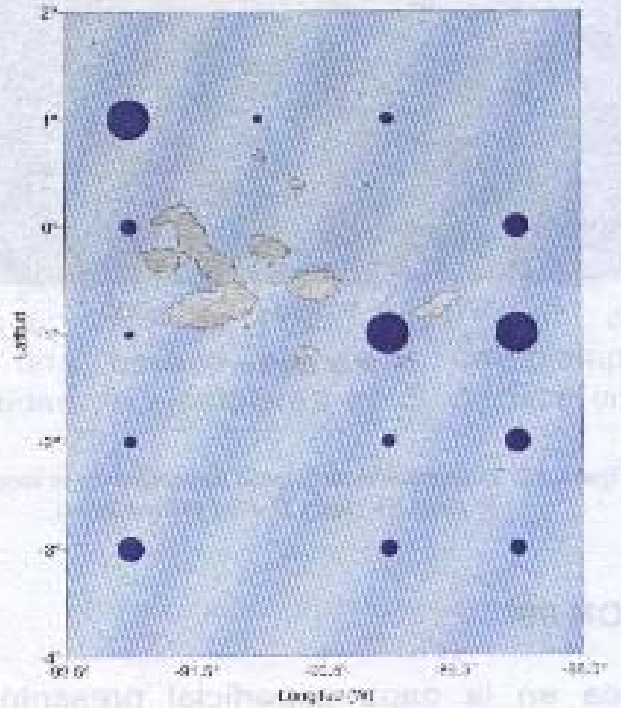


Figura 25. Distribución de la biomasa del Zooplancton en la capa Subsuperficial en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

Las condiciones oceanográficas del medio marino en la capa superficial, permitió la presencia de organismos zooplanctónicos observándose una amplia distribución, se destaca la dominancia de microcrustáceos correspondiente a los grupos: Copépodos 35%, Anfipodos 3.8%, otros grupos importantes del zooplancton se observó tales como Quetognatos 25%, Huevos de invertebrados 11%, Pterópodos 11% Salpas 3.1%, Sifonóforos 2.5% (Fig. 34).

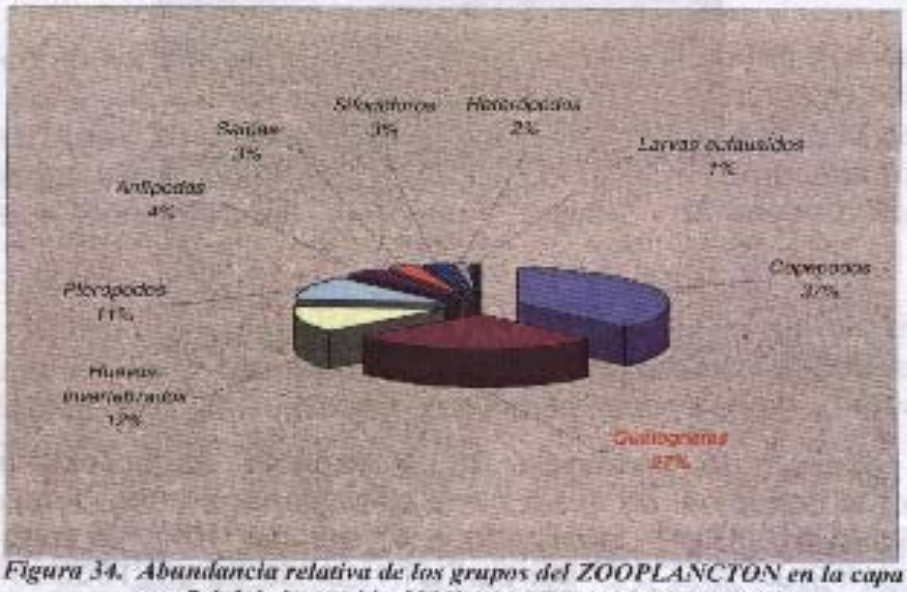


Figura 34. Abundancia relativa de los grupos del ZOOPLANCTON en la capa superficial de la sección 89° W en el CO-1-04 (Mayo-2004)

Dentro de la categoría de accidentales se reporta la presencia de Larvas de eufáusidos, Larvas de Cirripedios, Larvas de Poliquetos, Medusas, Ctenóforos, Foraminíferos, Huevos y larvas de Peces que juntos alcanzaron una abundancia relativa de 3%.

Esta sección presentó una alta diversidad de grupos de zooplancton en comparación con las otras secciones determinándose un valor de 1.08 bits y una uniformidad de especies y grupos en esta área de 0.48 bits.

Composición y abundancia de Quetognatos

Se observa la presencia en la capa superficial de las especies *Sagitta enflata* y *S. pacífica* registrándose la máxima concentración de densidad poblacional de 5200 y 270 ind/1000 m^3 localizado a los 2° sur (E-9), mientras que en la capa subsuperficial se registró la mayor densidad poblacional a los 0° (E-8) de las especies *S. enflata* y *S. pacífica* con valores de 4300 y 2011 ind/1000 m^3 respectivamente, (Fig. 35-36)

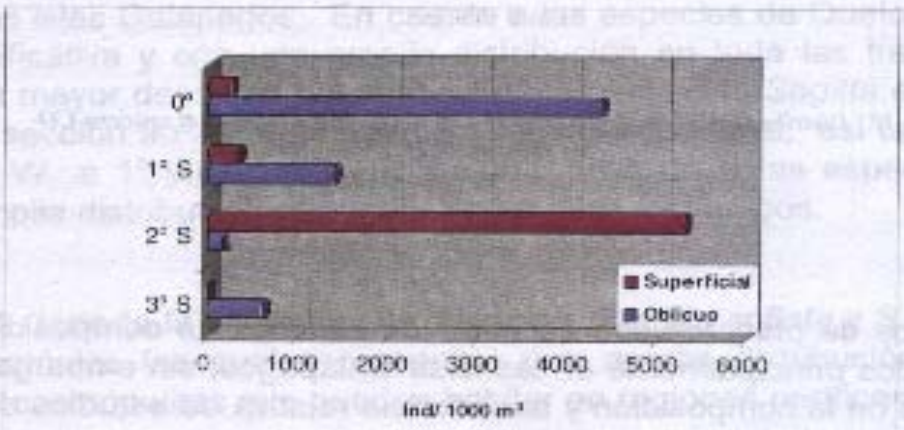


Figura 35. Distribución de Sagitta enflata en la sección 89° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

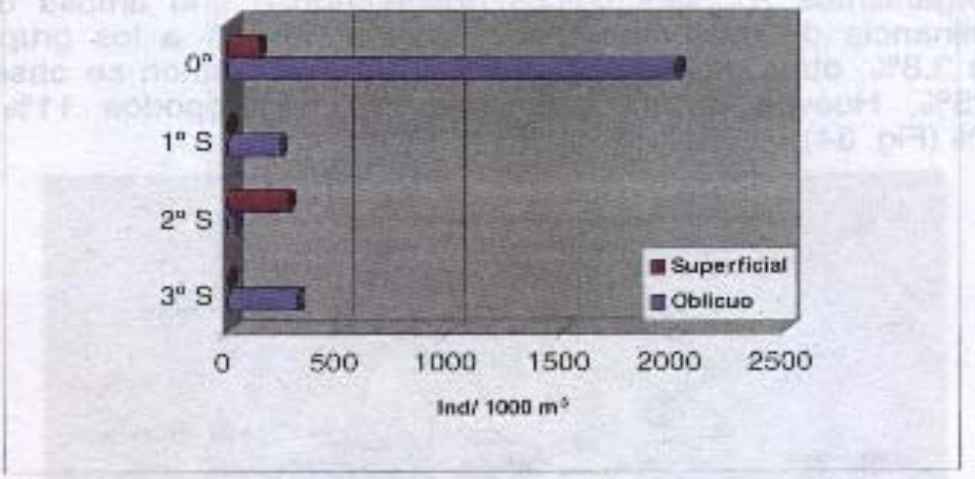


Figura 36. Distribución de Sagitta pacifica en la sección 89° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

Adicionalmente se observó la presencia de la especie *Sagitta hexaptera* con una distribución poblacional latitudinal de sur a norte observándose una densidad poblacional con un valor de 150 ind/1000 m^3 localizado a 1° sur (E- 10) y la menor densidad se encontró en la estación 9 ubicado a 2° sur con un valor de 25 ind/1000 m^3, *S. hexaptera* es una especie típica de aguas intermedias y profundas (Fig. 37).

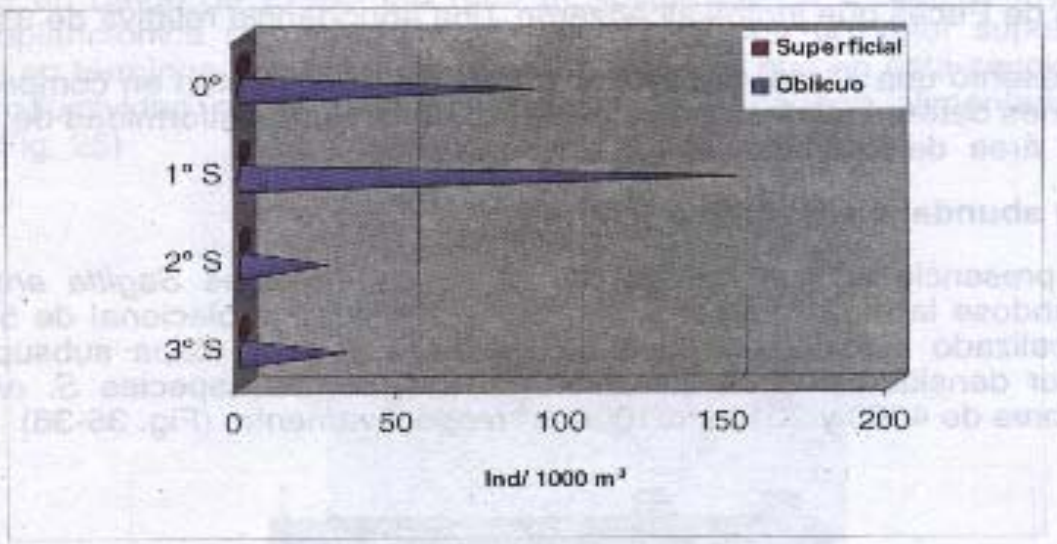


Figura 37. Distribución de Sagitta hexaptera en la sección 89° W en el crucero CO-1-04 (Mayo-2004)

DISCUSIONES

En cuanto a trabajos de plancton son escasos los estudios de composición, distribución planctónica realizados principalmente en las islas Galápagos, sin embargo se realizó una comparación macro de la composición y abundancia relativa de estudios desarrollados en ésta área.

Semina (1978), reporta que las especies colectadas con el método de fijación y las capturadas en redes, presentaron diferencias en su composición y abundancia, evidenciando las especies de menor tamaño en muestras de agua y las de mayor tamaño e indicadoras de eventos cálidos en las muestras de redes .

En cuanto a la composición del fitoplancton se reporta para las tres secciones en estudio la presencia de las especies *Rhizosolenia hebetata* y *Thalassiosira subtilis* indicadoras de masas de aguas frías y oceánicas, asociado a estas se observó la presencia poco usual de *Planktoniella sol* y *Asteromphalus brookeii* con una máxima distribución de norte a sur del área que son consideradas diatomeas típicas de masas de Aguas Tropicales Superficiales

Torres y Tapia (1998), mencionan que las principales áreas de mayor concentración de productores primarios se presentaron al oeste de las islas Galápagos y en el Golfo de Guayaquil, variables de gran utilidad ecológica que actúan direccionadamente a la producción de grandes áreas de pesquerías.

Torres y Tapia (2000), registraron el mayor contenido celular hacia el oeste y sur de las islas Galápagos con 600.000 cel/l y la menor concentración hacia el noroeste de Galápagos con 300.000 cel/l.

Tapia y Torres (2000), encontraron la mayor concentración celular en Bahía Villamil con 5405.123 cel/l coincidentes con los máximos de clorofila; en las Bahías Naufragio, Academia, Puerto Velasco Ibarra y Darwin presentaron un promedio de 403.628 cel/l. El mayor número de especies se registró en Isabela (71), con un promedio de 54 especies en toda el área de estudio. *Thalassiosira subtilis* y *Gymnodinium sp.*, fueron las especies de mayor ocurrencia en todas las bahías.

Comparando con el presente estudio se resalta que en la sección 90° W se presentó la mayor biomasa de zooplancton en la capa superficial localizado a 1° norte y en la capa subsuperficial se registró la máxima densidad poblacional a 3° sur, evidenciándose una variabilidad espacial en los patrones de distribución de la biomasa zooplanctónica alrededor de las islas Galápagos. En cuanto a las especies de Quetognatos se reporta la presencia significativa y con una amplia distribución en toda las transectas en estudio, resaltándose la mayor densidad poblacional de las especies *Sagitta enflata* asociada a *S. pacifica* en las sección 90° W a 1° norte en la capa superficial, así también se reporta en la sección 92° W a 1° sur la presencia significativa de estas especies, lo que permite aseverar su amplia distribución alrededor de las islas Galápagos.

Naranjo (2000), reporta la presencia de especies *Sagitta enflata* y *S. pacifica* que son de hábitat epiplanctónico las cuales presentan una amplia distribución considerándose a estas especies cosmopolitas que pueden habitar en regiones neríticas y oceánicas.

Adicionalmente se observó ligeros parches de alta productividad zooplanctónica a 1° sur, destacándose una relativa diversidad zooplanctónica en esta área, coincidente con la

mayor presencia de la especie *Sagitta hexaptera* en esta zona de 1° sur a 3° sur en la capa subsuperficial en las transectas 89° y 90° W, ubicado al este de las islas Galápagos. Naranjo (Op. Cit) menciona que *Sagitta hexaptera* se presentó la mayor abundancia al sur de las islas Galápagos, destacando en especial la zona al sur de la isla Isabela, la especie *S. hexaptera* es considerada típica de aguas intermedias y/o profundas.

Mientras que en la sección 89°W se reporta una baja productividad zooplanctónica, registrándose la mayor biomasa zooplanctónica a los 2° y 1° sur en las capas superficiales y subsuperficial respectivamente, sin embargo se registró un máximo valor de diversidad aplicando el índice de Shannon – Wiener a los grupos zooplanctónicos, en comparación con las otras secciones en estudio.

En las áreas de mayor productividad (E.7), se registraron variabilidad en los parámetros físicos, determinándose valores de salinidad de 35.14 UPS y temperatura promedio de 22.14° C; mientras que en la estación 8 a los 0 - 10 metros de profundidad se registró una salinidad de 35.12 UPS y temperatura promedio de 21.92 – 22.11° C.

CONCLUSIONES

En términos generales la concentración de la biomasa de clorofila *a* se presentó mayor a 1° norte de la sección 90°W y a 0° índice que fue disminuyendo progresivamente hacia el sur, con rangos que se encuentran dentro de una categoría de baja productividad primaria.

La menor profundidad de la Transparencia coincide con la mayor concentración clorofílica a 1° norte de la sección 90°W.

La presencia de las especies *Rhizosolenia hebetata* y *Thalassiosira subtilis* indicadoras de masas de aguas frías y oceánicas, asociado a estas se observó la presencia poco usual de *Planktoniella sol* y *Asteromphalus brookeii* con una máxima distribución de norte a sur del área que son consideradas diatomeas típicas de masas de Aguas Tropicales Superficiales.

Con la red de 30 *u* se observó la abundancia de las especies *Coronosphaera globosa*, *C. binodata* localizado a 0° de la sección 89° W, estas especies tipifican áreas de alta productividad.

En la sección 90° W se presentó la mayor biomasa de zooplancton superficial localizado a 1° norte y 3° sur estos patrones de distribución coincide con la distribución en la capa subsuperficial, determinándose ligeros parches de alta productividad zooplanctónica a 1° sur.

Se presentó una mayor diversidad de grupos de zooplancton en la sección 89° y 90 ° W con un índice de uniformidad de especies del phyllum Quetognatos en todas las estaciones de muestreo.

Se destaca una amplia distribución alrededor de las islas Galápagos de la especie *Sagitta enflata*, asociada a *Sagitta pacifica*, estas especies esta posiblemente asociada con la presencia de la masa de Agua Tropicales Superficiales en la capa superficial, con mayor presencia a 1° norte de la sección 90°W.

En la capa subsuperficial se reporta la presencia de las especies *S. hexaptera* y *K. subtilis* desde los 1°sur a 3° sur, 90°W, estas especies son consideradas indicadoras de masas de aguas intermedias y profundas que tipifican la presencia de aguas frias en la capa subsuperficial

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada por la ayuda brindada para efectuar la presente investigación. Al Dr. Roberto Jiménez y a la Dra. Elena Gualancañay por la revisión y sugerencias vertidas al manuscrito y al TN-NV- Luis Morales por la oportunidad de realizar las investigaciones en las islas Galápagos y publicar el presente trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFIA

Alvariño, A. 1965. Geographical distribution of Chaetognaths. Oceanography and Marine Biology. An Annual Review. Vol. 6:152-187.

Alvariño A. & M. Leira., 1986. El zooplancton del Pacífico Ecuatoriano. Inv. Mar. CICIMAR. Vol. 3(1): 69-81.

Arcos., F. y D. Bonilla. 1989. Variación temporal del zooplancton de una estación fija en Bahía Academia (Galápagos) período 1986-1988 y su relación con la temperatura superficial. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 5 No. 1 : 14-23.

Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografia, 1: 1-300.

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

Bonilla D. 1983a. Estudio Taxonómico de los Quetognatos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 2 No. 2 : 509-567 .

Bonilla, D. 1983b. Quetognatos de las islas Galápagos durante el crucero oceanográfico del 17-16 de noviembre de 1978. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 2(1): 147-160.

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

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

Jiménez, R., 1980. El fitoplancton como posible indicador del afloramiento originado por la Subcorriente Ecuatorial (Corriente de Cromwell)al oeste de las islas Galápagos. Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton, Guayaquil - Ecuador: 20 –70.

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

Mujica, A. y V. Ascencio. 1985. Larvas de peces, Eufáusidos y estructura Comunitaria del zooplancton del Estrecho Bransfield (Crucero Sibex-Inach, 1984). Ser. Cient. INACH. 33: 159-186 .

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

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 : 9-18.

Semina H., 1978. The size of cells. In manual of phytoplankton, UNESCO. Sournia.

Tomas C., 1997. Identifying marine Phytoplankton. Academic Press, Florida: 1-858

Torres y Tapia. 1998. Variabilidad fitoplanctónica en 5 Bahías Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Ecuador, 9(1): 151-159

Torres y Tapia. 2000. Distribución del Fitoplancton y su comportamiento en el afloramiento en las islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 9(1): 137-150.

Tapia M, y Torres G. 2000. Variabilidad fitoplanctónica en 5 Bahías, Islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacifico 10 (1): 151- 159.

Taylor, F. 1976. Dinoflagellates from International Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R.V. " Anton Brunn". Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada: 227.

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

ESTUDIO TAXONOMICO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS POLIQUETOS BENTONICOS EN LA ZONA INTERMAREAL DE LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS Y MANABI (ECUADOR).*

Por:
Francisco Villamar (1)

Abstract

TAXONOMIC STUDY AND DISTRIBUTION OF THE BENTHONICS POLICHAETA IN THE INTERTIDAL ZONE OF THE PROVINCES OF ESMERALDAS AND MANABI (ECUADOR).

The taxonomy and distribution of the benthonics polichaeta were analyzed in the intertidal zone of Esmeraldas and Manabí, carried out in 11 localities with a qualitative – quantitative kind of sampling during March 2003.
Of the 11 studied stations from the beaches and an equal number in the rocky zone, 27 species of benthonics polichaetos were identified, many of them reported for the first time since there is no register or publication for the area of study.
The smaller percentage presence of benthónics polichaetos was observed in the Esmeraldas area that includes 13% for the sandy area and 6,5% for the rocky area. However, more of 80% of specimens have been found in the stations that include the area of the province of Manabí. Here, the greater amount was taken from samples in which the sandy and rocky type of substrates predominated.

The greater diversity of species (H = 1,91 and 1,72 bits) was in the rocky area of Manabí, where there was a predomination of the sedentary species that construct sandy tubes like Phragmatopoma californica and errant ones like Eurythoe complanata, Bhawania chryptocephala, Ceratonereis mirabilis, Nereis sp. (a-b)and Marphysa coralina. In the same way, the diversity of species (0,94 and 0,91 bits) was found in the sandy intertidal zone, represented by the errant polichaeta of the species Ceratonereis mirabilis, Neanthes diversicolor, Syllis elongata and excavators like Polyophthamus pictus, Capitella capitata, and Polydora websteri.

The smaller diversity of species (H = 0,10 bits) was found in the sandy substrates of Emeraldas where there is a predomination of polichaetos type excavaters like Lumbrineris tetraura and errant ones like Neanthes succinea, Nephtys singularis. Among the rocks, the species Marphysa coralina and Phragmatopoma californica are present, forming groupings on the rocks.

Resumen

Se analizó la taxonomía y distribución de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal de Esmeraldas y Manabí, efectuados en 11 localidades con muestreo tipo cuali – cuantitativo durante marzo del 2003.
De las 11 estaciones estudiadas de las playas y un número igual en la zona rocosa, se identificaron en total 27 especies de poliquetos bentónicos, muchos de ellos reportados por primera vez en virtud de que no existen registros o publicaciones para el área de estudio.
La menor presencia porcentual de poliquetos bentónicos se la observó en el área de Esmeraldas que comprende el 13% para el área arenosa y un 6.5% para el área rocosa, en cambio se han encontrado más del 80% de especímenes en las estaciones que comprenden el área de la provincia de Manabí donde se tomaron la mayor cantidad de muestras predominando los sustratos tipo arenoso y rocoso.

*La mayor diversidad de especies (H = 1.91 y 1.72 bits) se la encontró en el área rocosa de Manabí predominando las especies sedentarias que construyen tubos arenosos como **Phragmatopoma californica** y errantes como **Eurythoe complanata**, **Bhawania Chryptocephala**, **Ceratonereis mirabilis**, **Nereis sp.** (a – b) y **Marphysa coralina.** De la misma manera la diversidad de especies (0.94 y 0.91 bits) se encontraron en la zona intermareal arenosa, representados por los poliquetos errantes de las especies **Ceratonereis mirabilis, Neanthes diversicolor, Syllis elongata** y excavadores como **Polyophthamus pictus**, **Capitella capitata**, y **Polydora Websteri.***
*La menor diversidad de especies (H = 0.10 bits) se encontró en los sustratos arenosos de Esmeraldas donde predominan los poliquetos de las especies tipo excavadores como **Lumbrineris tetraura** y errantes como **Neanthes succinea**, **Nephtys singularis.** Entre las rocas están presentes las especies **Marphysa coralina** y, **Phragmatopoma californica** formando agrupaciones sobre las rocas*

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) – Base Naval Sur. Arda. 25 de julio, Guayaquil – Ecuador.
E-mail: fvillamar@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

La fauna bentónica de la costa ecuatoriana esta conformada principalmente por macroinvertebrados, grupo importante para los ecosistemas acuáticos porque cumplen las funciones de consumidores primarios y degradadores, en muchos casos son el alimento de especies de importancia comercial. La presencia o ausencia de ciertas especies bentónicas puede indicar condiciones de la calidad ambiental en el ecosistema marino y estuarino.

Se han seleccionado las comunidades de poliquetos bentónicos (gusanos) porque son comunes en el área intermareal tanto en la arena como en las rocas y recomendado para ser incluidos como indicadores ecológicos en programas de monitoreo, especialmente si son áreas que van a ser intervenidas y por su posición con relación al sustrato. (Sánchez, et al. 1993).

El estudio de las comunidades macrobentónicas es importante por su grado de sensibilidad a los cambios que ocurren en las aguas intermareales y diversos tipos de fondos, por esta razón es necesario la identificación taxonómica de los poliquetos bentónicos para determinar las especies existentes, su relación con la estructura del macrobentos, las características físicas y químicas de los sustratos, (Reish, 1967).

Los organismos macrobentónicos marinos se encuentran organizados estructural y funcionalmente en base a gradientes de enriquecimiento orgánico, siendo la disponibilidad de alimento uno de los factores que ayudan a la composición y distribución faunística del bentos influenciado por la interacción de los factores ambientales. Son divididos espacialmente de acuerdo a su alimentación en suspensívoros, carnívoros y detritívoros a excepción de algunas especies de alimentación facultativa. Con base a esta división será el material en suspensión necesario para los suspensívoros y en el grado de selectividad de los organismos depositívoros. Tena, *et al.* (1993).

En el área de estudio, los poliquetos bentónicos siguen una dependencia directa si consumen detritus no selectivos depositados en niveles subsuperficiales. Otros se alimentan de detritus en los niveles superficiales del fondo y, animales que toman su alimentación en detritus en suspensión, entre ellos están los crustáceos, moluscos, equinodermos, etc.

Esta investigación tiene como propósito conocer la actividad biológica de la zona intermareal en el área de la costa ecuatoriana con la finalidad de determinar la taxonomía, distribución y abundancia de los poliquetos intermareales capturados en la zona estudiada, que servirán como línea base para futuros Estudios de Impacto Ambiental (EIA) por las diversas alteraciones ambientales o contaminantes de origen antropogénica y por obras portuarias.

La intención de este trabajo ha sido la de identificar y reportar los poliquetos bentónicos intermareales con el propósito de dar a conocer los sitios y referencias para futuros estudios de impacto ambiental y la relación zoogeográfica de las especies con los tipos de sustratos arenosos y rocosos.

ANTECEDENTES:

La costa ecuatoriana esta dividida en cuatro provincias, de norte a sur está Esmeraldas que miden 234 km, Manabí con 307 km, Guayas con 1405 km. Además, la provincia de El Oro que incluyen los bordes exteriores con 77 km. y los bordes interiores con aproximadamente 259 km. (PMRC, 1987)

Trabajos publicados sobre la taxonomía, identificación y distribución de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal continental del Ecuador no existen, por lo tanto no se puede realizar el estudio comparativo que determine la relativa abundancia y biodiversidad de estos organismos considerados importantes en los sustratos marinos y estuarinos.

Investigaciones sobre comunidades macrobentónicas submareales en el Ecuador han sido llevadas a cabo en forma esporádica. La determinación de las especies bentónicas en algunos casos no se la ha podido realizar por falta de personal científico dedicado a la taxonomía y descripción de los organismos procedentes de la zona intermareal, submareal marina y los fondos estuarinos.

Con la expedición "R/V EASTWARD" de los EE.UU., en el año 1976 se inició prácticamente el estudio del bentos marino (entre 13 y 1598 m. de profundidad) en el área del Golfo de Guayaquil (Ecuador), cuyos resultados fueron publicados en 1983 en la revista "Acta Oceanográfica del Pacífico".

Para el año 1978 el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) incursionó en el estudio del bentos submareal (entre 5 y 10 m. de profundidad) en el área del "Estero Salado" que forma parte del Golfo de Guayaquil interior, dejando como resultado un listado de la fauna bentónica. Cruz, *et al* (1980) con la identificación de 13 especies de poliquetos bentónicos (Filum Annelida), 98 especies de moluscos ((Filum Mollusca), 22 especies del Filum Artrópodo y del Filum Protozoa 8 especies.

Villamar (1983), contribuye con la identificación taxonómica de los poliquetos bentónicos, con muestras tomadas en el Golfo de Guayaquil exterior de sustratos suaves a profundidades desde 13 m. hasta 1598 m, identificándose un total de 37 especies de poliquetos bentónicos y se reporta una especie nueva "***Grubeulepis guayanensis***" en aguas ecuatorianas. (USNM-57980).

Villamar (1986), identificó 11 especies de poliquetos bentónicos y se relacionó con el tipo granulométrico de los sustratos y su distribución en el área de los Canales de Jambelí y Cascajal del Golfo de Guayaquil. De acuerdo a este autor la menor presencia de especies de poliquetos bentónicos se observó en el centro de los canales.

En el área del Canal del Morro y de Jambelí que son parte del Golfo de Guayaquil, Villamar (1989), identificó trece especies de poliquetos bentónicos en la zona estudiada, siendo las especies ***Diopatra splendidisima*** y ***Paraonides platibranchia*** las más abundantes en el área del Canal del Morro y ***Sternaspis fosser*** para el canal de Jambelí.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende 11 estaciones en la zona intermareal (arenosa y rocosa), se encuentran localizadas en las provincias de Esmeraldas y Manabí (Ecuador), desde Tachina hasta Puerto López. (Fig. 1a)

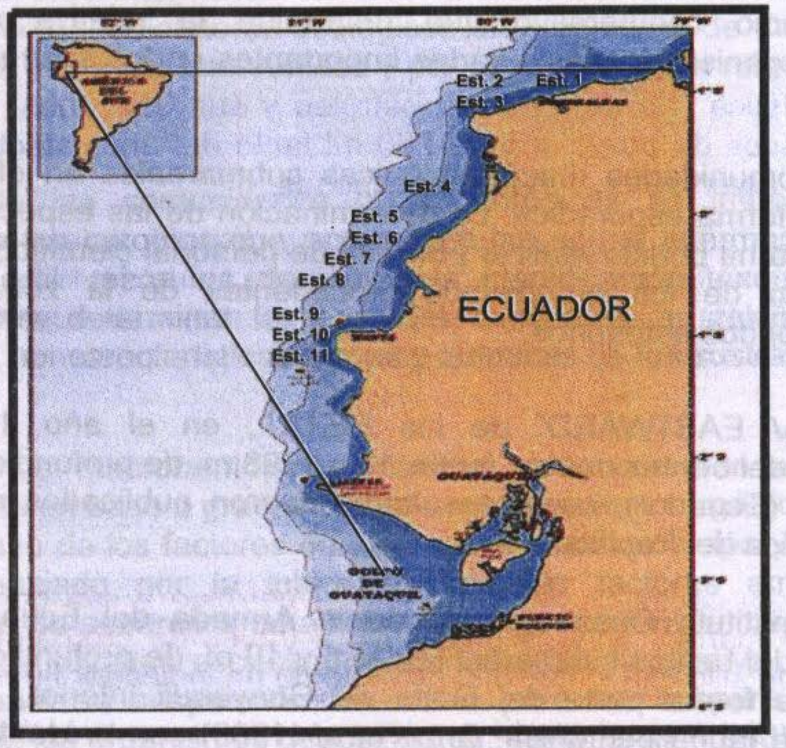


Fig. 1a.- Mapa con las estaciones de muestreo para el estudio de los poliquetos bentónicos intermareales. Ecuador.

La costa del Ecuador tiene una longitud de 950 Km., desde el río Mataje en la frontera con Colombia, hasta el río Tumbes en la frontera con el Perú. (PMRC, 1987)

La costa ecuatoriana sigue una disposición norte sur de línea quebrada o de arco. El punto costero más oriental se encuentra en la desembocadura del río Mataje hacia el grado 78° 47`; el extremo más occidental está en la puntilla de Santa Elena en los 80° 59`, con una sucesión de bahías y cabos alternantes, sin mayores irregularidades, con excepción del Golfo de Guayaquil. (PMRC, 1987)

El arco costero es paralelo al eje de la Cordillera de los Andes y a las cordilleras costaneras los mismos que determinan la estructura de la plataforma submarina.

La sucesión de cabos y bahías define dos tipos fundamentales de costas: unas abruptas y otras bajas. Las costas abruptas se encuentran principalmente en el cabo de San Francisco, cabo Pasado, cabo San Lorenzo y la puntilla de Santa Elena. En estos puntos

hay acantilados constituidos por conglomerados y areniscas terciarias y cretácicas. En algunos lugares como en el cabo San Lorenzo, los acantilados son debido a estructuras perpendiculares a la costa en que predominan la erosión marina sobre la sedimentación, (PMRC, 1987)

MATERIALES Y METODOS

Resaltan los métodos tradicionales en la toma de las muestras de sustratos blandos para el estudio de los organismos bentónicos submareales para el análisis cuali - cuantitativo, entre ellas las dragas metálicas tipo McIntyre, Van Veen y Shipek; para los análisis cualitativos del macrobentos se utiliza la red biológica de arrastre.

Para realizar este estudio de los organismos del macrobentos de los sustratos arenosos y rocosos de la zona intermareal en la costa ecuatoriana se estimaron 11 estaciones (Fig.1a), cumpliéndose con el muestreo correspondiente de la siguiente manera: 3 estaciones para el área de la provincia de Esmeraldas (18 al 19 de marzo del 2003) y, 9 estaciones para el área de la provincia de Manabí (20 al 22 de marzo del 2003).

Para la toma de las muestras de los sustratos tipo arenoso y la extracción de organismos macrobentónicos del área rocosa se utilizo el método de Brusca (1973), empleando para esta finalidad cuadrantes metálicos de 20 x 20 cm.

Para la determinación de la altura de la playa se utilizó el método de Hawkins - Jones (1992), para el efecto se utilizó dos varas desde el límite de la bajamar hasta el limite de la pleamar, luego se procedió a tomar manualmente y con ayuda de una espátula las muestras y depositadas en recipientes de plástico limpios con capacidad de 1000 cc. en cada una de las estaciones. La abundancia relativa de los poliquetos bentónicos se expresa como el número de individuos por metro cuadrado (ind. x m^2).

Todos los organismos macrobentónicos capturados fueron separados de los sustratos arenosos a través de tamices con abertura de 4 - 2 y 1 mm. Posteriormente fueron preservados con formol al 10% neutralizado con Tetraborato de Sodio ($Na_2B_4O_7$).

Además, en el laboratorio las muestras biológicas fueron separadas de acuerdo a sus características morfológicas para efectuar su identificación taxonómica a nivel de familia, género y especie, utilizando para esta finalidad pinzas y con la ayuda de un estéreo microscopio de 100 aumentos y un microscopio de 1000 aumentos para definir las características taxonómicas propias de cada una de las especies.

Se utilizó la bibliografía especializada sobre poliquetos bentónicos intermareales para determinar por comparación a nivel de especie los ejemplares de poliquetos capturados. (Fauchald,1977; Gosner,1971; Monro, 1933a-b; Hartman, 1988-1989).

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos obtenidos de las especies identificadas se realizaron tablas conteniendo la información del número de organismos y porcentaje por estación. Determinación de la diversidad de especies de poliquetos bentónicos y figuras.

Para el análisis estadístico se registraron las familias, géneros y especies por estaciones en la zona de playa y también las estaciones en los sustratos rocosos de la zona intermareal.

La diversidad de especies fue calculada aplicando el índice de Shannon-Wiener (1949). Considerado como uno de los mejores índice de aceptación y por su relativa independencia de la medida de la muestra (Rowe et al. 1972) .

Esta ecuación es:

$$H(s) = -\Sigma\ pi * \log pi.$$

Donde:

Pi = proporción de especies / Total de individuos
Log pi = logaritmo de pi (proporción de individuos)

De acuerdo a Andrade et al (1986), el índice Shannon-Wiener se incluye entre los coeficientes de correlación y tiene la ventaja que transforma a un rango de expresiones positivas toda una gama de valores entre menos uno y cero de otros coeficientes de correlación, como el de Pearson y de Spearman. Además, este índice (SW) permite comparar con facilidad los resultados obtenidos con los índices de presencia – ausencia, como por ejemplo el coeficiente de Jaccard, cuyo rango también va desde 0 a 1.

RESULTADOS:

PROVINCIA DE ESMERALDAS:

Estación 1.- (Tachina):

Esta zona se caracteriza por tener playas arenosas con aporte significativo de limo proveniente del río Esmeraldas (Fig. 1), con aproximadamente 30 m. de amplitud, en esta zona no se encontraron rocas grandes por lo tanto la especie de poliquetos predominante son del tipo errantes sobre las playas de la familia Nereidae correspondiente a la especie ***Neanthes succinea***. (Fig. 12).

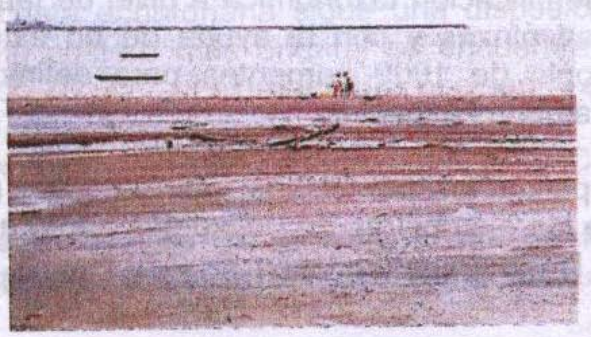


Fig. 1.- Est. 1 (Tachina). Se observa la playa compuesta de arena y limo. Especie identificada: Neanthes succinea.



Fig. 12.- Neanthes succinea.(Nereidae)

De acuerdo a los datos obtenidos, los poliquetos bentónicos en esta área son relativamente pobres en biodiversidad posiblemente por el aporte de agua dulce de alta turbidez del río Esmeraldas y la falta de estabilidad en el ambiente marino – estuarino.

En total se identificó a una especie en el sustrato arenoso que corresponde al 3% de especies identificadas, una diversidad de Shannon – Wiener (H)= 0 y la de Simpson(D) = 1 y el índice de uniformidad (E) = 0, (Tabla No. 2).

ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
LOCALIDAD	Tachina	Balao	Sua Atacames	Pedernales Chorrera	Bahía de Caráquez	Punta Bellaca	Jaramijó	Barbasquillo	Puerto Cayo	Parque Machalilla	Puerto López	%
ESPECIES DE POLIQUETO	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas	Rocas
Anaitides madeirensis	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0	1,6
Ceratonereis mirabilis	0	0	0	0	0	0	0,99	0	1,6	0	0	2,59
Chrysopetalum sp.	0	0	0	0	0	0	2,6	1,6	0	0	0,99	5,19
Cirratus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,99	0,99
Diopatra splendidisima	0	0	0	0	0	0	0,99	0	0	0	0	0,99
Eulalia quadrioculata	0	0	0	0	0	0	0	0	0,99	0	0	0,99
Eurythoe complanata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
Hesionella sp.	0	0	0	0	0	0	0,99	0	0	0	0	0,99
Lanice conchilega	0	0	0	0	0	0	0	0,99	0	0	0	0,99
Marphysa corallina	0	0	6,4	0	0	0	0	0,99	0	0	0	7,39
Nereis sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,8	8,8
Nearthes succinea	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	1,6
Notomastus sp.	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	1,6
Onuphis microcefala	0	0	0	0	0	0	0	0,99	0	0	0	0,99
Paraonis gracilis	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0	1,6
Pareurythoe spirocirrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	1,6
Phragmatopoma californica	0	0	15,4	0	12	14,8	0	0	0	0	0	42,2
Polidora nucalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,99	0,99
Syllis elongata	0	0	0	0	0	0	0	0,99	0,99	0	2,4	4,38
Tharyx parvus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,5	8,5
% DE INDIVIDUOS	0,00	0,00	21,80	0,00	12,00	14,80	8,77	8,76	3,58	1,60	28,67	100
NUMERO DE ESPECIES	0	0	2	0	1	1	6	7	3	1	7	
% DE ESPECIES	0	0	10	0	5	5	30	35	15	5	35	
Diversidad Simpson = D	0	0	0,59	0	0	0	0,19	0,15	0,36	1	0,29	
Diversidad Shannon- Wiener= H	0	0	0,36	0	0	0	1,72	1,91	1,07	0	1,47	
Uniformidad = E	0	0	0,52	0	0	0	0,96	0,98	0,97	0	0,76	

TABLA 2.-ABUNDANCIA RELATIVA PORCENTUAL (ORGANISMO X m^2), INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON -WIEVER (H), SIMPSON (D) Y UNIFORMIDAD (E) DE LAS ESPECIES DE POLIQUETOS INTERMAREALES (SUSTRATO ROCOSO) EN LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS Y MANABI. (ECUADOR) 2003

En el sustrato rocoso no se identificó ningún poliqueto correspondiendo el índice de diversidad (H), (D) y uniformidad (E) = cero. (Tabla No. 1).

ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
LOCALIDAD	Tachina	Balao	Sua Atacames	Pedernales Chorrera	Bahía de Caráquez	Punta Bellaca	Jaramijó	Barbasquillo	Puerto Cayo	Machalilla	Puerto López	%
ESPECIES DE POLIQUETOS	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena	Arena
Capitella capitata	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Ceratonereis mirabilis	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Tharyx sp.	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
Lumbrineris bassi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	1,5
Lumbrineris tetraura	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
Marphysa sanguinea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	1,5
Nearthes diversicolor	0	0	0	0	0	16	9	0	0	0	0	25
Nephtys singularis	0	0	1,5	2,5	0	0	0	0	0	0	0	4
Nearthes succinea	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5
Polidora sp.	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15
Polydora websteri	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	2,5	0	4
Polyophthamus pictus	0	0	0	15	8	0	0	0	0	0	0	23
Syllis elongata	0	0	0	0	8	2	1,5	0	0	0	0	11,5
% DE INDIVIDUOS	3,5	1,5	3	17,5	34	18	17	0	0	5,5	0	100
NUMERO DE ESPECIES = S	1	1	1	2	4	2	4	0	0	3	0	
% TOTAL DE ESPECIES	8	8	8	15	31	15	31	0	0	23	0	
Diversidad Simpson = D	1	1	0,5	0,80	0,27	0,80	0,44	0	0	0,43	0	
Diversidad Shannon- Wiener= H	0	0	0,69	0,10	0,91	0,10	0,78	0	0	0,94	0	
Uniformidad = E	0	0	1,00	0,15	0,66	0,14	0,56	0	0	0,85	0	

TABLA 1.-ABUNDANCIA RELATIVA PORCENTUAL (ORGANISMO X m^2), INDICE DE SHANNON-WIENER (H), SIMPSON (D)Y UNIFORMIDAD (E) DE LAS ESPECIES DE POLIQUETOS INTERMAREALES (SUSTRATO ARENOSO) EN LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS Y MANABI. (ECUADOR) 2003

Estación 2.- (Balao):

Esta área se caracteriza por presentar una playa arenosa-limosa con aproximadamente 50 m. de ancho frente a la Terminal Petrolero de Balao, gran aporte de agua dulce turbia proveniente del río Esmeraldas, presencia de productos plásticos de los desechos de la ciudad de Esmeraldas. Se observó poca frecuencia de poliquetos de tipo excavadores resaltándose a ***Lumbrineris tetraura*** que corresponde a la familia Lumbrineridae.(Fig. 13).



Fig. 13.-Lumbrineris tetraura. (Lumbrineridae)

En esta zona existe escasa diversidad de especies posiblemente sea por las actividades del Terminal Petrolero del Ecuador (TEPRE) por la entrada y salida de hidrocarburos del petróleo, presencia significativa de espuma en la orilla del agua de mar con desperdicios de madera y otros materiales en el área de estudio, lo que significa contaminación y alteración del ecosistema marino–estuarino. (Fig. 2)

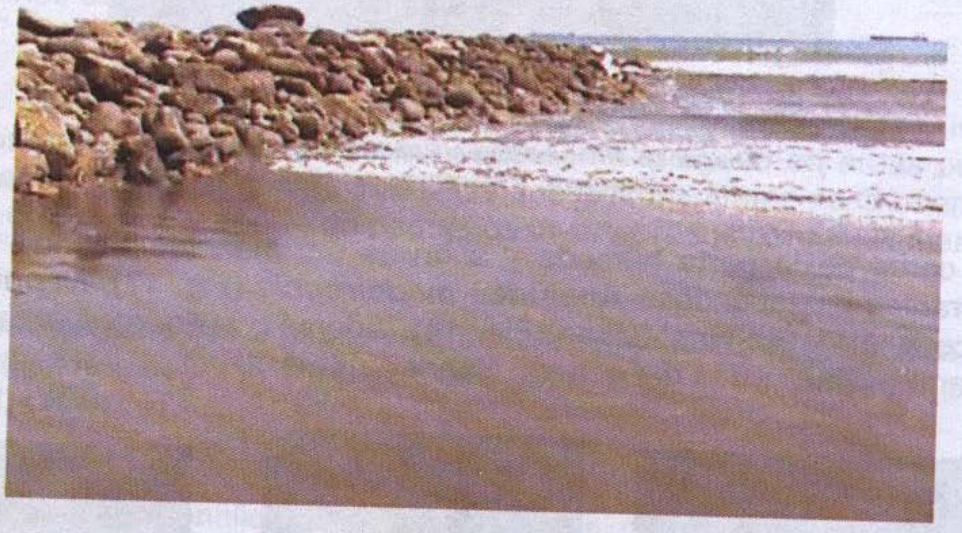


Fig. 2.- Est. 2 (Balao). Zona de playa con abundante espuma en el mar y muelle construido con rocas. Especie identificada: Lumbrineris tetraura.

En el sustrato arenoso se identificó una especie correspondiéndole el 3% del total de especies identificadas, la diversidad (H) y uniformidad (E) equivalente a cero y la diversidad de Simpson (D) igual a uno. En la localidad estudiada la zona rocosa no aparece descubierta en bajamar. (Tabla 1 - 2).

Estación 3 (Sua – Atacames):

Se procesaron 8 muestras de arena en la transecta desde la zona alta de la playa hasta el margen de la más baja marea. Esta playa se caracteriza por presentar gránulos muy finos con más de 100 m. de ancho intervenida por el turismo, cerca de esta zona se encuentran rocas no muy grandes en proceso de erosión tanto por el fuerte oleaje del agua de mar como por el viento. (Fig. 3)

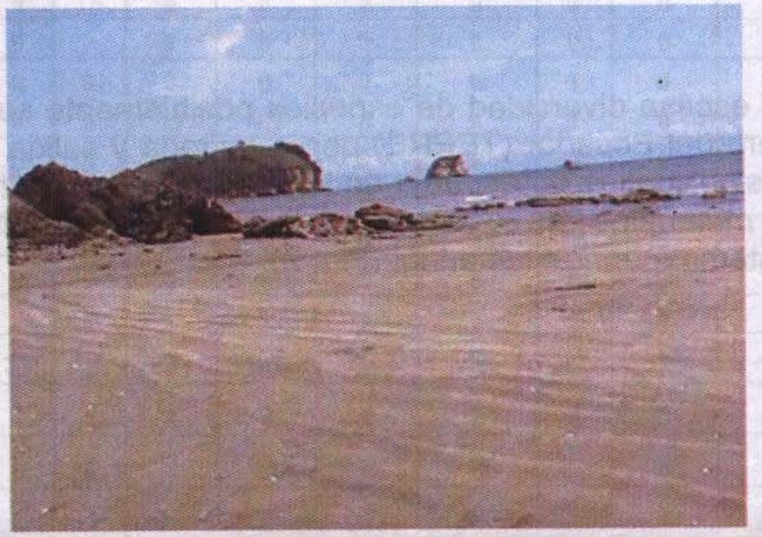


Fig. 3.- Est. 3 (Sua-Atacames). Zona de playa y área de rocas. Especies identificadas: Anaitides madeirensis, Tharyx sp. Phagmatopoma californica, Nephtys singularis, y Marphysa coralina.

En la arena cerca de la parte húmeda y a orillas del mar, fueron muy frecuentes los poliquetos errantes destacándose ***Anaitides madeirensis*** (Fig. 17), ***Nephtys singularis*** que pertenece a la familia Nephtyidae (Fig. 14). Además, poliquetos excavadores en la arena de la familia Cirratulidae del género ***Taryx sp.*** (Fig. 16).



Fig. 14.- Nephtys singularis. (Nephtyidae)



Fig. 16.- Taryx sp. (Cirratulidae)



Fig.17.- Anaitides madeirensis (Phyllodocidae)

De la misma manera se presentaron en las rocas formando agrupaciones la especie ***Phagmatopoma californica*** (Fig. 15), que vive dentro de tubos pequeños construidos por arena y conchillas de moluscos, además, compartiendo los espacios vacíos de algunos tubos arenosos, también se encuentra relativamente frecuente la especie ***Marphysa coralina*** de la familia Eunicidae. (Fig. 18)



Fig. 15.- Phagmatopoma californica. (Sabellariidae)

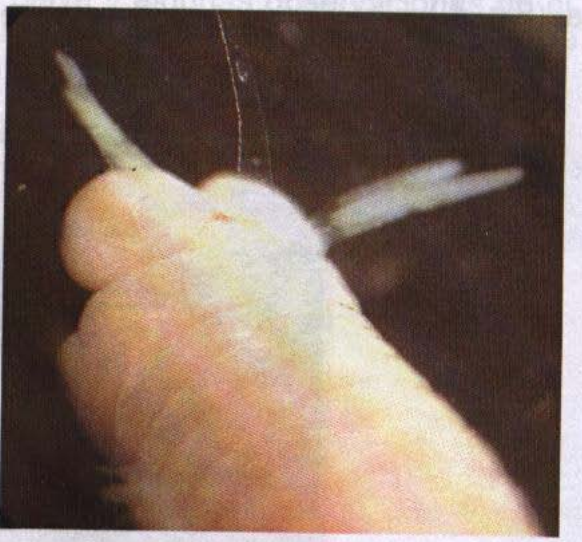


Fig. 18.- Marphysa coralina. (Eunicidae)

Las especies errantes aquí identificadas son de tipo carroñeras y viven en sustratos arenosos con material orgánico intersticial especialmente por el aporte de los turistas que proveen desechos orgánicos en el área intermareal.

En cambio los poliquetos sedentarios como ***Phagmatopoma californica*** que viven en los tubos arenosos están en un ambiente muy húmedo pedregoso en áreas protegidas con gran influencia de las olas que golpean las rocas continuamente aumentando así la concentración de oxígeno y aporte de pequeños invertebrados para su alimentación,

En esta localidad se identificó 2 especies en el área arenosa lo que significa el 7% de las especies identificadas, el índice de diversidad (H) = 0.10, el de Simpson (D)= 0.80 y de uniformidad (H)= 0.14 . (Tabla 2).

En la zona rocosa se identificaron 2 especies que corresponde al 6.5% del total de especies identificadas, además el índice de diversidad (H) = 0.36 bits, el de Simpson(D) = 0.39 y el de uniformidad (E) = 0.52 (Tabla 1).

PROVINCIA DE MANABI:

Estación 4.- Pedernales (Chorrera)

Esta área esta conformada por playa húmeda de tipo arenosa relativamente limpias tratándose de zonas apartadas, poco turística conformadas por pequeñas rocas no muy duras perforadas por moluscos, dejando ver entre si charcos de agua de mar en baja marea. (Fig. 4)



Fig. 4.- Est. 4 (Pedernales/Chorrera) zona de rocas muy cerca de las playas arenosas. Especies identificadas: Polyophthanus pictus y Nephtys singularis.

Aquí se tomaron 5 muestras de arena y algunas observaciones en las rocas. En la arena fueron poco frecuentes los poliquetos bentónicos excavadores de la familia Opheliidae se reporta la presencia de la especie ***Polyophthamus pic0tus*** (Fig. 27) y, entre los errantes se identificó pocos individuos de la especie ***Nepthys singularis*** de la familia Nephtyidae, pobre en cuanto a biodiversidad de poliquetos, posiblemente por falta de estabilidad en los sustratos que son expuestos a las mareas y oleajes fuertes. (Fig. 14)

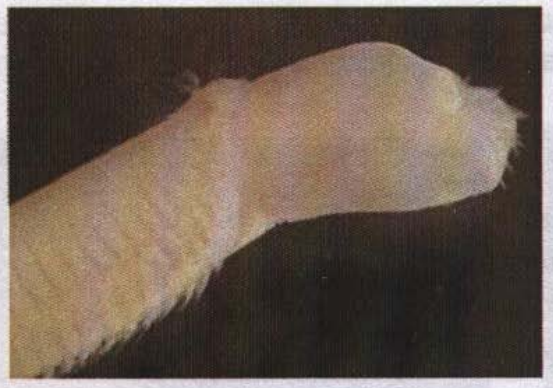


Fig. 14.- Nephtys singularis. (Nephtyidae)

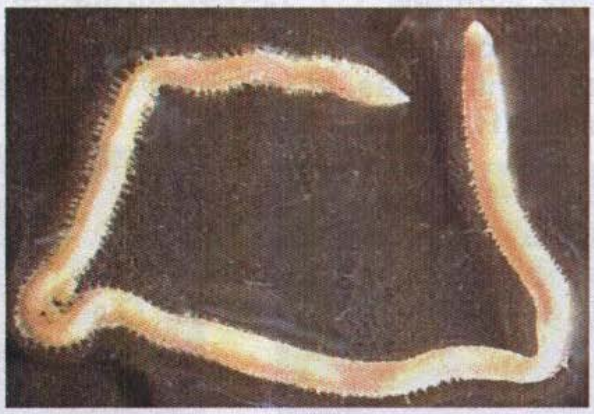


Fig. 27.- Polyophthamus pictus (Ophellidae)

En la zona de rocas no se identificó ningún poliqueto. En el sustrato arenoso se identificaron 2 especies que corresponde al 7% del total especies identificadas, además el índice de diversidad (H) = 0.10, el de Simpson (D) = 0.80 y el de uniformidad (E) = 0.15. (Tabla 1 - 2)

Estación 5: Bahía de Caráquez

En esta estación se tomaron 4 muestras de la playa y algunas observaciones en el área de las rocas, lugar en donde se encuentra el faro rodeado de pozas de agua de mar especialmente en bajamar. (Fig.5).



Fig.5.- Est. 5 (Bahía de Caráquez). Se observa el faro y pequeñas lagunas de agua de mar. Especies identificadas: Polidora sp. Syllis elongata, Phagmatopoma californica, Polyophthamus pictus y Ceratonereis mirabilis.

Aquí se identificó entre las rocas y agrupados a los poliquetos de la familia Sabelariidae con la especie ***Phagmatopoma californica***, (Fig. 15), que forman sus tubos pequeños con arena gruesa y conchillas de moluscos, esta especie también fue encontrada en Sua/Atacames por lo tanto se extiende su distribución geográfica.



Fig. 15.- Phagmatopoma californica. (Sabellariidae)

En el sustrato arenoso la biodiversidad fue más representativa principalmente por las especies errantes de la familia Nereidae con la especie ***Ceratonereis mirabilis*** (Fig. 22), la familia Syllidae con la especie ***Syllis elongata*** (Fig. 19), la familia Spionidae con la especie ***Polydora sp.*** (Fig. 28) y, la familia Ophellidae con la especie ***Polyophthamus pictus***.(Fig. 27). Se identificaron 4 especies que corresponde al 13% del total de especies identificadas, además el índice de diversidad (H) = 0.91 bits que corresponde a uno de los mayores índices (SW) en el área de estudio, el de Simpson (D) = 0.27 y el de uniformidad (E) = 0.66. (Tabla 2).



Fig. 19.- Syllis elongata. (Sillidae)



Fig. 22.- Ceratonereis mirabilis (Nereidae)

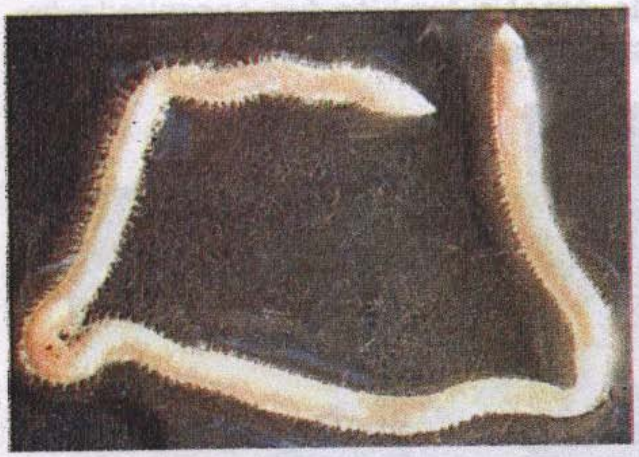


Fig. 27.- Polyophthamus pictus (Ophellidae)

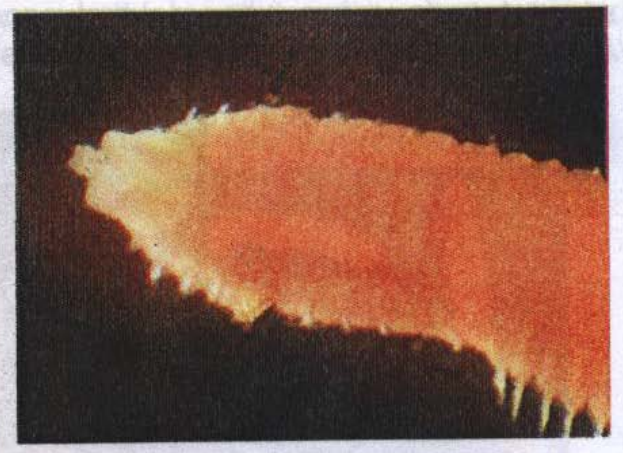


Fig. 28.- Polydora sp. (Spionidae)

En el sustrato rocoso se identificó una especie de poliqueto que corresponde al 3.3 % del total de especies, los índices de diversidad = 0. (Tabla 1)

Estación 6 : Punta Bellaca

El área estudiada corresponde a la zona de playas y otra rocosa. En esta estación se tomaron 5 muestras de la playa y varias observaciones en el área de rocas. (Fig. 6)

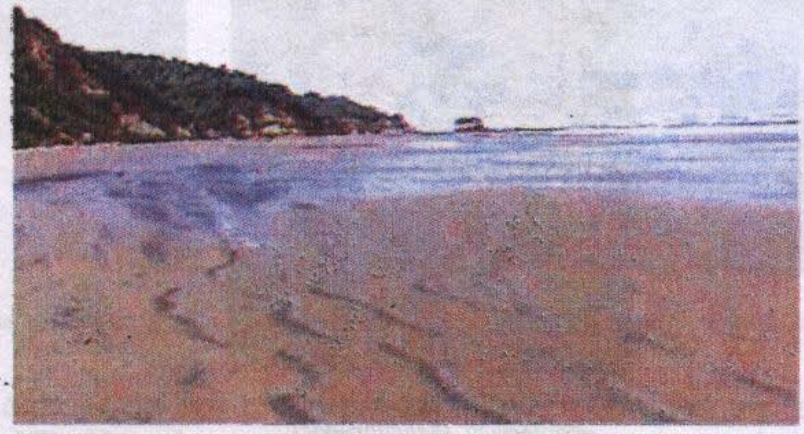


Fig. 6.- Est. 6 (Punta Bellaca). Se observa la extensa playa y los acantilados. Especies identificadas: Neanthes diversicolor, Syllis elongata, Polidora sp. y Phagmatopoma californica.

En sustrato arenoso la biodiversidad fue más representativa principalmente por las especies errantes de la familia Nereidae con la especie **Neanthes diversicolor** (Fig. 29) y, la familia Syllidae con la especie ***Syllis elongata*** *(Fig. 19)*, con el 7% del total de especies identificadas, además el índice de diversidad (H) = 0.10 bits , el de Simpson (D) = 0.80 y el de uniformidad (E) = 0.14 (Tabla 2)



Fig. 19.- Syllis elongata. (Sillidae)



Fig. 29.- Neanthes diversicolor (Nereidae)

En esta área se identificó sobre las rocas a los poliquetos de la familia Sabelariidae con la especie ***Phagmatopoma californica*** (Fig. 15), que construyen para vivir tubos pequeños con arena gruesa y pequeñas conchillas de moluscos, se los encuentra en agrupaciones mas o menos abundantes, es la misma especie encontrada en Sua/Atacames y Bahía de Caráquez, por lo tanto se extiende su distribución geográfica.



Fig. 15.- Phagmatopoma californica. (Sabellariidae)

En el sustrato rocoso se identificó una especie de poliqueto que corresponde al 3.2 % del total de especies y los índices de diversidad = 0 bits y el de Uniformidad = 0. (Tabla 1)

Estación 7: Jaramijó

Esta zona se caracteriza por tener poca amplitud de playa y presencia de rocas no muy grandes dispersas en toda el área intermareal. (Fig. 7).



Fig. 7.- Est. 7 (Jaramijó). Playa con piedras pequeñas. Especies identificadas: Polidora websteri, Neanthes diversicolor, Syllis elongata, Capitella capitata, Anaitides madeirensis, Brawania chryptocephala y Diopatra splendidisima, Magelona pacifica, Ceratonereis mirabilis, Paraonis gracilis y Onuphis microcefala.

Aquí se identificaron en la superficie de la arena las especies **Neanthes diversicolor** (Fig. 29), en la misma zona a las especies escavadoras ***Syllis elongata*** (Fig. 19), ***Capitella capitata*** (Fig. 20) y ***Polidora websteri***. (Fig. 21).



Fig. 19.- Syllis elongata. (Sillidae)



Fig. 20.- Capitella capitata. (Capitellidae)

Entre las rocas y debajo de las piedras fueron muy comunes las especies ***Anaitides madeirensis*** (Fig. 17), **Magelona pacifica** (Fig. 38), ***Ceratonereis mirabilis*** (Fig. 22), ***Brawania chryptocephala*** (Fig. 35) , ***Paraonis gracilis*** (Fig. 34) y, ***Onuphis microcefala***. (Fig. 37).



Fig.17.- Anaitides madeirensis (Phyllodocidae)



Fig. 22.- Ceratonereis mirabilis (Nereidae)

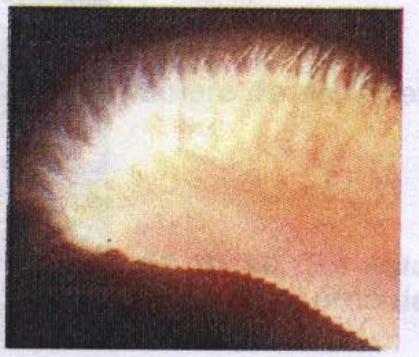


Fig. 34.- Paraonis gracilis (Paraonidae)



Fig. 35.- Bhawania Cryptocephala



Fig. 37.- Onuphis microcefala (Onuphidae)



Fig. 38.- Magelona pacifica (Magelonidae)

En el sustrato rocoso se identificaron 6 especies de poliquetos que corresponden al 20 % del total de especies, los índices de diversidad (H) = 1.72 bits, el de Simpson (D) = 0.19 y el de uniformidad (E) = 0.96. (Tabla 1).

En el sustrato arenoso se identificaron 4 especies que corresponde al 13% del total especies identificadas, representado por el índice de diversidad (H) = 0.78 bits, el de Simpson (D) = 0.44 y el de uniformidad (E) = 0.56. (Tabla 2)

Estación 8: Barbasquillo

Esta estación esta un poco alejada del puerto de Manta. Aquí se obtuvieron 6 muestras de arena en la transecta desde la zona alta de la playa hasta el margen de la más baja marea. Playa que se caracteriza por presentar gránulos de arena muy finos, con más de 100 m. de ancho, poco intervenida por el turismo, cerca de está área existen rocas no muy grandes en proceso de erosión por el fuerte oleaje del agua de mar.(Fig. 8)



Fig. 8.- Est. 8 (Barbasquillo). Playa y área rocosa. Especies identificadas: Brawania chryptocephala, Marphysa coralina, Polidora websteri, Lanice conchilega, Syllis elongata, Neanthes succinea, Onuphis microcefala y Capitella capitata.

La zona que comprende parte de la playa arenosa con rocas pequeñas es un área húmeda por el agua marina, fueron frecuentes los poliquetos errantes como ***Neanthes succinea*** de la familia Nereidae (Fig. 12) y ***Brawania Chryptocephala*** de la familia Chrisopetalidae (Fig. 35). Además, se observó poliquetos excavadores como ***Capitella capitata*** de la familia Capitellidae (Fig. 20), ***Syllis Elongata*** de la familia Syllidae (Fig. 19), ***Marphysa coralina*** de la familia Eunicidae (Fig. 18), ***Lanice conchilega*** de la familia Terebellidae (Fig. 31) y, ***Onuphis microcefala*** de la familia Onuphidae. (Fig. 37). En total se identificaron 7 especies que corresponde al 23% del total especies identificadas, además el índice de diversidad (H) = 1.91 bits, que representa una alta diversidad de especies de poliquetos de toda el área muestreada, el de Simpson (D) = 0.15 y el de Uniformidad (E) = 0.98. (Tabla 1)



Fig. 12.- Neanthes succinea.(Nereidae)

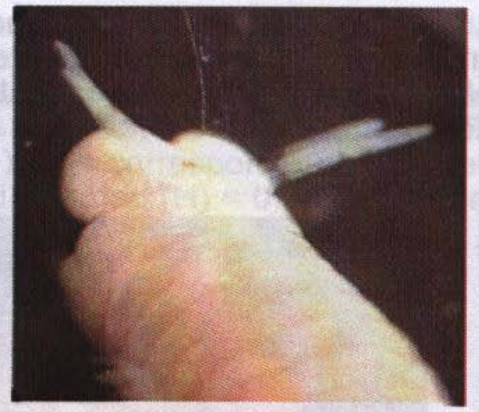


Fig. 18.- Marphysa coralina. (Eunicidae)



Fig. 19.- Syllis elongata. (Sillidae)



Fig. 20.- Capitella capitata. (Capitellidae)



Fig. 31.- Lanice conchilega (Terebellidae)



Fig. 37.- Onuphis microcefala (Onuphidae)

En el sustrato arenoso propiamente dicho y separado de las rocas el número de especies = 0 , la diversidad (H) y (D) = 0 y la Uniformidad (E) = 0. (Tabla 2).

Estación 9: Puerto Cayo

Esta zona se caracteriza por presentar una área de playa y zona de rocas. En esta estación se tomaron 6 muestras del sustrato arenoso y varias observaciones en el área de rocas. (Fig. 9).



Fig. 9.- Est. 9 (Puerto Cayo). Playa, rocas y acantilados. Especies identificadas: Syllis elongata, Eulalia quadriculata y Ceratonereis mirabilis.

La biodiversidad de especies de poliquetos fue más representativa en la zona rocosa, que en sustrato arenoso principalmente por las especies errantes de la familia Nereidae con la especie ***Ceratonereis mirabilis*** (Fig. 22), también se identificaron individuos de la familia Phyllodocidae con la especie ***Eulalia quadioculata*** (Fig. 24) y, ***Syllis elongata*** de la familia Syllidae.(Fig. 19).



Fig. 19.- Syllis elongata. (Sillidae)



Fig. 22.- Ceratonereis mirabilis (Nereidae)



Fig. 24.- Eulalia quadriculata (Phyllodocidae)

En total entre las rocas se identificaron 3 especies que corresponde al 9.5% del total especies identificadas, además el índice de diversidad (H) = 1.07 bits, el de Simpson (D) = 0.36 y el de Uniformidad (E) = 0.97. (Tabla 1).

En cambio en el sustrato arenoso la diversidad (H),(D) =0 y el de Uniformidad (E) corresponde a cero. (Tabla 2).

Estación 10: (Parque Nacional Machalilla)

Esta zona está conformada por sustrato arenoso de gránulos finos muy extensa de aproximadamente 2 a 3 kilómetros y 60 metros de ancho, con acantilados en sus lados terminales y rocas suaves con perforaciones superficiales, hechas posiblemente por organismos marinos. (Fig.10).

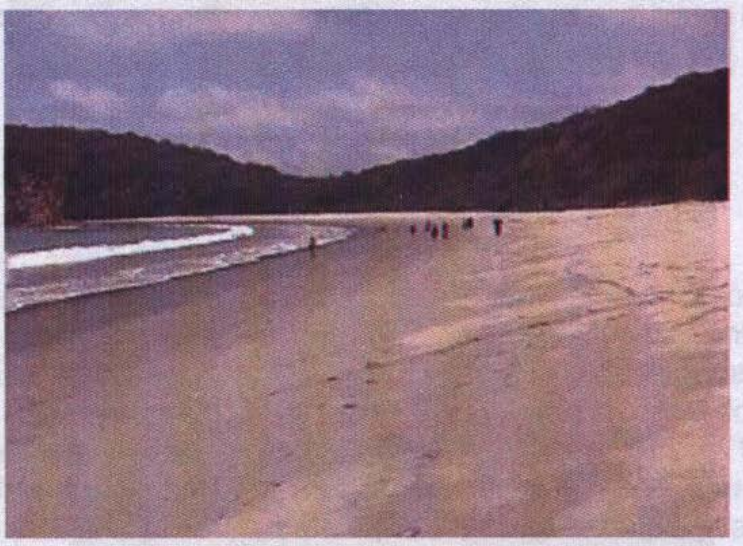


Fig. 10.- Est. 10 (Machalilla). Playa muy amplia y extensa . Especies identificadas: Marphysa coralina, Lumbrineris tetraura, Polidora websteri y Pareurythoe spirocirrata.

Se colectó 5 muestras de arena de la playa y se efectuó varias observaciones en el área rocosa. En el área de la playa fueron más numerosos y de mayor diversidad los poliquetos correspondiente a las especies ***Marphysa sanguínea*** de la familia Eunicidae (Fig. 33), ***Lumbrineris tetraura*** de la familia Lumbrineridae (Fig. 13) y ***Polidora websteri*** de la familia Spionidae (Fig. 21), que corresponde al 10% del total especies identificadas *en* esta localidad, el índice de diversidad (H) = 0.94 bits, el de Simpson (D) = 0.43 y el de Uniformidad (E) = 0.85. (Tabla 2).



Fig. 13.-Lumbrineris tetraura. (Lumbrineridae)



Fig. 21.- Polidora websteri. (Spionidae)



Fig. 33.- Marphysa sanguinea (Eunicidae)

En el área rocosa se identificó a la especie errante ***Pareurythoe spirocirrata*** que corresponde a la familia Amphinomidae (Fig.32). Con Diversidad (H) y Uniformidad (E) equivalente a cero y el de Simpson (D)= 1. (Tabla 1).



Fig. 32.- Pareurythoe spirocirrata (Amphinomidae)

Estación 11: Puerto López

Esta zona se caracteriza por presentar muy poca arena y la superficie mayormente ocupada por rocas planas no muy altas. (Fig. 11).



Fig. 11.- Est. 11 (Puerto López). Se observan las rocas y la playa. Especies identificadas: Eurythoe complanata, Nereis sp. (a – b), Marphysa sanguinea, Syllis elongata, Tharyx parvus, Tharyx sp., Brawania chryptocephala y Polidora nuchalis.

Debajo de las rocas y entre ellas se identificaron poliquetos de la familia Amphinomidae con la especie ***Eurythoe complanata*** (Fig. 23) y, ***Nereis sp***. (a y b) (Fig. 30-36) de la familia Nereidae, los Chrisopetalidae con la especie **Bhawania chryptocephala** (Fig. 35). Entre los más pequeños se encuentran ***Syllis elongata*** (Fig. 19) de la familia Syllidae; ***Tharyx parvus*** (Fig. 26) y ***Tharyx sp.*** (Fig. 16) de la familia Cirratulidae; de la familia Spionidae la especie ***Polidora Nucalis*** (Fig. 25)., se registraron valores de diversidad (H)= 1.47 bits, el de Simpson (E) = 0.29 y el de Uniformidad (E) = 0.76. (Tabla 1).



Fig. 16.- Taryx sp. Cirratulidae)



Fig. 19.- Syllis elongata. (Sillidae)



Fig. 23.- Eurythoe complanata. (Amphinomidae)



Fig. 25.- Polydora nuchalis (Spionidae)

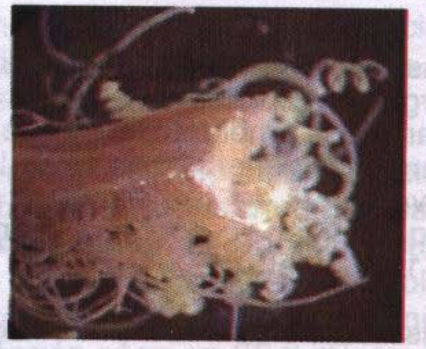


Fig. 26.- Tharyx parvus (Cirratulidae)



Fig. 35.- Bhawania Cryptocephala (Chrysopetallidae)



Fig. 30.- Nereis sp. (a) (Nereidae)



Fig. 36.- Nereis sp. (b) (Nereidae)

No se encontraron poliquetos en el sustrato arenoso por lo tanto la diversidad (H) y (D) corresponde a cero y la Uniformidad (E) = 0. (Tabla 2).

La menor presencia porcentual de poliquetos bentónicos se la observó en el área de Esmeraldas que comprende el 13% para el área arenosa y un 6.5% para el área rocosa, en cambio se han encontrado más del 80% de especímenes en las estaciones que comprenden el área de la provincia de Manabí donde se tomaron la mayor cantidad de muestras predominando los sustratos tipo arenoso y rocoso.

La mayor diversidad de especies (H = 1.91 y 1.72 bits) se la encontró en el área rocosa de Manabí predominando las especies sedentarias que construyen tubos arenosos como ***Phragmatopoma californica*** y errantes como ***Eurythoe complanata***, ***Bhawania chryptocephala***, ***Ceratonereis mirabilis, Nereis sp.*** y ***Marphysa coralina.*** De la misma manera la diversidad de especies (0.94 y 0.91 bits) se encontró en la zona intermareal arenosa, representados por los poliquetos errantes de las especies ***Ceratonereis mirabilis, Neanthes diversicolor, Syllis elongata*** y excavadores como ***Polyophthamus pictus***, ***Capitella capitata***, y ***Polydora Websteri.***

La menor diversidad de especies (H = 0.10 bits) se encontró en los sustratos arenosos de Esmeraldas donde predominan los poliquetos de las especies tipo excavadores como ***Lumbrineris tetraura*** y errantes como ***Neanthes succinea***, ***Nephtys singularis.*** Entre las rocas están presentes las especies ***Marphysa coralina*** y, ***Phragmatopoma californica*** formando agrupaciones sobre las rocas.

DISCUSIÓN:

De las observaciones realizadas en el área de estudio, los poliquetos bentónicos identificados pertenecen a los organismos que habitan en la zona intermareal, existen especies susceptibles a los cambios ambientales y de ser indicadoras de áreas intervenidas por el hombre, en términos generales la zona intermareal arenosa y rocosa estudiada difiere cuali cuantitativamente de las especies identificadas en los fondos submareales del Golfo de Guayaquil, lugar en donde predominan los sustratos limosos y limo arenoso. (Villamar, F., 1983, 1986, 1989).

Además, el análisis sobre la distribución de los poliquetos intermareales, demuestra asociaciones entre aquellos que viven en los sustratos arenosos y aquellos que seleccionan vivir debajo de las rocas o construyendo tubos apergaminados y otros de carbonato de Calcio, produciendo por lo tanto una mayor diversificación de la composición faunística.(Reish, 1967).

Como especies consideradas indicadoras de áreas intervenidas de origen antropogénica (Reish, 1967), están en primer lugar los excavadores de sustratos arenosos como ***Capitella capitata*** *(Est. 7),* ***Lumbrineris bassi*** *(Est. 10),* ***L. Tetraura*** *(Est. 2),* ***Tharyx parvus*** *(Est. 10),* ***Tharyx sp.****(Est. 3),* ***Paraonis gracilis*** *(Est. 7),* ***Polydora Websteri*** *(Est. 7 y 10),* ***P. Nucalis*** *(Est. 11) y,* ***Syllis elongata*** *(Est. 5 - 6 y 7).* Presentándose como más abundante la especie ***Syllis elongata*** con el 23% en el sustrato arenoso, no así en el área rocosa con el 4.38%. (Fig. 41) (Tablas 1 y 2)

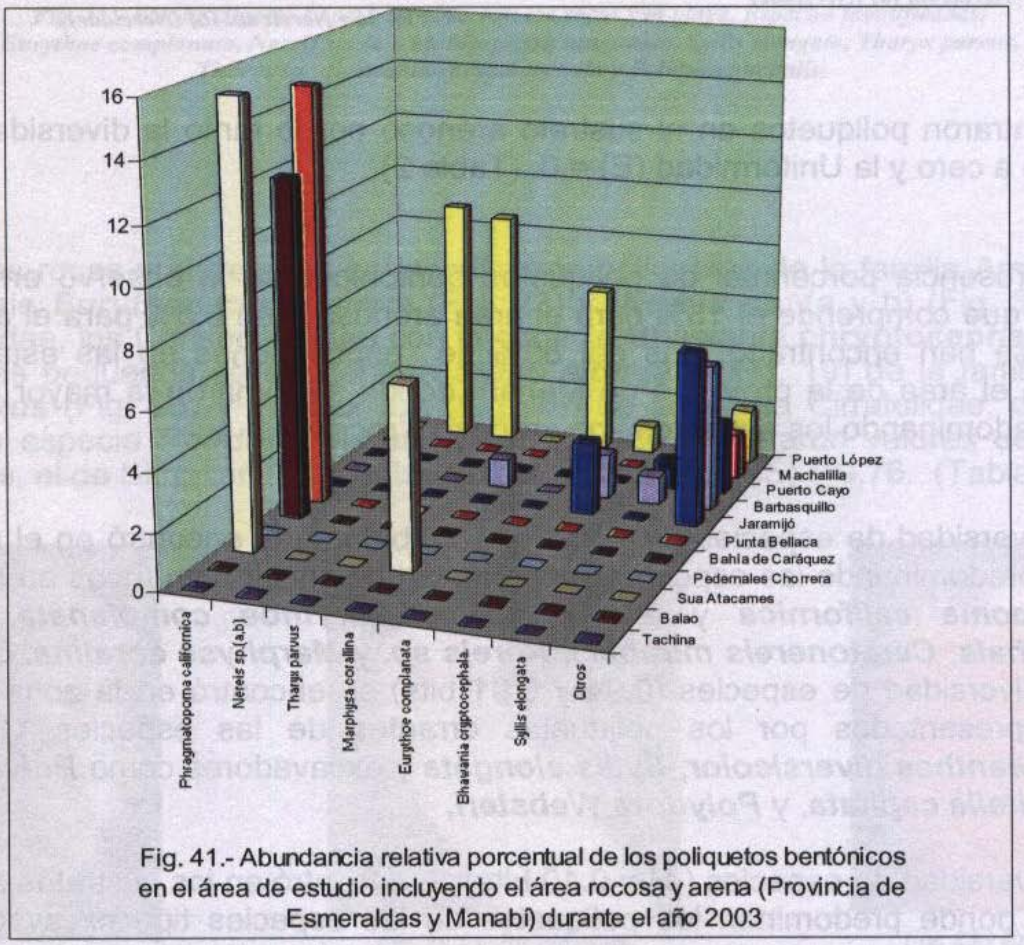


Fig. 41.- Abundancia relativa porcentual de los poliquetos bentónicos en el área de estudio incluyendo el área rocosa y arena (Provincia de Esmeraldas y Manabí) durante el año 2003

No se ha podido establecer ningún patrón de abundancia relativa de especies por falta de continuos estudios sistemáticos y otros concerniente a la biomasa de los poliquetos bentónicos de la zona intermareal del Ecuador.

De acuerdo a Hartman-Schroder (1959), la distribución de los poliquetos bentónicos dependen en alto grado del factor temperatura del agua y no considerando solamente su ubicación geográfica. Por esta razón en el presente estudio comprende la identificación y distribución de los poliquetos bentónicos de la zona tropical sin diferencias notables en los valores de temperatura, así tenemos que para la provincia de Esmeraldas la temperatura media anual fluctúa para la época seca en 25.6 °C. en el aire y 23°C. en el mar (mes de Agosto) y, en la época húmeda 25.8°C. en el aire y 25.7 °C en el mar (mes de marzo); para la provincia de Manabí la temperatura fluctúa para la época seca 23°C en el aire y 24.4°C en el mar (mes de Agosto) y, en la época húmeda 26°C en el aire y 26.1 °C. en el mar (mes de marzo) (comunicación personal, INOCAR).

De acuerdo a este mismo autor (Hartman – Schroder, 1959), existen especies que prefieren vivir en la zona norte templada y otras especies en la zona sur templada del Pacifico Este. Los poliquetos intermareales aquí identificados de la costa ecuatoriana se presentan ocupando zonas estables tanto por la temperatura del aire como del agua en los sustratos intermareales.

Rowe et al. (1972), manifiesta que las comunidades bentónicas responden a las diferentes clases e intensidades de estrés por efecto de la contaminación o fluctuaciones de salinidad, en el área de estudio intermareal ecuatoriana existen sitios en donde puede haber efectos directos de contaminación, especialmente por hidrocarburos del petróleo, además, la literatura sobre estudios relacionados a los contaminantes de los ambientes marinos costeros son escasos o no tienen periodicidad.

De acuerdo a Brusca (1973) considera y describe a la Provincia Panámica como una extensión desde Baja California, incluyendo el Golfo de California hasta el sur de la Bahía o Golfo de Guayaquil, Ecuador, por lo tanto las especies aquí identificadas son parte de la Provincia Panámica, pero la distribución de las especies según la localidad y la abundancia relativa pueden variar de acuerdo a la preferencia por vivir en los sustratos arenosos o rocosos, al comportamiento de las especies, a los cambios climáticos (Eventos "El Niño") y a obras portuarias que influyen en la distribución geográfica de los poliquetos bentónicos intermareales. (Tablas 1 – 2)

CONCLUSIONES:

De las 11 estaciones estudiadas de la zona intermareal de las playas y un número igual en la zona rocosa, se identificaron en total 27 especies de poliquetos bentónicos, muchos de ellos reportados por primera vez en virtud de que no existen registros o publicaciones para el área de estudio.

La menor presencia porcentual de poliquetos bentónicos se la observó en el área de Esmeraldas que comprende el 13% para el área arenosa y un 6.5% para el área- rocosa, en cambio se han encontrado más del 80% de especímenes en las estaciones que

comprenden el área de la provincia de Manabí donde se tomaron la mayor cantidad de muestras predominando los sustratos tipo arenoso y rocoso.

En cuanto a la preferencia de las especies identificadas a las profundidades intermareales, se concluye que el mayor número de especies prefiere vivir en la zona que está próxima a la línea de agua del mar o zona húmeda, disminuyendo el número de especies a medida que se aleja del mar.

Las especies que pertenecen a las familias de poliquetos Nephtyidae, y Nereidae son menos abundantes pero de mayor diversidad en al área de estudio, consideradas como especies errantes y, otras especies sedentarias que ocupan parte de las rocas son las formadoras de tubos arenosos cubiertos con conchillas como la especie ***Phagmatopoma californica***, en cambio las especies pertenecientes a la familia Lumbrineridae, Capitellidae, Cirratulidae, Syllidae, Paraonidae y Spionidae son relativamente mas frecuentes en los sustratos blandos, consideradas como organismos excavadores de sustratos suaves arenosos o entre las rocas.

La mayor diversidad (H), en el sustrato rocoso se ubicó en las estaciones de Barbasquillo (1.91 bits) y Jaramijó (1.72 bits), de la misma forma la mayor Uniformidad coincide con las estaciones de Barbasquillo (0.96) y Jaramijó (0.96).(Fig. 40)

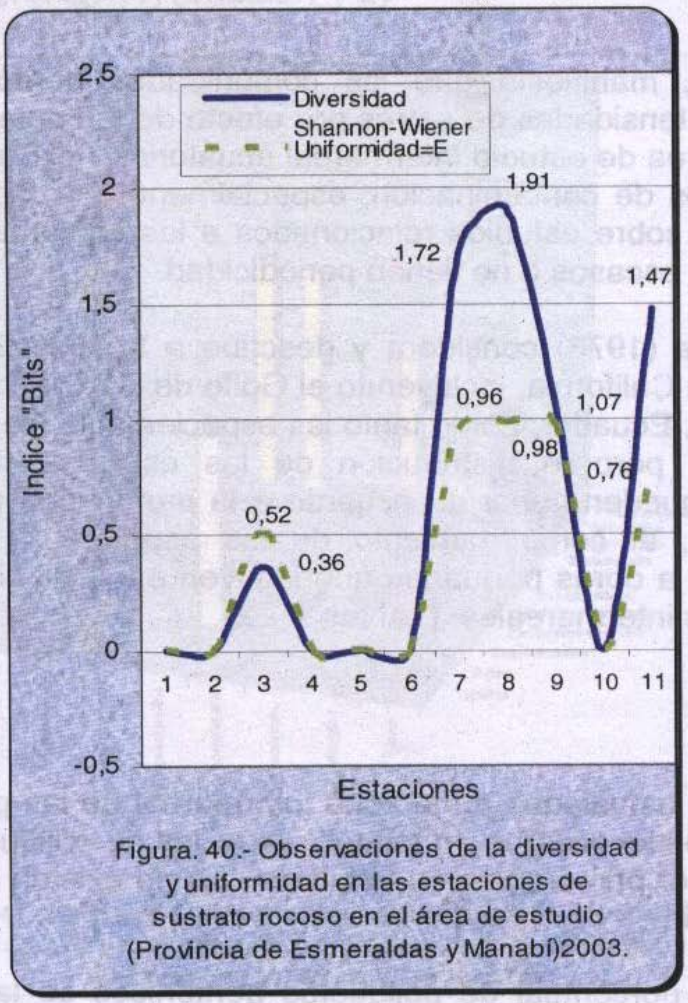


Figura. 40.- Observaciones de la diversidad y uniformidad en las estaciones de sustrato rocoso en el área de estudio (Provincia de Esmeraldas y Manabí)2003.

Para el sustrato arenoso la mayor diversidad (H), se localizó en la localidad de Machalilla (0.94 bits) y en Bahía de Caráquez (0.91 bits), y el mayor índice de Uniformidad coincide con las localidades de Machalilla (0.85) y Bahía de Caráquez (0.66).(Fig. 39)

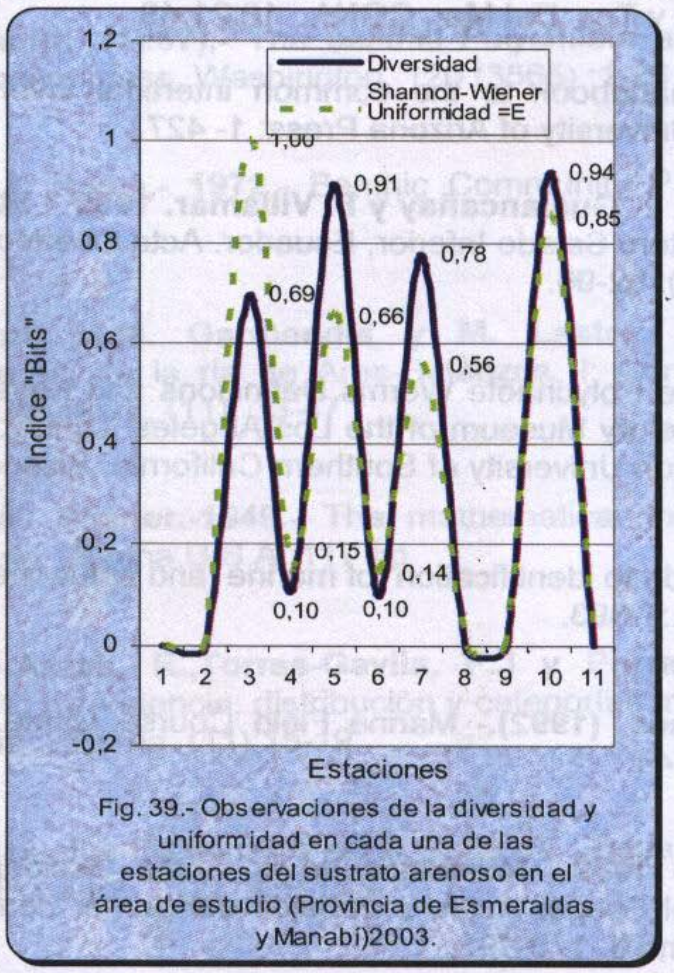


Fig. 39.- Observaciones de la diversidad y uniformidad en cada una de las estaciones del sustrato arenoso en el área de estudio (Provincia de Esmeraldas y Manabí)2003.

Es importante mencionar que las familias con mayor número de especímenes fueron capturadas en el área rocosa asociadas a otros invertebrados marinos especialmente a equinodermos y moluscos perforadores de rocas.

AGRADECIMIENTO:

El autor expresa su agradecimiento al Sr. Director del INOCAR CPFG-EM Mario Proaño Silva, al TNFG SU Edwin Pinto Uscocovich, Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por el apoyo en la publicación de este trabajo científico.

Al Dr. Manuel Cruz Padilla por su colaboración en la obtención de algunos poliquetos bentónicos entre las rocas y la traducción del resumen al ingles, al Biólogo Christian Naranjo por su ayuda en el tratamiento estadístico de los datos obtenidos y la lectura del manuscrito.

Un agradecimiento especial a la Bióloga Thania Calderón por su acertada colaboración en la separación y pre-identificación de algunos poliquetos bentónicos.

BIBLIOGRAFÍA

Andrade, H., Gutiérrez, S., Salinas, A.G.-1986.- Efectos del vertimiento de desechos orgánicos no tratados sobre la macroinfauna bentónica en un sector de la bahía de Valparaíso (Chile). Cien y Tec. Del Mar, CONA. 10:21-49.

Brusca, R. 1973. A handbook to the common intertidal invertebrates of the gulf of California. The University of Arizona Press: 1- 427.

Cruz, M., M. González, E. Gualancañay y F. Villamar. 1980. Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador. 1 (1): 82-96.

Fauchald, K. 1977. The Polychaete Worms Definitions and Keys to the Orden, Families and Genera. Natural History Museum of the Los Angeles County. In conjuntion with the Allan Hancock Foundation University of Southern California. Science Series 28:1- 180.

Gosner, L.K.1971. Guide to identification of marine and estuarine Invertebrate. Ed. John Wiley - Sons, INC.:1-693.

Hawkins, S. y H. Jones. (1992).- Marine Field Course Guide. Rocki Shores. IMMEL Publishing. London: 2-144.

Hartman-Schroder G- 1959.- Poliquetos de la Costa Occidental de América desde Alaska hasta Tierra del Fuego. Actas y trabajos del primer congreso sudamericano de zoología.- La Plata. Tomo II: 178-197.

Hartman, O. 1988.- Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California. Allan Hancoch Foundation. University of Southern California. Los Angeles: 1-828

Hartman, O.1989.- Atlas of the Sedentariate Polychaetous Annelids from California. Allan Hancoch Foundation. University of Southern California. Los Angeles: 1-808.

Monro, C. A.- 1933a.- The polychaeta Errantia Collected by Dr. Crossland at Colon in the Panama Region and the Galápagos Island During the Expedition of the S.Y. St. George. Procceding of the Zoological Society of London: 1 – 90.

Monro, C. A.- 1933b.- The polychaeta Sedentaria Collected by Dr. Crossland at Colon in the Panama Region and the Galápagos Island During the Expedition of the S.Y. St. George. Procceding of the Zoological Society of London: 1039.

PMRC, 1987.- Ecuador perfil de sus recursos costeros.- Proyecto de Manejo de Recursos Costeros, Ecuador. Fundación Pedro Vicente Maldonado. (1): 1 – 258.

Reish, D.,and L. Bernard.- (1967).- The benthic Polychaeta and amphipoda of morro Bay, California. Smithsonian press. Washington. 120 (3565) :1-26

Rowe, G., P. Polloni,J. Rowe.- 1972.- Benthic Community Parameters in the Lower Mystic River.

Sánchez, M., J. Mora, J.M. Garmendia y M. Lastra.- 1993.- Estructura del macrozoobentos submareal de la ría de Ares-Betanzos. I; Composición y distribución. Publ. Espec. Ins. Esp. Oceanogr. (11): 33-47

Shannon, C., and W. Wiener.-1949.- The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.U.S.A.:117 pp.

Tena, J. Capaccione-Azzati, R.,Torres-Gavila, F.J y Porras, R.- 1993.- Anélidos poliquetos del antepuerto de Valencia: distribución y categorías tróficas. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. Valencia. España. (11):15-19.

Villamar, F., 1983. Poliquetos Bentónicos en el Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador. 2 (2): 659-733.

Villamar, F., 1986. Distribución de los Poliquetos Bentónicos en el Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador. 3 (1): 121–131.

Villamar, F., 1989. Estudio de los Poliquetos Bentónicos en el Golfo de Guayaquil Exterior (Canal del Morro y Jambelí). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador. 5 (1): 34-40.

COLISION DE UN BARCO PORTA CONTENEDORES CON UNA BALLENA DE BRYDE (*Balaenoptera edeni*) EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL, ECUADOR

Por:
Fernando Félix (1)

Abstract

At daybreak on 10th December 2004, the 207 m-length cargo ship "P&O Nedlloyd Pantanal" arrived to the quarantine area of the port of Guayaquil with a Bryde's whale (Balaenoptera edeni) pinned on the bow, only then the crew realized about the event. The whale laid on its belly with the left side towards the ship's bow. It was fresh and still had the epidermis with its original color. The whale's right side had extensive bruising behind the pectoral fin through the dorsal fin and further below, which indicates that the animal was alive when was struck. The collision would occur the night before between 20:00 and 21:00 hours in the southern part of the Gulf of Guayaquil, in the border between Ecuador and Peru (3°34'S, 80°48'W), when the speed of the ship dropped from 18.5 to 16.8 knots, without obvious reason. This is the first time that a collision with a whale is officially reported to occur in Ecuador and one of the few known cases in the Southeast Pacific. Some recommendations are provided to local authorities in order to establish the frequency of these events.

Resumen

En la madrugada del 10 de diciembre de 2004, el barco porta contenedores "P&O Nedlloyd Pantanal" de 207 m de eslora arribó al área de cuarentena del puerto de Guayaquil con una ballena de Bryde (Balaenoptera edeni) sobre el espolón de proa, y solo entonces la tripulación se dio cuenta de lo ocurrido. La ballena yacía sobre su vientre con la proa del barco incrustada en la parte lateral izquierda, estaba fresca y aún tenía la mayoría de la epidermis con su color original. El lado derecho mostraba extensas zonas con hematomas desde la parte posterior de la aleta pectoral hacia atrás, más allá de aleta dorsal, lo cual indica que en el momento de la colisión la ballena estaba viva. La colisión habría ocurrido la noche anterior entre las 20:00 y 21:00 horas en la parte sur del Golfo de Guayaquil, en el límite entre Ecuador y Perú (3°34'S, 80°58'W), cuando la velocidad del barco se redujo de 18.5 a 16.8 nudos, sin una razón aparente. Esta es la primera vez que se registra oficialmente un caso de este tipo en Ecuador y uno de los pocos conocidos en el Pacífico Sudeste. Se proporciona algunas recomendaciones a las autoridades para que registren este tipo de eventos, a fin de poder establecer en el futuro su magnitud.

(1) Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM)
PO Box 09-01-11905. Guayaquil, Ecuador
fernandofelix@femm.org; www.femm.org

Introducción

El incremento del tráfico marítimo y de la velocidad de los buques de carga y de trasporte de pasajeros es causa cada vez más frecuente de heridas y de mortalidad de ballenas y delfines (IWC, 2002; Reeves, *et al.*, 2003). En una recopilación global de los accidentes provocado por barcos, Jensen y Silver (2004) informaron de 292 casos de colisiones de ballenas registradas entre 1975 y 2002, la mayoría ellas en aguas de Estados Unidos. Sin embargo, como bien lo señalan los autores, estos casos serían solo una fracción de los ocurridos ya que la mayoría de las colisiones pasan desapercibidas o no son reportados por las tripulaciones. Las colisiones ocurren con todo tipo de barcos, incluyendo cargueros, tanqueros, cruceros y pesqueros, aunque se dan con más frecuencia con barcos grandes y rápidos (Laist *et al.*, 2001; Jensen y Silver, 2004).

Generalmente las colisiones ocurren en áreas costeras con concentración de ballenas, por ejemplo donde éstas se alimentan o reproducen (Laist *et al.*, 2001). Las especies de Mysticeti (ballenas de barba) más frecuentemente involucradas en colisiones son: la ballenas de aleta (*Balaenoptera physalus*), ballenas francas (*Eubalaena glacialis* y *E. australis*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), ballena gris (*Eschrichtius robustus*), ballena minke (*B. acutorostrata*) y ballena azul (*B. musculus*) y, entre los Odontoceti (ballenas dentadas y delfines), el cachalote (*Physeter macrocephalus*) (Lainst *et al.*, 2001; Jensen y Silver, 2004). El impacto para las poblaciones de ballenas a causa de la mortalidad por colisiones con barcos es desconocido, pero en el caso de las ballenas francas del Atlántico norte *E. glacialis*, las colisiones con barcos fueron responsables del 35.5% de la mortalidad total en el período 1970-1999 (Knowlton y Kraus, 2001). Por esta razón, el Servicio de Pesquerías de los Estados Unidos (NOAA Fisheries) está desarrollando una estrategia para reducir la mortalidad de ballenas por colisiones de barcos en la que, entre otras cosas, se plantean medidas operacionales para barcos de más de 65 pies de eslora tales como la modificación de las rutas navieras para evitar áreas de concentración de ballenas francas, restricción de la velocidad y un manejo dinámico del área (Silver *et al.*, 2004).

En el Pacífico Sudeste la frecuencia de estos eventos es pobremente conocida, aunque también es causa de preocupación dado que importantes rutas marítimas atraviesan el área, especialmente en el Sur de Chile (Flórez *et al.*, en imprenta). La mayoría de los registros que se tienen de colisiones y heridas en el Pacífico Sudeste han ocurrido con ballenas jorobadas. De acuerdo con Capella *et al.* (2001), al menos 3 casos o cerca del 20 % de los registros de mortalidad de ballenas jorobadas en Colombia se debe a colisiones con embarcaciones. Ballenas jorobadas fotografiadas en Ecuador también muestran heridas en el lomo y mutilación de lóbulos de la cola que pudieron ser causados por hélices de barcos (Catálogo FEMM, no publicado). Haase y Félix (1994) informaron de un cachalote de 12.6 m varado en 1991 en Punta Carnero, provincia de Guayas, con los maxilares rotos, probablemente a causa del choque con un barco. En la base de datos de la FEMM se cuenta además con otros 3 registros anecdóticos publicados en medios de prensa locales que dan cuenta de colisiones de barcos con ballenas en Ecuador: 1) en agosto de 1989 el pequeño barco pesquero "*Paquín*" se hundió al chocar con una ballena, posiblemente jorobada; 2) en octubre de 1996 el velero "*Joel*" chocó con una ballena, posiblemente cachalote, a 120 mn de la costa en una competencia náutica entre Salinas y Galápagos; y 3) en agosto de 2001 un bote pesquero artesanal quedó destrozado al chocar con una ballena jorobada cerca de isla de La Plata. En otro caso ocurrido en Perú, el barco de investigación de la NOAA "*Surveyor*" colisionó con una ballena no identificada que aparentemente resultó herida a unos 19 km al oeste de Callao (Laist *et al.*, 2001;

Jensen y Silver, 2004). Goya *et al.* (2004) señalaron que la colisión con una embarcación pudo ser la causa del varamiento de un cachalote en Paromonga, Perú.

En este artículo se documenta el caso de una ballena de Bryde que fue impactada por un barco porta contenedores en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Previamente se presenta una revisión de los registros de esta especie en el Pacífico Sudeste con énfasis en su presencia en aguas ecuatorianas.

La ballena de Bryde en el Pacífico Sudeste

La ballena de Bryde o también llamada ballena tropical, se encuentra distribuida en aguas tropicales y subtropicales alrededor del mundo, a menudo cerca de las costas o zonas de alta productividad. En algunos lugares se han encontrado dos variedades, una costera y una oceánica, siendo la forma oceánica un poco más grande (Best, 1977; Leatherwood y Reeves, 1983). Ramírez (1986) también reporta la presencia de dos variedades de ballena de Bryde en la costa norte de Perú, una costera cuya distribución llegaría hasta 100 mn y una oceánica más allá de las 100 mn, pero indica que en esta parte del mundo la forma nerítica es de mayor longitud que la oceánica.

Según Clarke y Aguayo (1965), antes de 1960 cuando ellos confirmaron la presencia de la especie en el Pacífico Sureste al examinar una ballena de 13.6 m en la estación ballenera de Iquique, Chile, solo existía como antecedente en la zona la captura de dos ballenas de Bryde en 1914: una en la isla de La Plata, Ecuador y otra en la isla Gorgona, Colombia, reportado por un ballenero de apellido Ingebrigtsen. La ausencia de registros de ballenas de Bryde en esta área antes de 1960 se debió a que frecuentemente era confundida con la ballena sei *Balaenoptera borealis*, aún en las estaciones balleneras (Clarke y Aguayo, 1965). Clarke (1962) señala que cuando visitó las islas Galápagos en 1959 avistó 21 ballenas sei entre la costa de Ecuador y alrededor de las islas Galápagos, pero mencionó que éstas pudieron ser también ballenas de Bryde. En general desde la década de los 80's los reportes de ballenas de Bryde en Galápagos son relativamente frecuentes; cientos de avistamientos han sido hechos por diferentes expediciones científicas, guías naturalistas e investigadores (e.g. Loesh, 1966; Whitehead, 1986; Lyrholm *et al.*, 1992 Day, 1994; Merlem, 1995; Palacios, 1999; Palacios y Salazar, 2002). Desde los años 90's, investigadores de cetáceos en la costa continental de Ecuador también han observado esta especie cerca de Salinas y de Montañita en la provincia de Guayas (Ben Haase[2], comunicación personal) y alrededor de isla de la Plata, provincia de Manabí (Castro y González, 2002). También se han registrado 3 varamientos en la costa continental, 2 en la costa de la provincia de Guayas en 1992 y 1994 y otra en Salango, provincia de Manabí en 1994 (Chiluiza *et al*, 1998) y uno en Galápagos (Palacios *et al.*, en imprenta).

Una cantidad significativa de avistamientos de ballenas de Bryde han sido hechos en Colombia, Ecuador (incluyendo islas Galápagos) y Perú por parte de la NOAA de los Estados Unidos durante su programa de monitoreo de las poblaciones de cetáceos en el Pacífico tropical oriental (Holt y Jackson, 1987; Holt y Sexton, 1987; Hill *et al.*, 1991a,b; Kinzey *et al*, 1999; 2000, 2001). Estos avistamientos confirman que la distribución de la especie en el Pacífico Sudeste es continua desde Colombia hasta el norte de Chile, como lo indicaron en su momento Clarke y Aguayo (1995) y Ramírez (1989), éste último sugirió que la distribución del stock sería entre los 10°N y 10°S hasta los 110°W.

[1] Ben Haase es el Director del Museo de Ballenas de Salinas e investigador de la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM).

Especial mención sobre la ballena de Bryde en el Pacífico Sudeste merece su presencia en la costa norte de Perú, ya que formaba una importante proporción de la captura total de ballenas que se cazaban en el Pacífico Sudeste desde principios del siglo XX en la estación de Tierra Colorada, Paita (5°S). Entre 1976 y 1985 se cazaron 2,299 ballenas de Bryde y se avistaron 6,311 en la zona de caza (3°30'S a 8°S hasta 200 mn y de 8°S a 10°S hasta 60-80 mn), sitios en los cuales la caza se realizaba a lo largo de todo el año, pero con mayor intensidad en los meses de octubre a marzo (Ramírez, 1989). Previamente, entre 1908 y 1975 las capturas de ballenas sei entre Chile y Perú llegaron a 5,666 ballenas (Clarke, 1980), cifra que incluye una cantidad no conocida de ballenas de Bryde, ya que como se mencionó anteriormente, ambas especies eran entonces confundidas. Al final de la época ballenera en Perú (1985), el stock de ballenas de Bryde daba síntomas de agotamiento y las capturas por unidad de esfuerzo habían disminuido a la mitad (Ramírez, 1989).

La Colisión en el Golfo de Guayaquil

En la madrugada del 10 de diciembre de 2004, aproximadamente a las 03:45, el barco porta contenedores "*P&O Nedlloyd Pantanal*" de 207 m de eslora proveniente de Callao, Perú, arribó al sector de cuarentena, a 7 millas del puerto de Guayaquil, con una ballena encima del espolón de proa.

De acuerdo a la información proporcionada por su Capitán, entre las 20:00 y 21:00 horas del jueves 9 de diciembre la velocidad del barco se redujo de 18.5 a 16.8 nudos, sin una razón aparente, por lo que incluso tuvo que incrementar la velocidad para llegar a la hora programada a la boya de la estación piloto localizada a la entrada del canal del Morro, entre la costa noroeste de la isla Puná y Posorja. En el momento que la velocidad del barco disminuyó, éste se encontraba en la parte sur del Golfo de Guayaquil (3°34'S, 80°58'W-3.20°S, 80°48'W), en el límite entre Ecuador y Perú, lugar donde habría ocurrido la colisión (Figura 1). El impacto no fue sentido por la tripulación y solo se dieron cuenta de la presencia de la ballena cuando el barco ancló en la zona de cuarentena, donde se realizó una primera inspección entre las 17:00 y 18:00 horas del viernes 10 a fin evaluar la situación. Inicialmente se pensó desembarcar la ballena en puerto para su disposición final en el botadero municipal, pero en la inspección se determinó que el animal era más grande de lo que se pensaba y, dado la estabilidad que éste tenía sobre el espolón de proa, la mejor opción sería que el mismo barco se encargue de dejarlo en mar abierto una vez que descargue y abandone el puerto al medio día del sábado 11.

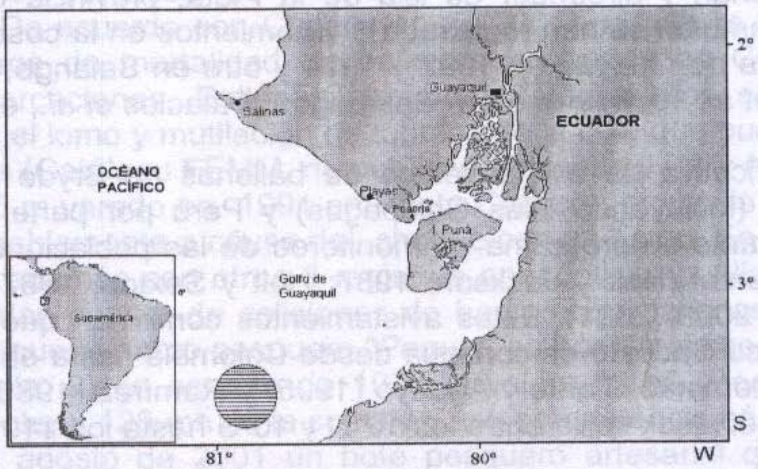


Figura 1. Sitio del impacto según la información proporcionada por el capitán del barco (círculo con líneas horizontales).

Examen externo de la ballena e identificación de la especie.

La ballena tenía alrededor de 2/3 partes del cuerpo fuera del agua, con la cabeza y el último tercio del cuerpo sumergidos y yacía vientre abajo con el flanco izquierdo incrustado en el filo de la proa del barco (Figura 2). El lugar de la herida, sin embargo, no era accesible, así que no se pudo observar la magnitud del daño que el choque había provocado en la ballena. El espécimen estaba bastante fresco, con la epidermis en la mayoría del cuerpo aún presente y con su coloración natural. El color era gris oscuro en la parte superior y se iba aclarando hacia la región ventral y anterior. En el flanco derecho, entre la aleta pectoral y la aleta dorsal a lo largo de unos 4 m ya no tenía epidermis y la capa de grasa mostraba hematomas de diferente tamaño. A la altura de la región pélvica el animal mostraba un hematoma que se extendía aproximadamente desde la altura del ombligo hacia atrás, más allá de la aleta dorsal, en la parte del cuerpo que estaba debajo de la superficie del agua. Otra pequeña área con hematomas y sin piel había en la región del oído y se extendía hacia adelante por el costado derecho de la cabeza. Las aletas pectorales y la aleta dorsal estaban completas, aunque la mayoría de la piel de las aletas pectorales ya se había desprendido. Muestras de piel para futuros estudios fueron colectadas.



Figura 2. Estado en que se encontraba la ballena de Bryde al realizarse la inspección en el área de cuarentena. Nótese los hematomas en el lado derecho.

La masiva hemorragia observada en la capa de grasa en el flanco derecho indica que el animal estaba vivo en el momento del impacto. El golpe habría destrozado varias costillas del lado izquierdo y probablemente algunos órganos, causando una hemorragia interna y la muerte de la ballena. Una fotografía que se tomó en el momento que la ballena fue levantada y dejada a la deriva mar afuera a 25 mn de la costa (01°15'S81°20'W) en la mañana del 12 de diciembre, muestra una abertura grande en el lado izquierdo, localizada aproximadamente a un metro y medio atrás de la aleta pectoral (Figura 3).



Figura 3. Momento en que la ballena era removida de la proa del "*Pantanal*". En la parte inferior derecha se observa parcialmente la herida causada por la colisión en el flanco izquierdo de la ballena (foto cortesía de J. P. Camrath).

La especie fue identificada como una ballena de Bryde por la forma y tamaño de la aleta dorsal y por la presencia de tres quillas sobre la cabeza; una central que se extendía desde los orificios respiratorios hasta la punta del hocico y dos más pequeñas paralelas, una a cada lado de la quilla central (véase Leatherwood y Reeves, 1981). La longitud total del animal, medida a lo largo de la línea media dorsal, fue de 16.20 m. No fue posible determinar el sexo mientras estuvo en puerto porque la región genital estaba sumergida sobre las paredes del espolón de proa del barco. Sin embargo, otra fotografía del cadáver flotando vientre arriba después de ser removido del barco muestra que se trataba de una hembra.

DISCUSIÓN

Esta es la primera vez que se registra formalmente en Ecuador la colisión de un barco carguero con una ballena, más no el primer caso que habría ocurrido. Otros casos pudieron ocurrir en aguas abiertas o de noche, o simplemente no fueron notados por los tripulantes. En los barcos grandes de miles de toneladas de desplazamiento la tripulación por lo general no nota la colisión con una ballena (Jensen y Silver, 2004). Como no hay obligación de que estos casos sean reportados a las autoridades portuarias, es poco probable que aún siendo notados los tripulantes voluntariamente lo hagan, a menos que la colisión cause daños en el barco y tenga que ser reportado para efectos de reclamo del seguro. En el caso del "*Pantanal*" su registro fue inevitable por cuanto la ballena quedó encima del espolón de proa y traída a puerto. Llama también la atención el escaso número de colisiones de barcos con ballenas registradas en los demás países del Pacífico Sudeste.

Colisiones de barcos con ballenas de Bryde son considerados mas bien raras (Laist, *et al.*, 2001). En la base de datos de la NOAA solo hay 3 reportes de colisiones de barcos con ballenas de Bryde, una en el Caribe, otra en Australia y otra en el Mar Rojo. La poca cantidad de registros tal vez de debe a que es una de las especies de Mysticeti más pequeñas y por tanto con menor probabilidad de ser golpeadas por barcos (Laist *et al.*, 2001) o tal vez porque son más rápidas y podrían maniobrar con mayor facilidad para evadirlos y evitar la colisión. La velocidad de los barcos es uno de los factores más

importantes para que las colisiones con ballenas ocurran. De acuerdo con Jensen y Silver (2004) el 90% de los casos en que se conoció la velocidad de los barcos, éstos iban a 10 nudos o más, con una mayor frecuencia entre 13 y 18 nudos. La velocidad de crucero del "*Pantanal*" es incluso por arriba de ese rango.

En el momento de la colisión, el animal posiblemente estaba descansando o alimentándose; bajo estas condiciones muchas ballenas ignoran a los barcos aún a corta distancia (Laist *et al.*, 2001). La colisión ocurrió en la parte sur de la entrada del Golfo de Guayaquil, el área más productiva del mar ecuatoriano y una de las de mayor fertilidad en el Pacífico oriental, rica en zooplancton y en peces pelágicos pequeños como sardinas y anchovetas (Jiménez, 1996). Esta área, adyacente a la antigua zona de caza de ballenas en el norte de Perú, sería utilizada regularmente por ballenas de Bryde y por otros cetáceos para alimentarse. Es además un área de mucho tráfico y necesariamente debe ser atravesada por los barcos mercantes que ingresan al puerto de Guayaquil, por ello el riesgo de colisiones con ballenas es permanente.

El espécimen registrado en este evento resulta ser de una longitud extremadamente grande para la especie, por cuanto el rango de tamaño más alto de las ballenas de Bryde que se cazaban en Perú era de 15.5 a 15.9 m, en el que además solo se registró solo 7 especímenes (0.0057%) entre 1976 y 1985 (Ramírez, 1989). Sin embargo, la longitud real de la ballena debió ser ligeramente menor a lo aquí reportado porque la medición se la hizo, dadas las circunstancias, a lo largo del contorno del animal y no en línea recta como es lo usual. El tamaño de este ejemplar capturado en aguas costeras concuerda con lo reportado por Ramírez (1986) que la forma nerítica de esta especie en el Pacífico Sudeste es más grande que la oceánica.

Una importante cantidad de los registros en la base de datos de colisiones de barcos con ballenas de la NOAA provienen de animales varados, los cuales muestran señales de cortes de hélices y fracturas del cráneo y costillas (Jensen y Silver, 2004). De acuerdo con Laist *et al.* (2001), 58 de 407 (14%) varamientos registrados en la costa este de USA entre 1975 y 1996 pudieron ser causados por colisiones con barcos. En el caso de las ballenas jorobadas el porcentaje fue de 30%, con una alta proporción (75%) de individuos jóvenes. Esto indica que el registro de varamientos y el análisis minucioso de los cadáveres serían la principal fuente de información para conocer la frecuencia y las especies de cetáceos que se ven involucradas en este tipo de accidentes.

Con la finalidad de establecer la magnitud del problema en el país, sería deseable que las autoridades navales comiencen a implementar medidas como las que a continuación se sugieren:

1. La obligatoriedad por parte de las tripulaciones de reportar a las autoridades portuarias las colisiones con ballenas o delfines a fin de establecer en el futuro la magnitud del problema. La información debe incluir la ubicación geográfica del evento, tipo de embarcación, hora, velocidad de crucero, condiciones oceanográficas y, de ser posible, la especie involucrada y el tipo de daño causado al animal y al barco.

2. Desarrollar programas educativos dirigidos a capitanes y tripulantes de embarcaciones pesqueras, cargueras y tanqueros, para alertarlos sobre la presencia de ballenas y el potencial peligro que representa una colisión tanto para las ballenas como para las embarcaciones menores, especialmente en el caso de los botes pesqueros artesanales y pequeños barcos pesqueros. Para el caso de las ballenas jorobadas se cuenta con bastante información sobre distribución y

estacionalidad (véase por ejemplo Félix y Haase, in imprenta), no así para especies oceánicas que requieren de más información que puede ser obtenida, entre otras fuentes, de las mismas tripulaciones.

3. Realizar exámenes minuciosos de las ballenas y delfines que se varan por parte de especialistas a fin conocer la proporción de casos que ocurrirían por causa de colisión con embarcaciones. Para ello se requiere la colaboración de autoridades municipales, navales, del Ministerio del Ambiente, institutos gubernamentales especializadas, universidades y ONGs, a fin de que se realice una labor coordinada inmediatamente después del suceso, antes de que se proceda a la disposición higiénica del cadáver.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a las autoridades de la Subsecretaría de Gestión Ambiental Costera, de la Capitanía del Puerto y de Autoridad Portuaria de Guayaquil, por su invitación a participar en el grupo de trabajo que se formó para enfrentar el suceso y por todas las facilidades brindadas para examinar a la ballena. A los buzos de la armada y de la empresa Saginter quienes prestaron su valiosa ayuda al momento de examinar de cerca y medir a la ballena. Al Capitán del "*P&O Nedlloyd Pantanal*", Sr. Rudolph Gruhnwald, quien gentilmente proporcionó la información solicitada, así como al señor J. P. Camrath, jefe de ingenieros del barco, por permitirme reproducir una de sus fotos en este artículo.

REFERENCIAS

Best, P. B. 1977. Two allopatric forms of Bryde's whale off South Africa. *Report of the International Whaling Commission* (Special Issue) 1:10-38.

Capella, J., L. Flórez-González y P. Falk. 2001. Mortality and anthropogenic harassment of humpback whales along the Pacific coast of Colombia. *Memoirs of the Queensland Museum* 47(2): 547-553.

Castro C. y J. González. 2002. Población de la Ballena Jorobada *Megaptera novaeangliae* en el Parque Nacional Machalilla, Ecuador. Tesis de Doctorado. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 130 p.

Chiluiza, D., W. Aguirre, F. Félix y B. Haase. 1998. Varamientos de mamíferos marinos en la costa continental ecuatoriana, período 1987-1995. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador, 9(1): 209-217.

Clarke, R. 1962. Whale observation and whale marking off the coast of Chile in 1958, and from Ecuador towards and beyond the Galápagos Islands in 1959. *Norsk Hvalfangst Tidende* 51: 265-287.

Clarke, R. 1980. Catches of sperm whales and whalebone whales in the southeast Pacific between 1908-1975. *Report of the International Whaling Commission* 30: 285-288.

Clarke, R. y A. Aguayo. 1965. Bryde's whale in the Southeast Pacific. *Norsk Hvalfangst Tidende*, 7:141-148.

Day D. 1994. List of cetaceans seen in Galápagos. *Noticias de Galápagos,* 53: 5-6.

Félix, F. y B. Haase. (En imprenta). Distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) along the coast of Ecuador; management implications. *Journal of Cetacean Research and Management.* Vol. 7.

Flórez-González, L., J. Capella, P. Falk, F. Félix, J. Gibbons, K. van Waerebeek, B. Haase, L. Santillán, V. Peña, I. Ávila, J. Herrera e I. Tobón. (En imprenta). *Estrategia para la Conservación de la Ballena Jorobada del Pacífico Sudeste.* Universidad de Magallanes, Chile.

Goya, E., J. C. Márquez y A. García-Godos. 2004. Informe nacional del Perú sobre el estado actual de los mamíferos marinos y las medidas de protección adoptadas. Informe presentado a la III Reunión de Expertos para Revisar las Actividades del Plan de Acción para la Conservación de los Mamíferos Marinos del Pacífico Sudeste. Lima, Perú, 23-25 de marzo de 2004. 55 p. (No publicado).

Haase, B. y F. Félix. 1994. A note on the incidental mortality of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in Ecuador. *Report of the International Whaling Commission* (Special Issue) 15:481-483.

Hill, P. S., R. C. Rasmussen and T. Gerrodette. 1991b. Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the r/v "*David Starr Jordan*" July 28-December 6, 1990. NOAA-TM-NMFS-SWFC-158. 133 p.

Hill, P. S., A. Jackson y T. Gerrodette. 1991a. Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the r/v "*McArthur*" July 28-December 6, 1990. NOAA-TM-NMFS-SWFC-159. 142 p.

Holt, R. S. y A. Jackson. 1987. Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the r/v "*McArthur*" July 30-December 10 1987. NOAA-TM-NMFS-SWFC-116. 143 p.

Holt, R. S. y S. N. Sexton. 1987. Report of a marine mammal survey of the eastern tropical Pacific aboard the r/v "*David Starr Jordan*" July 29-December 5, 1986. *NOAA-TM-NMFS-SWFC* 76. 171 p.

IWC (International Whaling Commission) 2002. Report of the Scientific Committee. Annex M. Estimation of bycatch and other human-induced mortality. Pp 19-24. IWC/54/4.

Jensen, A. S. y G. K. Silber. 2004. Large whale ship strike database. *NOAA Technical Memorandum* NMFS-OPR. January 2004. 37 p.

Jiménez, R. 1996. Biología, Ecología y Acuacultura. Pp 111-223. En: *Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil*. Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República CAMM. Ecuador. 223 p.

Kinzey, D., T. Gerrodette, J. Barlow, A. Dizon, W. Perryman, P. Olson y A. Von Saunder. 1999. Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific Ocean aboard the NOAA ships "*McArthur*" and "*David Starr Jordan*" and de UNOLS ship Endeavour, July 31–December 9, 1998. *NOAA-TM-NMFS-SWFC* 283. 113 p.

Kinzey, D., T. Gerrodette, J. Barlow, A. Dizon, W. Perryman y P. Olson. 2000. Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific Ocean aboard the NOAA ships "*McArthur*" and "*David Starr Jordan*" and de UNOLS ship Endeavour, July 28–December 9, 1999. *NOAA-TM-NMFS-SWFC* 293. 89 p.

Kinzey, D., T. Gerrodette. A. Dizon, W. Perryman, P. Olson y S. Rankin. 2001. Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific Ocean aboard the NOAA ships "*McArthur*" and "*David Starr Jordan*", July 28–December 9, 2000. *NOAA-TM-NMFS-SWFC* 303. 100 p.

Knowlton A. R. y S. D. Kraus. 2001. Mortality and serious injury of northern right whales (*Eubalaena glacialis*) in the Western North Atlantic Ocean. *Journal of Cetacean Research and Management* (Especial Issue) 2:193-208.

Laist, D. W., A. R. Knowlton, J. G. Mead, A. S. Collet y M. Podesta. 2001. Collision between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17(1):35-75.

Leatherwood, S y R. R. Reeves. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. Sierra Club Books. San Francisco. 302 p.

Loesch, H. 1966. Observación de ballenas en aguas ecuatorianas. Informe de datos, mayo de 1963 y enero-febrero de 1964. *Boletín Científico y Técnico*, Vol. 1(4):1-18.

Lyrholm, T., I. Kerr, L. Galley y R. Payne. (1992). Report of the "Expedición Siben" Ecuador 1988/89. Whale Conservation Institute, USA. 38 p. (No publicado).

Merlen G. 1995. *A Field guide to the Marine Mammals of Galapagos*. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador. 130 p.

Palacios, D. M. 1999. Marine mammal research in the Galápagos Islands the 1993-1994 *Odyssey* expedition. Final report submitted to the Galapagos National Park Service and Charles Darwin Research Station. Puerto Ayora, Islas Galápagos. 46 p. (No publicado).

Palacios, D. M. y S. Salazar. 2000. Cetáceos. En: Danulat, E. y G. J. Edgar (Eds.). *Reserva Marina de Galápagos, Línea de Base de la Biodiversidad*. Fundación Charles Darwin/Servicio del Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

Palacios, D. M., S. K. Salazar y D. Day. (En imprenta). Cetacean Remains and strandings in the Galápagos Islands, 1923-2003. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, Vol. 4.

Ramírez, P. 1986. Distribución y alimentación de la ballena de Bryde durante el Fenómeno "El Niño" 1982-1983. CPPS, *Boletín EFREN* No. 17:20-27.

Ramírez, P. 1989. Captura y observaciones de la ballena Bryde en el norte del Perú. *Boletín de Lima* 65:91-95.

Reeves, R. R., B. D. Smith, E. C.respo y G. Notarbartolo di Sciara (compilers). (2003).*Dolphins, Whales and Porpoises: 2002–2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans.* UCN/SSC. Cetacean Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. ix + 139pp.

Silver, G., P. Gerrior y B. Zoodsma. 2004. NOAA's Fisheries proposed strategy to reduce ship strikes of North Atlantic right whales – Shipping Industry dialog. Disponible en la dirección http:/www.nero.noaa.gov/shipstrike.

Whitehead H. (Ed.). 1986. Sperm whales off the Galapagos Islands, February-April 1985. Report to Green Island Foundation, Connecticut Cetacean Society, Olle Engkvist Foundation, Charles Darwin Research Station, Galapagos National Park Service and INOCAR. 49 p. (No publicado).

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DEL ESTERO SANTA ROSA EN LA PROVINCIA DE EL ORO,ECUADOR.

Por:
Bolívar Soledispa [1]

Abstract

In this article presents the results of the sedimentological composition, and of the load of suspended sediments, present in the Santa Rosa Marsh, the Province El Oro.

A total of 16 samples of superficial sediments of bottom was analyzed, and of whose results a predominance of muddy material, grain means, very poor classified, with positive asymmetries, although also there are sand and mixtures of both, but in minor proportion.

Los rivers Guayas and Jubones are those that mainly contribute with the suspended sediments.

Also 24 water samples were analyzed, and whose loads gave relatively high values, being able to increase still more in winter due to rains.

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de la composición sedimentológica, y de la carga de sedimentos en suspensión, presentes en el Estero Santa Rosa, en la Provincia de El Oro.

Fueron analizadas un total de 16 muestras de sedimentos superficiales de fondo, y de cuyos resultados se determinó una predominancia de material limoso, de grano medio, muy mal clasificado, con asimetrías positivas, aunque también hay arena y mezclas de ambos, pero en menor proporción.

Los ríos Guayas y Jubones son los que principalmente aportan sedimentos en suspensión.

También se analizaron 24 muestras de agua, y cuyas cargas dieron valores relativamente altos, pudiendo aumentar aún más en invierno debido a las lluvias.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio-Base Naval Sur, casilla 5940-Guayaquil-Ecuador. Fax (5934)485166. E-Mail: inocar@inocar.mil.ec

Introducción

Actualmente los ríos y esteros del país están sedimentados como consecuencia de la gran cantidad de material sedimentario acarreado en invierno, especialmente ante un evento El Niño.

Uno de estos esteros afectados es el Santa Rosa, que es el canal de acceso a las instalaciones portuarias de Puerto Bolívar, en la Provincia de El Oro, sector en el cual el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) ha venido realizando estudios hidrográficos y oceanográficos, unos, como parte de sus proyectos de investigación; y otros, solicitados por la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar (APPB), siendo uno de ellos, el estudio de impacto ambiental como paso previo al dragado del antes mencionado estero.

Basado en la información que reposa en INOCAR, se ha llevado a cabo el presente estudio sedimentológico.

OBJETIVOS

Determinar los tipos de sedimentos predominantes en el área de estudio, su distribución aproximada en el mismo, así como su posible proveniencia.
Determinar la carga de sedimentos en suspensión del estero en una determinada época del año.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el Estero Santa Rosa, el mismo que forma parte del Archipiélago de Jambelí, y está ubicado en la Provincia de El Oro, al sur del país (Fig. 1).

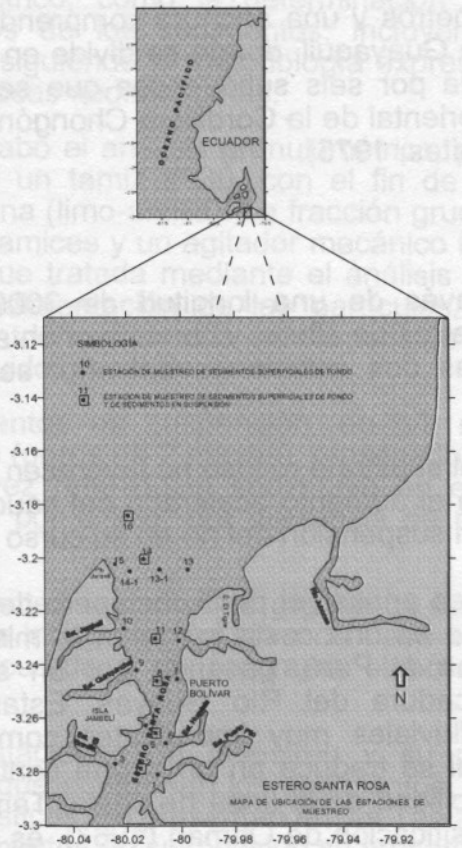


FIGURA 1.- MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Archipiélago de Jambelí

Este archipiélago ocupa el extremo sur de la costa ecuatoriana. Tiene una extensión de 260 kilómetros. Es área de manglares, con características acentuadas de progradación de la línea de costa hacia el norte. Está conformado por sedimentos recientes, limo-arcillosos; esporádicamente se observan gravas y arenas. Un amplio canal separa el Archipiélago del continente. Cinco canales menores atraviesan perpendicularmente el Archipiélago, conectando el canal principal y el Golfo de Guayaquil (INOCAR, 1984).

Hidrografía

Los ríos Guayas y Jubones son las principales cuencas de drenaje, y su importancia radica en su caudal y extensión. Estos ríos descienden abruptamente desde los Andes y drenan una zona de alta pluviosidad, por lo que a veces constituyen destructivos torrentes (Benites, 1975).

El Río Guayas

La cuenca del Guayas con un área de 32.400 km^2 constituye el sistema fluvial más importante, no sólo del Golfo de Guayaquil sino de toda la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes. El Río Guayas propiamente dicho, tiene una orientación norte-sur, una longitud de 50 kilómetros y una anchura comprendida entre 1.5 y 3 kilómetros, excepto frente a la ciudad de Guayaquil, donde se divide en dos ramales que bordean la Isla Santay. Está conformada por seis subcuencas que se alimentan de los afluentes provenientes de la vertiente oriental de la Cordillera Chongón Colonche, y de la Cordillera Occidental de los Andes (Benítes, 1975).

El Río Jubones

El Río Jubones corre a través de una longitud de 3000 kilómetros^2 de superficie, escalonado entre 0 y 4000 metros de altura, y con una orientación este-oeste. Su régimen hidráulico está regido por las dos estaciones del año: seca y húmeda con grandes diferencias en el caudal.

La vegetación poco densa y el substrato rocoso no favorecen la retención de las aguas de lluvia, lo que explica en parte el aumento acelerado del cauce en tiempos de lluvia, y la fuerte carga de sedimentos en suspensión del río en su curso inferior (Martillo, 2002).

Tipo de línea de costa.- Si se analiza el perfil costanero del área de estudio y sectores adyacentes, se determina que es una costa irregular, la misma que se extiende desde Posorja hasta la frontera con el Perú, pasando por un sinnúmero de islas que se encuentran en la desembocadura del Río Guayas. Estas costas irregulares están relacionadas con sistemas fluviales muy importantes como son: el Río Guayas, el Naranjal y el Jubones, lo cual se traduce en un aporte continuo de sedimentos, lo que determina una notable inestabilidad de la línea de costa. También se la puede catalogar como de Tipo E, según la clasificación de Ottman (1967), es decir, aquellas costas bajas en general, cuya línea costera se formó por procesos deltaico-estuarinos, entre las cuales están los llanos de marea y los manglares, siendo los primeros, extensas planicies que sólo se aprecian en bajamar. Los manglares son costa sin playas donde predomina una exuberante vegetación, constituida por varias especies de mangles que viven prácticamente sobre el agua salobre (Benites, 1975).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

De campo

El trabajo de campo consistió en un muestreo sistemático de sedimentos superficiales de fondo en el Estero Santa Rosa, con el fin de cubrir tanto las zonas cercanas a las orillas, así como el centro del canal, a través de 5 perfiles transversales al eje del mismo. En cada uno de los perfiles se tomaron entre 3 y 4 muestras, totalizando 18 (Fig. 1).

También se tomaron 24 muestras de agua en 6 estaciones, las mismas que fueron ubicadas a lo largo del eje del canal, que es el sector por donde circula la mayor concentración de sedimentos en suspensión (Est. 2, 5, 8, 11, 14 y 16 de la Fig. 1). En cada una de las estaciones se colectaron 4 muestras: dos en flujo y dos en reflujo, y en dos niveles de profundidad: a) superficial (aproximadamente a 30 centímetros de profundidad del nivel del agua y; b) de fondo (aproximadamente a 30 centímetros arriba del lecho del estero.

El muestreo se efectuó a bordo de una lancha contratada para tal efecto, entre los días 3 y 18 de julio/2003, utilizando una draga modelo Van Veen para las muestras de fondo, y

una botella modelo Van Dorn para las muestras de agua. Para el posicionamiento de las estaciones de muestreo se utilizó el sistema GPS.

De Laboratorio

Tanto el análisis granulométrico, como la determinación de los porcentajes de los diferentes tamaño de granos de los sedimentos, incluyendo la de los parámetros estadísticos, se llevó a cabo siguiendo la metodología expresada por Folk, (1969), en su libro sobre petrología de las rocas sedimentarias.

En el laboratorio se llevó a cabo el análisis granulométrico, para lo cual las muestras se tamizaron en húmedo sobre un tamiz #230, con el fin de separar la fracción gruesa (grava-arena) de la fracción fina (limo-arcilla). La fracción gruesa fue sometida al tamizaje seco, utilizando un juego de tamices y un agitador mecánico Ro-Tap, durante 15 minutos. La fracción fina en cambio, fue tratada mediante el análisis de pipeta, el mismo que se basa en la velocidad de sedimentación de las partículas, y consiste en extraer por succión, un pequeño volumen de sedimentos en suspensión a un determinado tiempo, y posteriormente en filtrar el líquido, pesando el residuo.

La concentración de sedimentos en suspensión, en g/l, se determinó por filtración, utilizando papel filtro muy fino (poros de 2 micras), presecado y pesado, material de vidrio y bomba de succión. Una vez retenido el sedimento en el papel filtro, se secó a la intemperie; luego se pesó, y por último, por diferencia de peso se obtuvo la carga de sedimentos en suspensión.

Los porcentajes de los diferentes tamaños de granos de los sedimentos, así como los parámetros estadísticos, cuya interpretación sirve de base en la redacción del presente informe, se obtuvieron de acuerdo a un programa elaborado en el Centro de datos Oceanográficos (CENDO).

Las coordenadas de las estaciones de muestreo y su profundidad aproximada; el porcentaje de las fracciones que conforman los sedimentos, incluyendo su textura, y los principales parámetros estadísticos, se presentan en las Tablas I, II y III, respectivamente. Los valores de carga de sedimentos en suspensión se presentan en la Tabla IV.

TABLA I

CANAL SANTA ROSA

COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (m)
1	3°16'54.8"S	80°00'23.4"W	3
2	3°16'39.7"S	80°01'00.3"W	9
3	3°16'42.9"S	80°01'28.8"W	3
4	3°15'48.0"S	80°00'42.8"W	2
5	3°15'57.1"S	80°00'31.0"W	13
6	3°16'10.5"S	80°00'04.8"W	4
7	3°14'46.5"S	79°59'54.6"W	2
8	3°14'48.0"S	80°00'13.4"W	11
9	3°14'43.8"S	80°00'53.9"W	3
10	3°13'48.4"S	80°01'12.9"W	2
11	3°13'54.2"S	80°00'26.8"W	9
12	3°13'54.1"S	80°00'10.2"W	5
13	3°12'35.4"S	79°59'43.0"W	2
13-1	3°12'23.1"S	80°00'34.5"W	6
14	3°12'24.6"S	80°00'54.3"W	7
14-1	3°12'26.8"S	80°01'02.5"W	6
15	3°12'21.7"S	80°01'27.6"W	5
16	3°11'08.2"S	80°01'15.7"W	14

TABLA II

CANAL SANTA ROSA

PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES QUE CONFORMAN LOS SEDIMENTOS

ESTACION	GRAVA (%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA
1	0.19	22.74	55.39	21.68	LIMOSA
2	-	94.92	5.08	-	ARENOSA
3	3.72	53.04	29.37	13.87	ARENA-LIMOSA
4	16.07	5.06	61.48	17.39	LIMOSA
5	1.03	40.47	37.82	20.68	ARENA-LIMOSA
6	0.24	15.37	63.59	20.80	LIMOSA
7	0.13	20.18	62.52	17.17	LIMOSA
8	0.02	4.76	82.88	12.34	LIMOSA
9	22.96	38.90	29.90	8.24	ARENA-LIMOSA
10	1.72	95.37	2.91	-	ARENOSA
11	4.38	92.42	3.20	-	ARENOSA
12	0.07	34.74	47.21	17.98	LIMO-ARENOSA
13	13.36	8.46	60.57	17.61	LIMOSA
13-1	1.78	96.40	1.82	-	ARENOSA
14	-	33.84	56.88	9.28	LIMO-ARENOSA
14-1	0.55	14.30	64.31	20.84	LIMOSA
15	0.71	56.00	32.30	10.99	ARENA-LIMOSA
16	-	46.33	45.48	8.19	ARENA-LIMOSA

TABLA III

CANAL SANTA ROSA

PRINCIPALES PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LOS SEDIMENTOS

ESTACION	DIAMETRO MEDIO (∅)	DESV. Estándar (Grado de clasificación) (∅)	ASIMETRIA
1	5.89 (Limo medio)	2.43 (Muy mal clasificado)	0.21 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
2	2.23 (Arena fina)	1.11 (Mal clasificado)	-0.14 (Asimétrico hacia los tamaños grueso)
3	4.16 (Arena muy fina)	3.03 (Muy mal clasificado)	0.53 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
4	4.88 (Limo grueso)	3.87 (Muy mal clasificado)	-0.22 (Asimétrico hacia los tamaños grueso)
5	4.03 (Arena muy fina)	2.86 (Muy mal clasificado)	0.34 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
6	5.84 (Limo medio)	2.30 (Muy mal clasificado)	0.29 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
7	5.87 (Limo medio)	2.33 (Muy mal clasificado)	0.14 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
8	6.36 (Limo medio)	1.87 (Mal clasificado)	-0.08 (Casi asimétrico)
9	2.98 (Arena fina)	3.48 (Muy mal clasificado)	0.05 (Casi asimétrico)
10	1.84 (Arena media)	0.83 (Moderadamente clasificado)	-0.02 (Casi asimétrico)
11	1.79	1.03	-0.19

	(Arena media)	(Mal clasificado)	(Asimétrico hacia los tamaños grueso)
12	5.47 (Limo grueso)	2.65 (Muy mal clasificado)	0.11 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
13	5.11 (Limo grueso)	3.76 (Muy mal clasificado)	-0.29 (Asimétrico hacia los tamaños grueso)
13-1	2.06 (Arena media)	0.66 (Moderadamente bien clasificado)	0.20 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
14	4.93 (Limo grueso)	2.90 (Muy mal clasificado)	0.03 (Casi asimétrico)
14-1	6.18 (Limo medio)	2.17 (Muy mal clasificado)	0.12 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
15	4.19 (Arena muy fina)	2.65 (Muy mal clasificado)	0.73 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
16	4.02 (Arena muy fina)	2.54 (Muy mal clasificado)	0.40 (Asimétrico hacia los tamaños finos)

TABLA IV

CANAL SANTA ROSA

CARGA DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

ESTACIÓN	NIVEL	FLUJO (g/l)	REFLUJO (g/l)
2	S*	0.28	0.32
	F*	0.64	1.70
5	S*	0.28	0.28
	F*	0.77	0.68
8	S*	0.41	0.27
	F*	0.74	0.44
11	S*	0.29	0.50
	F*	0.36	1.52
14	S*	0.44	0.25
	F*	0.67	1.63
16	S	0.27	0.23
	F*	0.50	0.25

S* = Nivel superficial F* = Nivel de fondo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO

TEXTURA DE LOS SEDIMENTOS

El concepto de textura se refiere al tamaño de los granos que conforman el sedimento, y a la proporción con la que ciertos tipos determinados de tamaño intervienen en el mismo. El conocimiento preciso de la textura de un sedimento se obtiene mediante el análisis granulométrico.

Las partículas de un sedimento marino pueden ser de tamaños muy variados, por lo que en la práctica es imposible determinar el tamaño de cada grano individual, y entonces lo que se hace es determinar la cantidad de material en determinados grupos de tamaño definido.

Los sedimentos en general contienen partículas de tamaños grava, arena, limo y arcilla en proporciones variables. Muchos autores han establecido clasificaciones y nomenclaturas según la proporción en que los distintos tamaños intervienen en un sedimento. En este trabajo se sigue la nomenclatura propuesta por Shepard (1954), basada en un diagrama triangular que relaciona las proporciones de los tres grupos de partículas, que con mayor frecuencia se presentan en las muestras de sedimentos que se colectaron en el Estero Santa Rosa, es decir, arena, limo y arcilla.

La figura 2 representa un diagrama triangular para la nomenclatura de los sedimentos obtenidos en el área de estudio, con la respectiva ubicación de las muestras, dependiendo de sus porcentajes de arena, limo y arcilla.

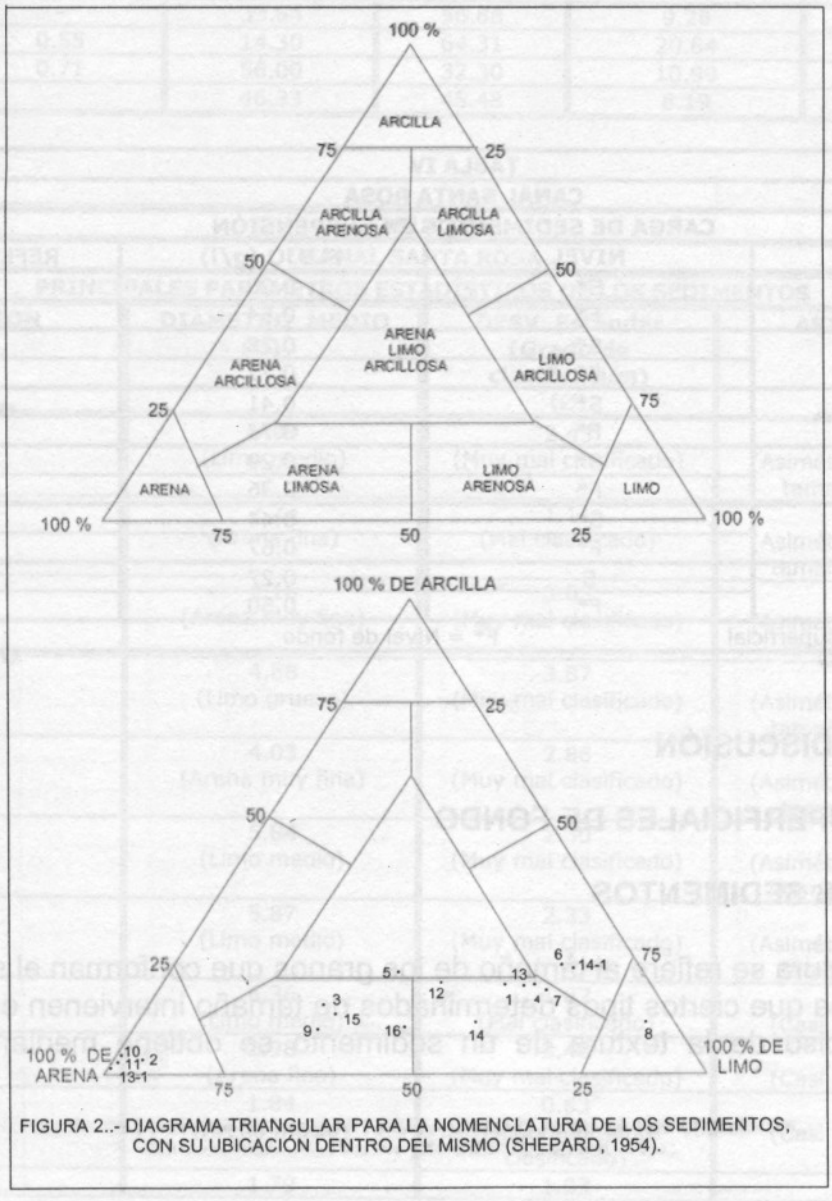


FIGURA 2..- DIAGRAMA TRIANGULAR PARA LA NOMENCLATURA DE LOS SEDIMENTOS, CON SU UBICACIÓN DENTRO DEL MISMO (SHEPARD, 1954).

Varios parámetros granulométricos han sido ampliamente utilizados en el reconocimiento de ambientes sedimentarios (Carranza, 1980), entre estos están: la textura, el diámetro medio, desviación estandard (grado de clasificación) y el grado de simetría.
Basado en esto, se elaboraron varios mapas de distribución de sedimentos, considerando principalmente los parámetros granulométricos antes señalados.

▪ DISTRIBUCIÓN SEGÚN LA TEXTURA

La textura de un sedimento depende de muchos factores, ya que sus componentes son de orígenes muy variados, y como consecuencia de esto, de tamaños muy diferentes. Varias de estas fracciones pudieron haber sido transportadas, por lo que su tamaño dependerá del tamaño inicial y de los efectos del transporte.

La figura 3, que representa esta distribución, se elaboró tomando el grupo textural que le corresponde a cada una de las muestras analizadas, según el porcentaje de las tres fracciones principales: arena, limo y arcilla, cuyos valores están indicados en la Tabla II.

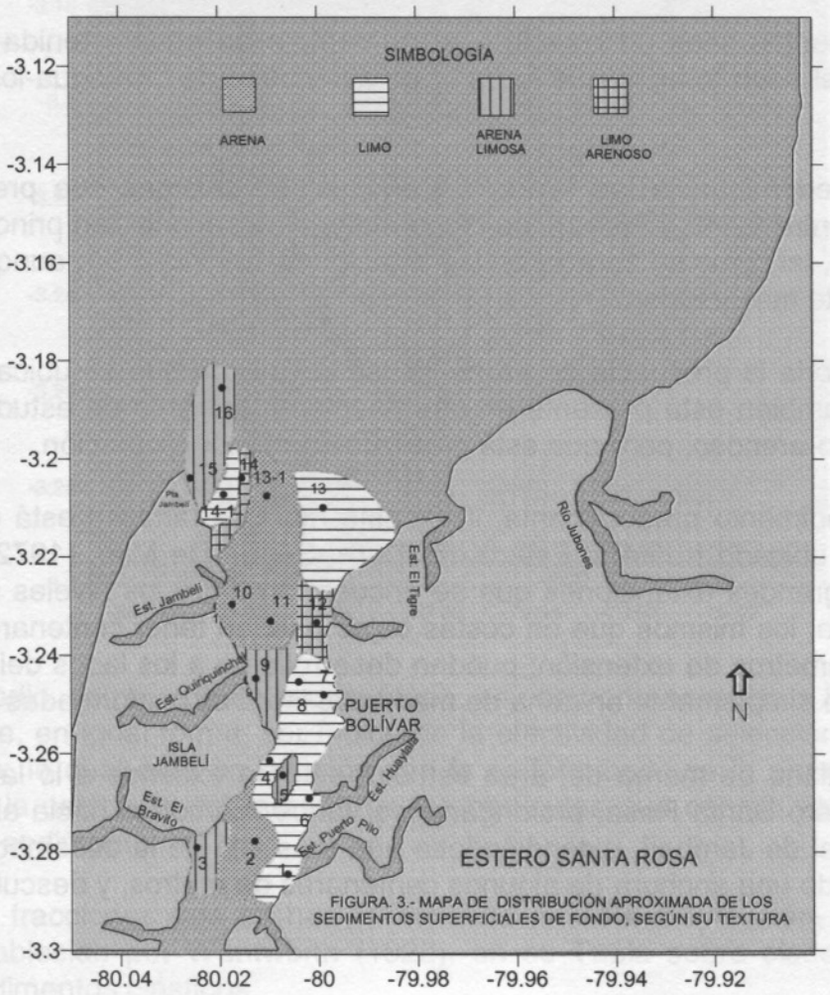


FIGURA. 3.- MAPA DE DISTRIBUCIÓN APROXIMADA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO, SEGÚN SU TEXTURA

En esta figura se aprecian cuatro grupos texturales: arena, limo, arena-limosa y limo-arenoso, siendo más predominante la textura limosa, y se ubica en una franja que se extiende casi a todo lo largo del margen derecho del estero, concentrándose en mayor proporción hacia el interior del mismo, debido a la disminución de la dinámica del agua hacia adentro de dicho estero, lo cual es una de las condiciones que favorece la deposición de este material fino.

Los porcentajes de limo que presentan las muestras están comprendidos entre 55.39 y 82.88% (Tabla II), pero también poseen porcentajes más o menos considerables de arena y arcilla, pero que no alcanzan el 25% que se necesita para que acompañen como adjetivo al nombre principal, según lo expresa la técnica de Shepard (1954).
La deposición de este material limoso, incluyendo las arcillas, en el lecho del estero, se debe a varios factores entre los cuales están los siguientes:

La disminución de la dinámica del agua hacia el interior del estero, que es la condición propicia para su asentamiento; el choque de agua dulce con el agua salada en la marea de flujo, el mismo que hace que floculen las partículas finas (limo-arcillosas), es decir, se agrupen formando partículas de mayor tamaño, las mismas que por su peso se depositan en el fondo y; las estoas de flujo y reflujo, es decir, los momentos en que la marea aparentemente se detiene (30 a 40 minutos) para cambiar de un estado a otro, es decir, por ejemplo de flujo a reflujo. Este aparente detenimiento también origina la deposición de este material fino.

En estos sedimentos finos (limo-arcilla), el porcentaje de agua retenida puede llegar a más del 50% del peso total, lo que le da la característica de una agua-lodosa (INOCAR, 1998).

Le sigue en predominancia las texturas arenosas, las mismas que presentan valores comprendidos entre 92.42 y 96.40% de dicho material, y se localizan principalmente en el centro del canal, tal como se aprecia en las estaciones 10, 11 y 13-1, aunque también hay arena en su parte más interior.

También es notoria la presencia de arena-limosa, la misma que se ubica frente a Punta Jambelí, pero también está presente en otros sectores del área de estudio. Otro tipo de textura es el limo-arenoso, pero que está presente en menor proporción.

En cuanto al sedimento predominante, limo, este material también está conformando el llano de marea ubicado frente al Estero del Tigre. Según De Miró, (1972), los llanos de marea son las grandes extensiones que se encuentran entre los niveles más alto y más bajo de la marea, los mismos que en costas bajas pueden tener centenares de metros, y hasta varios kilómetros de extensión; pueden desarrollarse a los lados del perfil del fondo de un estuario, o simplemente en zona de marismas litorales conformadas por fango fino.

En el caso del llano de marea del área estudio, este se extiende a lo largo del margen derecho del Estero Santa Rosa, prolongándose varios kilómetros hacia el noreste, hasta el área del Canal de Jambelí, extendiéndose aún más allá de la desembocadura del Río Jubones, teniendo una anchura de algunos centenares de metros, y descubre en bajamar.

▪ DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL DIÁMETRO MEDIO

También se elaboró una distribución granulométrica, utilizando como criterio el diámetro medio (Fig. 4).

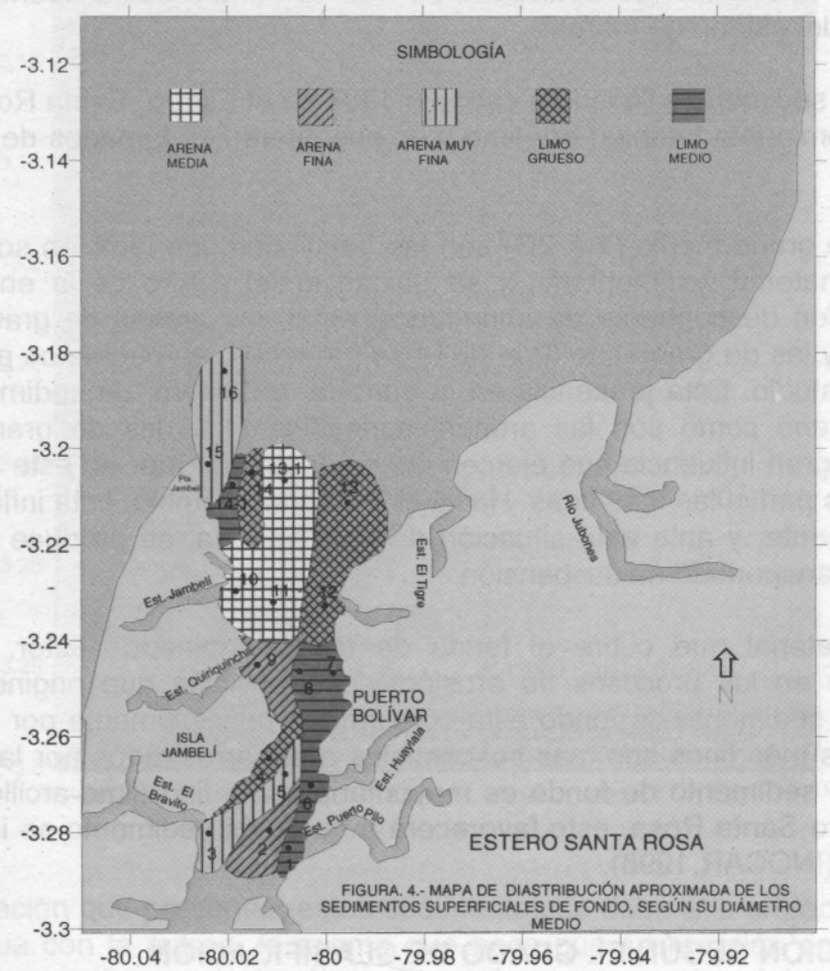


FIGURA. 4.- MAPA DE DIASTRIBUCIÓN APROXIMADA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO, SEGÚN SU DIÁMETRO MEDIO

El diámetro medio, como atributo sedimentario, se comporta parecido a la distribución por textura y puede, en igual forma, ser índice de la efectividad de selección por tamaños en cada ambiente, lo cual está en relación con la uniformidad de la energía presente. Se determina por la categoría del tamaño de las partículas que constituyen la porción más abundante del sedimento.

Las diferentes fracciones que se han identificado en esta distribución, se definieron en base a lo establecido por Wentworth (1922), en su Tabla sobre clases de tamaño de grano para sedimentos clásticos.

Según la figura 4, los limos de grano medio (5 a 6 Ø; Tabla III), son las fracciones que tienen mayor distribución, y se localizan especialmente en el interior del canal, específicamente en su margen derecho. Los limos de grano grueso (4 a 5Ø) le siguen en abundancia, y se localizan en el mismo margen derecho del canal, pero en su parte externa.

Este material fino (limo-arcilloso) proviene del aporte de los ríos Guayas y de sus tributarios, así como del Río Jubones, el mismo que es transportado en suspensión, y canalizados a través del Canal de Jambelí. Estos sedimentos finos también provienen de la construcción de piscinas camaroneras, para lo cual se destruye el manglar, excavando y extrayendo grandes cantidades de material limo-arcilloso, el mismo que luego de ser depositado en las orillas, es acarreado por las corrientes hacia adentro o hacia fuera, dependiendo del estado de marea.

Un estudio de sedimentos llevado a cabo en 1984 en el Estero Santa Rosa, señala que el material predominante también era limo, con sus diferentes tamaños de grano (INOCAR, 1984)

Las arenas de grano medio (1 a 2Ø) son las fracciones que también sobresalen en este conjunto de material sedimentario, y se ubican en el centro de la entrada del estero. Luego, en orden descendente de abundancia están las arenas de grano muy fino (3 a 4Ø;Tabla III), y las de grano fino (2 a 3Ø) y se presentan en pequeños parches a lo largo del área de estudio. Esta presencia en la entrada del estero, de sedimentos con mayor tamaño de grano como son las arenas, específicamente las de grano medio, indica claramente la gran influencia que ejercen las corrientes de mar en este sector, lavando y acarreando las partículas más finas. Hacia el interior en cambio, esta influencia disminuye considerablemente, y ante esta situación de baja energía, se produce la deposición de material fino transportado en suspensión.

El tipo de material que cubre el fondo de un determinado sector, juega un papel preponderante en los procesos de erosión y/o deposición que originen las corrientes marinas. Si el sedimento de fondo está conformado principalmente por arenas y gravas, los sedimentos más finos son más susceptibles a ser arrastrados por la corriente. Por el contrario, si el sedimento de fondo es mayoritariamente fino (limo-arcilloso), como en el caso del Estero Santa Rosa, esto favorecerá a que más sedimento se integre a la masa sedimentada (INOCAR,1998),

▪ DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL GRADO DE CLASIFICACIÓN

Otra de las distribuciones que se presentan en este trabajo está basada en el grado de clasificación de los granos (Fig. 5). Según Krumbein y Sloos (1963), los bajos valores de clasificación (menores de 2.5Ø), indican un sedimento bien clasificado, es decir, hay una tendencia a presentar un único tamaño; mientras que los altos valores (mayores a 4Ø), indican sedimentos mal clasificados, en los que no ha habido selección por tamaños. Este parámetro depende de la efectividad de un agente selectivo, es decir, las corrientes marinas.

En la figura 5 se aprecia un dominio casi total de los sedimentos muy mal (2 a 4Ø, Tabla III) y mal clasificados (1 a 2Ø), ya que entre los dos tipos cubren aproximadamente un 90% de la totalidad del área. Sólo a la entrada del estero se aprecian dos pequeños parches de los sedimentos que presentan una mejor clasificación, los mismos que corresponden a la Est. 13-1 (moderadamente bien clasificado); y Est. 10 (moderadamente clasificado).

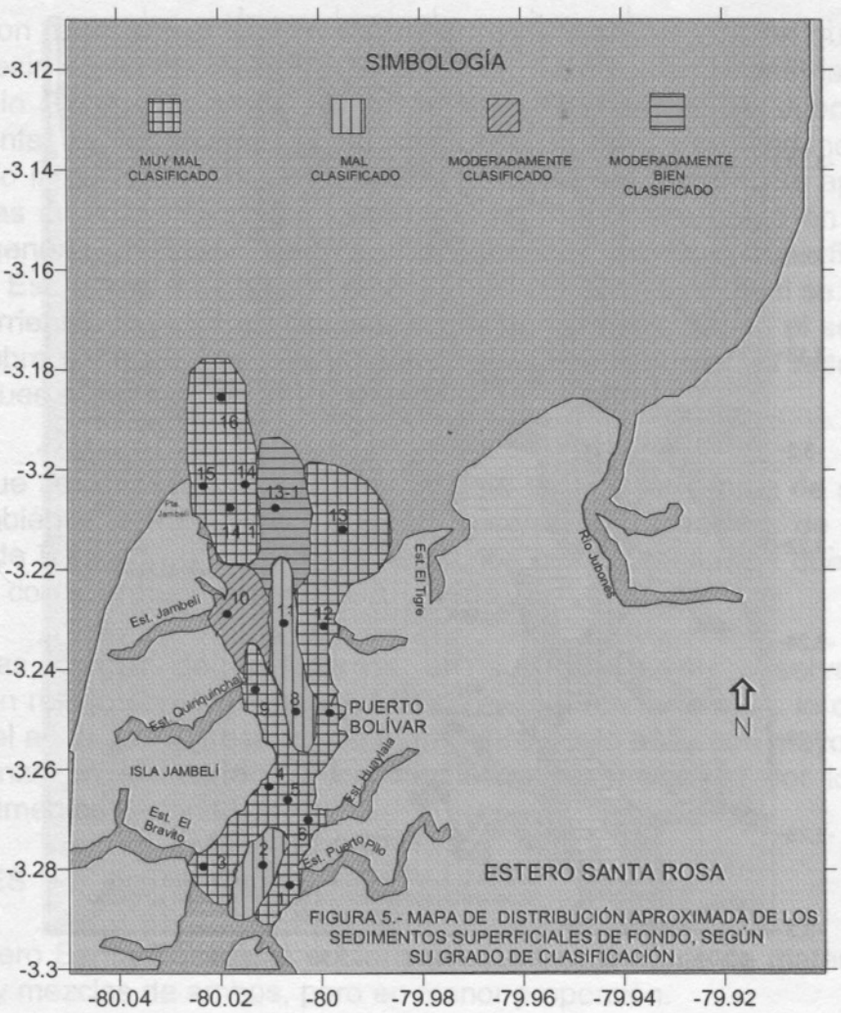


FIGURA 5.- MAPA DE DISTRIBUCIÓN APROXIMADA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO, SEGÚN SU GRADO DE CLASIFICACIÓN

La mala clasificación que presentan estos sedimentos se debe a la entrada y salida de la corriente de agua con la marea, la misma que hace que se mezclen entre sí. Hay que señalar también que el paso de los buques que ingresan y salen del muelle de APPB, produce la resuspensión y movilización de estos sedimentos hacia adentro o hacia fuera del estero, dependiendo de estado de la marea presente en ese momento, con lo cual aumenta la mezcla de estos sedimentos, y por ende, su mala clasificación.

▪ DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL GRADO DE SIMETRÍA

Uno de los parámetros más sensibles en el estudio de ambientes sedimentarios es el grado de simetría, el mismo que depende de la dinámica actual y, en menor grado, de las características heredadas de las áreas fuentes (Villwock, 1978).

Según la Figura 6, que representa esta distribución, los sedimentos con asimetrías positivas, llamados también asimétricos hacia los tamaños finos (0.10 a 0.30), porque presentan exceso de material fino, son los que tienen una mayor distribución, y se localizan en pequeños parches, tanto en el margen derecho como en el margen izquierdo del área de estudio.

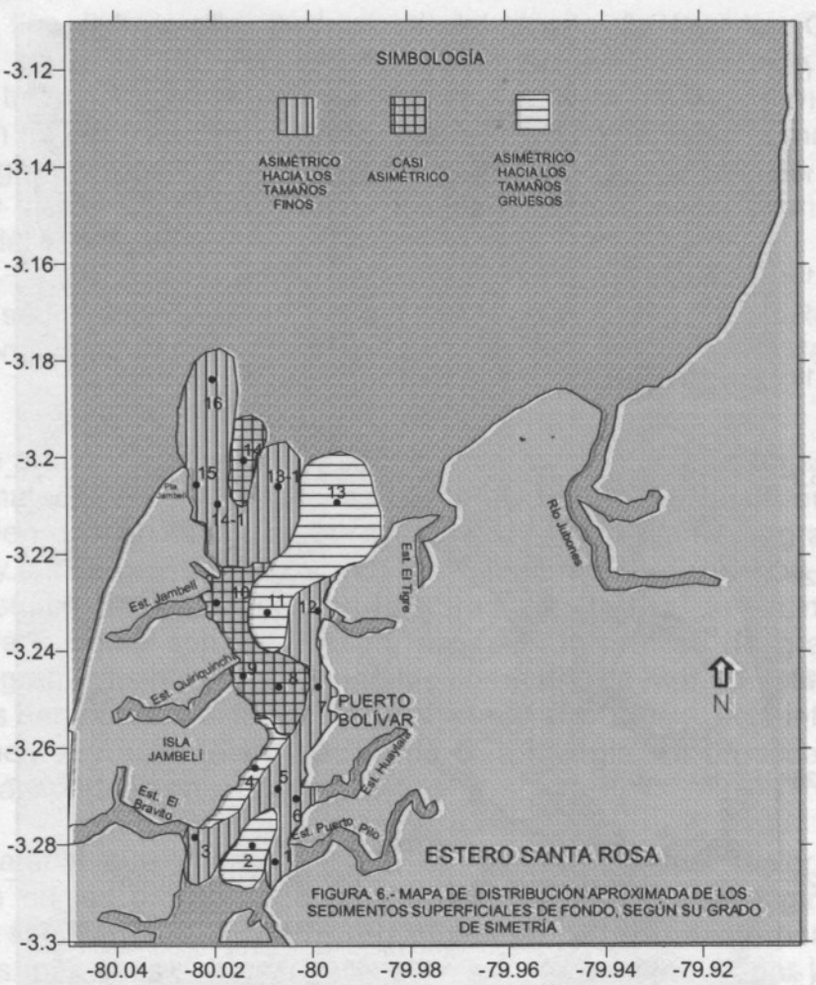


FIGURA 6.- MAPA DE DISTRIBUCIÓN APROXIMADA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO, SEGÚN SU GRADO DE SIMETRÍA

Los sedimentos con asimetrías negativas, llamados también asimétricos hacia los tamaños gruesos (-0.10 a –0.30) porque tienen exceso de material grueso, incluyendo los sedimentos casi asimétricos (+0.10 a –0.10), se presentan en menor proporción, y se localizan en pequeños parches.

La presencia de sedimentos con asimetrías positivas permite suponer que en la fecha del muestreo, esos sectores del área de estudio estaban sometidos a un proceso de deposición. Por el contrario, los sedimentos asimétricos negativos, sugieren que en esas áreas las corrientes son más dinámicas, por lo tanto lavan el sedimento más fino.

▪ SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

Las fuentes de aportes de sedimentos en suspensión son los ríos Guayas, Jubones y sus afluentes. También son el resultado de la reinserción de los sedimentos del fondo en la masa de agua, originado por las corrientes o por el paso de buques que resuspenden el sedimento, debido a la turbulencia inducida por las hélices o por contacto directo de la quilla de los buque en zonas críticas de bancos de lodo.

Comparando las cargas de sedimentos en suspensión, se tiene que en flujo las cargas oscilan entre 0.28 y 0.44 g/l en el nivel superficial, y entre 0.36 y 0.77 g/l en el nivel de fondo. En reflujo en cambio, las cargas en el nivel superficial están comprendidas entre 0.23 y 0.50 g/l, y para el nivel de fondo, entre 0.25 y 1.70 g/l (Tabla IV).

Estos valores son relativamente altos, y son normales para la fecha en que se realizó el muestreo, es decir, en verano, ya que en invierno, debido a las lluvias, la energía de la corriente del Río Guayas y la de sus afluentes, así como la del Jubones, aumenta considerablemente, incrementando por consiguiente el aporte de sedimentos, tanto el transportado a lo largo del fondo, como el acarreado en suspensión. Se aprecia también que las muestras en suspensión, tomadas en el nivel de fondo, tanto en flujo como en reflujo, por lo general presentan valores más altos que los de la superficie, como por ejemplo el de la Est. 5, con 0.77 g/l o el de la Est. 2, con 1.70 g/l, lo cual se debe a que en el fondo, las corrientes marinas continuamente están resuspendiendo el sedimento limo-arcilloso que cubre parte del lecho del estero, complementado con la resuspensión que originan los buques al ingresar y salir del puerto.

En el estudio que se llevó a cabo en 1984, en este estero, las cargas de sedimentos en suspensión también eran relativamente altas, encontrándose valores de 0.82 g/l en el nivel medio, y de 0.99 g/l en el nivel de fondo, los cuales confirman que verticalmente éstos aumentan con la profundidad (INOCAR, 1984).

Promediando las cargas de sedimentos en suspensión, se observa una mayor concentración en reflujo con 1.01 g/l en el Est. 2; y 0.94 en la Est. 14, lo cual se debe a que al retornar el agua que ingresa con la marea de flujo, lo hace con mayor fuerza por la altura que alcanza en el interior de los canales, resuspendiendo por lo tanto mayor cantidad de sedimentos de fondo.

CONCLUSIONES

El lecho del Estero Santa Rosa está cubierto predominantemente de material limoso, así como de arena y mezclas de ambos, pero en menor proporción.

Los ríos Guayas y Jubones son las cuencas hidrográficas que aportan, en suspensión, este material limo-arcilloso, pudiendo provenir también del material extraído al construir piscinas camaroneras. La arena en cambio proviene del mar.

En cuanto a la carga de sedimentos en suspensión, esta es relativamente alta, y podría ser mayor en invierno, cuando la dinámica de la corriente de los ríos aumenta considerablemente por las lluvias, acarreando mayor cantidad de material sedimentario.

BIBLIOGRAFÍA

Benites Stalin A. (1975).- Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil. Tesis de Grado para Ingeniero Geólogo. Pag. 12 y 24,

Carranza A., (1980).- Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera sur del Istmo Tehuantepec; Univ. Nac. Auton. Méjico; pag. 42

De Miró, Manuel, (1972).- Curso de Geología Marina. Pag. 10, 119, 120,

Folk Robert L. (1969).- Petrología de las Rocas Sedimentarias. Pag. 628 a la 31; 45 a la 110.

INOCAR, (1984).- Informe de los Estudios Oceanográficos realizados en el sector del Muelle Marginal de la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar. Pag. 7, 25, 34.

INOCAR, 1998.- Estudio de Impacto Ambiental para el Dragado del Estero Salado, del Canal Exterior de Ingreso a Puerto Marítimo, y del área seleccionada para el depósito de los sedimentos del dragado, Pag. 8 y 27.

Martillo Carlos, (2002).- Dinámica Litoral en el Area de Bajo Alto, Provincia El Oro, y su Aplicación al Manejo Costero". Pag. 14 a la 23.

Villwock, 1978.- Aspectos da sedimentacao no regiao nordeste de Lago Dos patos: Lago Do Casamento e aco do Cocuruto-RS-Brasil; pag. 15.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento al CPFG-EM Mario Proaño Silva, Director del INOCAR; al TNNV-SU Edwin Pinto U, Jefe del Dpto. de Ciencias del Mar, así como al TNFG.- SU Giorgio De La Torre, Jefe de la División de Estudios Costeros y Ambientales, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo.

MÉTODO MORFO-ESTRUCTURAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PALEOEVENTOS TECTO-SÍSMICOS: APLICACIÓN A LA ZONA COSTERA DE SAN LORENZO, NORTE DE ECUADOR

Por:
E. Santana [a], J.F. Dumont [b], F. Valdez [c], N. Pazmiño[a], J.P. Tihay [d], P. Usselmann [e] y E. López [f]

Abstract

The identification of paleo events of sismo tectonic activity along active margins is difficult under wet tropical climate, for the bad preservation of tectonic morphology such as active fault scarps, and the rough conditions to get to the places where some observation can be made. Considering that these areas are generally characterized by a dense drainage network under conditions where active deformation can apply, we set up a method combining three set of data: 1- The analysis of the drainage network at regional and local scale, 2- The identification of tectonic lineaments and their analysis as potential elements of active fault deformation, and 3- the analysis of the coastline variability as a determing element to date tectonic deformation, but also to provide complementary data for to analyze the active deformation. In the San Lorenzo area where no active deformation was previously identified, but strong sismic activity was known, we identify significant changes of the drainage pattern related to one or several tectonic events that happened during the period 3200-2800 BP. In relation with these events the La Boca uplift occurred between the San Lorenzo and La Boca faults, resulting in the deviation of several rivers toward the Santiago River and finally the Cayapas River. The discharge increase opened a new estuary. The geographic and human implications are important. The new drainage network made easier the communication between the Andes and the coast, short-cutting the previous wide area of mangrove, and giving the suitable conditions for the further development of the La Tolita Culture few time later.

Resumen

La identificación de paleo-eventos tecto-sísmicos es particularmente dificil en regiones tropicales húmedas, por la mala preservación de los marcadores usuales como son los planos de falla, sumado al difícil acceso a las regiones donde han sido preservados. Considerando que las zonas húmedas costeras presentan conjuntamente una red de drenaje densa y una topografía baja, en un contexto donde se pueden encontrar deformaciones tectónicas, se ha planteado un método de investigación de las deformaciones tectónicas activas, combinando tres elementos: 1- el análisis del drenaje a escala regional y local para la identificación de anomalías de pendiente y drenaje, 2- la identificación de los lineamientos tectónicos y su análisis en términos de la actividad potencial de las fallas, y 3- el análisis de la variabilidad de la línea de costa, como elemento de datación de los eventos tectónicos que afectan la zona costera. En la zona de San Lorenzo donde no se conocían anteriormente deformaciones de tectónica activa, pero con una importante actividad sísmica, se identificaron deformaciones relevantes en relación con la ocurrencia de uno o varios eventos tecto- sismicos que se produjeron hace 3200-2800 BP. Consecuencia de estos eventos la actividad de las fallas San Lorenzo y La Boca produjo el levantamineto de la Boca y el desvío del Río Santiago hacia el Río Cayapas, abriendo un nuevo estuario. Las implicaciones tanto geográficas como humanas son importantes, pues este nuevo patrón de drenaje, facilitó las comunicaciones entre la sierra y la costa a través de la faja de manglares costeros, y dando las condiciones propicias para el desarollo del sitio arqueológico de La Tolita poco tiempo después.

Palabras claves: Tectónica activa, desviación del drenaje, patrón de drenaje, cordones litorales, Ecuador

[a] INOCAR, Base Naval Sur, Av. de la Marina, Guayaquil, Ecuador, geologia@inocar.mil.ec
[b] IRD, UMR 6526, Observatoire Océanographique, 06235 Villefranche sur mer, France
[c] IRD, UR 092, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural , Quito, Ecuador
[d] UPPA, Pau, France
[e] CNRS-UMR 6012, Maison de la geographie, 34090 Montpellier, France
[f] Ingeominas, Bogotá, Colombia

Introducción

Las áreas costeras de los márgenes activos presentan episodicamente algunos de los más altos sismos y riesgos associados, como se ha observado recientemente en la zona sísmica de Indonesia. Por su ubicación respecto con la zona de subducción, la zona al norte de Ecuador-sur de Colombia se presenta como una de las áreas de mayor actividad sísmica en el mundo.

Los registros históricos muestran la ocurrencia de cuatro grandes sismos con magnitudes mayores a 7.7 Mw durante el siglo pasado (Fig. 1) (Beck et al., 1998; Gutscher et al., 1999; Herd et al., 1981), siendo el mayor, el sismo de Tumaco ocurrido en 1906 (8.8 Mw), el mismo que estaba asociado con una zona de ruptura de 500 km (Collot et al., 2004; Herd et al., 1981). Las deformaciones cosísmicas, tales como levantamientos (Barrientos and Plafker, 1992; Ortlieb et al., 1996), o subsidencias (González et al., 2002; Herd et al., 1981), han estado asociadas con sismos de subducción a lo largo de la costa del Pacifico de Sudamérica. Estas deformaciones dependen de su distancia a la zona sísmica y frecuentemente se presentan separando áreas alternantes de levantamiento y subsidencia (Barrientos, 1996; Fitch and Scholz, 1971).

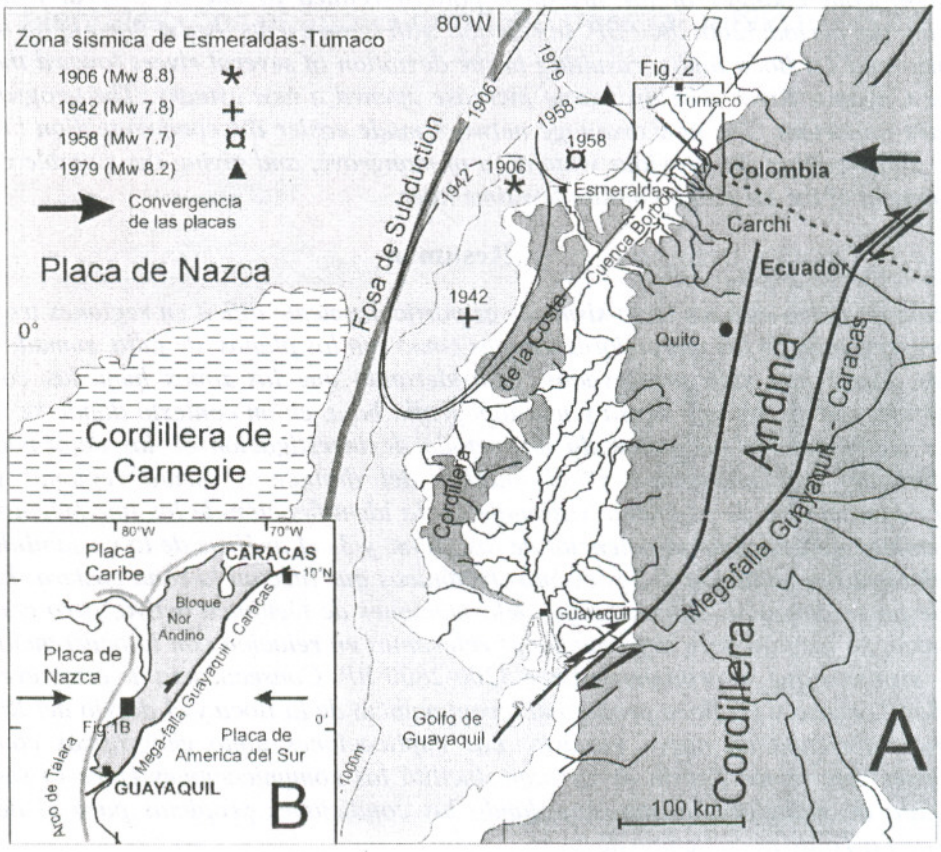


Fig 1: Ubicación de la zona de estudio (A), y posición en el conjunto de las placas Nazca, Caribe y América del Sur (B). Los simbolos indican los epicentros de los sismos históricos, y el círculo corresponde a la zona de ruptura, tomado de Collot et al. (2004).

En base a la combinación de observaciones relacionadas con la red de drenaje, los lineamientos tectónicos y la variación de la línea de costa, se presentan evidencias de cambios morfológicos que implican la ocurrencia de movimientos relacionados con la actividad sísmica de la zona. En particular se enfoca en esta publicación un método de identificación de los eventos extremos que pueden ocurrir en estas áreas.

MARCO GEOLÓGICO

A lo largo del margen Norandino la placa de Nazca esta subductándose hacia el este por debajo de Sudamérica a una tasa de 7-8 cm/año (De Mets et al., 1990; Kellog and Vega, 1995), y a una dirección aproximada W-E. La subducción oblicua (Ego et al., 1996) favorece el movimiento hacia el noroeste del bloque Norandino, a una tasa de 1 cm/año, a lo largo de la megafalla Guayaquil-Caracas (Dumont et al., 2005; Ego et al., 1996)

(Fig.1B). Este movimiento se hace mediante fallas transtensivas dextrales de rumbo NE - SW y sinestrales de rumbo NW - SE (Alvarado, 1998; Deniaud, 2000; Dumont et al., 1997, 2005; Santana and Dumont, 2002).

La zona de ruptura del sismo de 1906 (Mw 8.8), se ha reactivado por tres fuertes sismos: 1942 (Mw 7.9), 1958 (Mw 7.8) y 1979 (Mw 7.9) (Collot et al., 2004; Herd et al., 1981; Kelleher, 1972; Swenson and Beck, 1996), y otros sismos han ocurrido en la misma área, en 1868 y 1875 (Scheu, 1911). El sismo de 1979 estuvo acompañado por subsidencia de la costa por encima de los 1.6m, y levantamientos cosísmicos fueron reportados costa afuera, en el interior de la plataforma continental (Herd et al., 1981).

El margen costero de la parte central del Ecuador se caracteriza por un levantamiento durante el Cuaternario (Pedoja, 2003), que termina hacia el norte en la falla de Yanayacu de dirección NW – SE (Fig. 2D) (CERESIS, 1985; Pedoja, 2003). Mas al norte, la Bahía de Ancón de Sardinas (Fig. 2D) constituye un largo delta formado por los ríos Cayapas - Santiago y Mataje.

Los depósitos del Pleistoceno del área de San Lorenzo (Fig. 3) están representados por las formaciones Cachabi (conglomerados, arenas y limos meteorizados en arcillas rojas) y San Tadeo (conglomerados volcánicos piroclásticos, material de lahar y flujos de lodo) (Baldock, 1982; CODIGEM, 1993). Estas formaciones describen un amplio abanico en la vertiente de la Cordillera Andina, hasta la costa. El basamento de las formaciones Cachabi y San Tadeo pertenece a la Formación Borbón (Plioceno) (Aalto and Miller, 1999; Deniaud, 2000; Evans and Whittaker, 1982). El plegamiento y emersión del sur de la Cuenca de Borbón son fechados al final del Plioceno (Evans and Wittaker, 1982).

METODOLOGÍA

El método aplicado para buscar evidencias de deformaciones tectónicas activas combina tres clases de datos: 1- el análisis de las redes de drenaje a escala regional y local, 2- el análisis de los lineamientos y planos de fallas encontrados y 3- el análisis de la variación de la línea de costa en la zona estuarina.

El análisis de redes de drenaje constituye el primer paso en la búsqueda de evidencias de tectónica activa (Schumm et al., 2000; Keller and Pinter, 2002). Mediante el análisis de los documentos cartográficos a varias escalas (IGM, 1991, 1992a,b; CODIGEM, 1993; PRONAREG-ORSTROM 1948, a,b,c) se pueden evidenciar las discontinuidades, desviaciones y reorientaciones a lo largo de la red de drenaje relacionadas con las deformaciones geológicas del terreno (Fig. 2A-D). El segundo grupo de datos corresponde a las fallas tectónicas más recientes, a fin de comparar la cinemática de estas en tierra con la actividad sísmica de la zona de subducción. La tercera clase de datos corresponde al patrón de cordones litorales que da evidencia de la variación de la

línea de costa durante la época considerada. Esta clase de datos permite fechar los eventos desde aproximadamente 6000 BP.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Análisis de las redes de drenaje

A. Escala regional: segmentación del abánico Pleistoceno

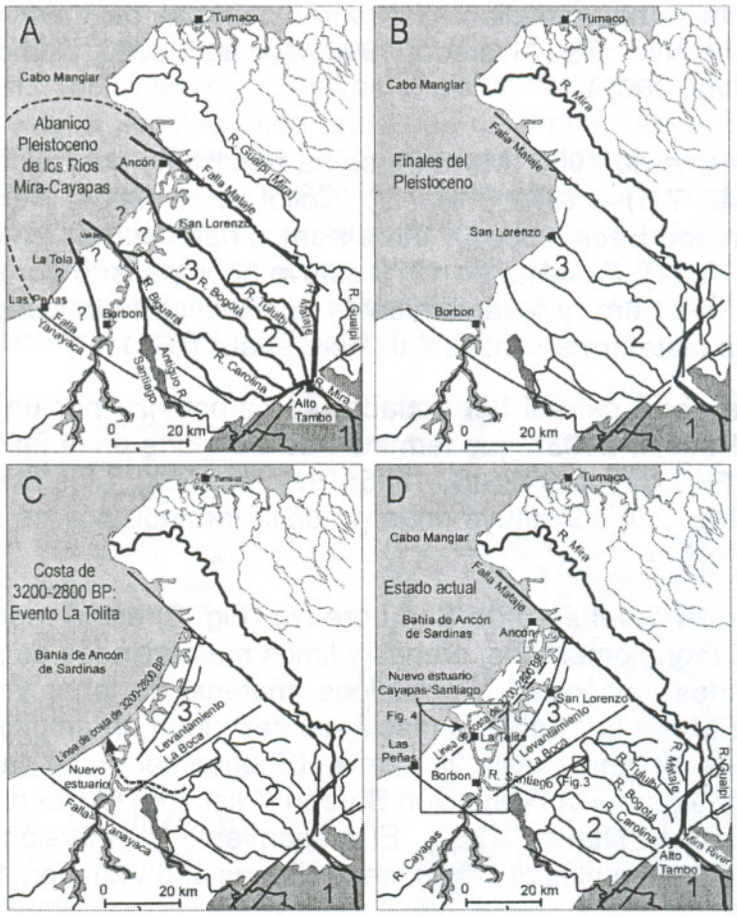


Fig. 2: Evolución de la red de drenaje con desorganización del abánico Pleistoceno del Río Mira, en 4 etapas: (A) Etapa del abánico del Pleistoceno, (B) Desviación del Río Mira hacia Colombia en la cabeza del abánico, (C) Desviación de la parte central por la formación del levantamiento de La Boca, y (D) Estadio actual. Ver el texto para las explicaciones de los cambios sucesivos.

Entre la provincia de Carchi en la Cordillera Occidental de los Andes y la bahía de Ancón de Sardinas (IGM, 1992 a,b) la red de drenaje presenta tres partes (Fig. 2D). El área más alta (Fig. 2D, área 1) se extiende desde Carchi (cerca de 2000m) hasta el área del Alto Tambo (500m) y es drenada longitudinalmente por el Río Mira, uno de los mayores ríos del norte de los Andes de Ecuador. El valle del Río Mira se encajona hasta los 1000m en la parte superior de la Cordillera, y hasta los 200-300m en el área del Alto Tambo. En este último sector la dirección del Río Mira cambia bruscamente hacia el norte, entrando al área de captura del Río San Juan, y llegando a la costa en el Manglar Cap en Colombia (Fig. 2D).

El área intermedia (Fig. 2D, área 2) se extiende unos 40 km desde el área de Alto Tambo (500 m) hasta el área de La Boca (20 m). La red de drenaje del área 2 comprende de norte a sur los ríos Mataje, Palabi, Tululbi, Bogotá, Carolina y Santiago, agrupados en forma de un abánico llamado El Placer (Winckell and Zebrowski, 1977), que converge río

arriba en Alto Tambo, en el punto donde el río Mira gira bruscamente hacia el norte. Corriente abajo la red de drenaje del abánico El Placer es reorientado de forma abrupta hacia el SW, y los ríos Palabi, Tululbi, Bogotá, Carolina y Santiago se une con el Río Cayapas. Sólo el Río Mataje al norte sigue recto llegando a la costa a lo largo del borde estructural del abánico El Placer.

El área 3 (Fig. 2D) cubre unos 30 km de un margen de tierras bajas (0 – 50m), incluyendo la área de San Lorenzo (20-30 m) y la planicie costera. Las tierras firmes del área de San Lorenzo se caracterizan por una débil red de drenaje, con un interfluvio de dirección NE-SW que separa la zona de San Lorenzo y el abánico El Placer.

Los 15 km de ancho y los 50 km de largo de la planicie costera estuarina incluyen manglares, canales de marea, ciénagas saladas y cordones litorales, y los estuarios de los ríos Cayapas-Santiago y Mataje. Un patrón de bandas de cordones litorales se observa en la parte sur, desapareciendo progresivamente hacia el norte bajo los manglares y los canales de marea. Un total de cuatro grandes canales de marea atraviezan el plano costero, de sur a norte: Cayapas-Santiago, Boca de Limones, Bolívar y Mataje (Fog. 2D), pero solo los dos extremos son estuarios fluviales activos. Los otros constituyen las aberturas de muy pequeños ríos en comparación con el tamano del canal (Fig. 2D).

Los diferentes segmentos de la red de drenaje actual reconstruida en la Fig. 2A, describen un largo abánico alimentado por el río Mira que corre desde el área de Alto Tambo hasta la costa, del cual el abanico de El Placer en la parte media, es la única parte preservada. Esta reconstrucción de un gran abánico del Río Mira se sobrepone sobre los depósitos continentales del Pleistoceno de las formaciones Cachabi y San Tadeo (CODIGEM, 1993; PRONAREG, 1984; Winckell and Zebrowski, 1997). La presente segmentación de la red de drenaje, sugiere la división del abanico en tres partes. El presente estudio analiza con mejor detalle las desviaciones de drenaje que forman estas divisiones.

B. Escala local, parte alta: la desviación del Río Mira en Alto Tambo

La desviación del Río Mira en Alto Tambo esta analizada en detalle por Dumont et al. (2005), y sera solo recapitulada aquí.

El mapa geológico (CODIGEM, 1993), muestra que el abánico de El Placer está localizado en la intersección de dos sistemas de fallas con direcciones NE-SW y NW-SE (Fig. 2B). Aguas arriba de Alto Tambo el valle del Río Mira sigue una falla de dirección NW-SE, paralela a las fallas observadas en los bordes de la Bahía de Ancón de Sardinas. Fallas de rumbo NE-SW aparecen en ambos lados del valle del Río Mira (Fig. 2B) en la extensión de la falla del Río Canandé (Alvarado, 1998; Eguez et al., 2003), probablemente causante del movimiento dextral durante en Cuaternario.

Estas direcciones de fallas determinan dos desviaciones de dirección NE-SW del Río Mira. Otros lineamientos de dirección N-S conducen el Río Mira a Colombia. El mapa geológico no muestra fallas con dirección N-S en el área de estudio, pero fallas con esta dirección aparecen en la parte suroeste de la Cuenca de Borbón, a lo largo del valle del Río Esmeraldas (Eguez et al., 2003), y en la costa oeste de Esmeraldas (Santana et al., 2001; Witt, 2001), relacionadas también con tectónica activa. Así se puede interpretar los segmentos del río con dirección NS como controlados por fallas formadas o reactivadas durante el evento de extensión E-W del Cuaternario. Después de la desviación del Río Mira se ha ocurrido un encajonamiento de cerca de 200 m relativos a la altura del abanico El Placer. Esto sugiere que la desviación es relativamente antigua, y ocurrió probablemente antes del Holoceno. Una estimación de una edad mínima considerando una comparación con el encajonamiento del Río Paztaza de 5-6.7 mm/ano (Bès de Berk et al., 2005) indica un mínimo de 40.000 años. El calculo del estrechamiento del Rio Pastaza indica una tasa como tasa máxima por para el estrechamiento del Rio Mira,

después de abandonar le red de drenajes del abanico. Considerando una tasa de erosión menor es posible que la desviación del Río Mira se inició durante el Pleistoceno tardío.

C. Escala local parte baja: desviación del Río Bogotá en La Boca

Los ríos Palabi, Tululbi y Bogotá son bruscamente reorientados hacia el suroeste en la parte baja del abanico El Placer (Fig. 2C). Se analizo en este item la desviación del Río Bogotá en La Boca (Fig. 3).

En la cercanía de La Boca el Río Bogotá tiene una elevación de 15-20m entre colinas de 30-40 m, con una pendiente de 0.15%. La brusca desviación del Río Bogotá hacia el SW ocurre a una elevación de 14 m a lo largo de un lineamiento de dirección NE-SW bordeanto las colinas ubicadas en la zona entre La Boca y San Lorenzo.

Aguas abajo de la desviación, la pendiente del río es de solo 0.03% con un patrón meandriforme dentro de una planicie de inundación. Un elemento clave es la observación de un valle seco a través de las colinas del norte de La Boca, en continuidad del Río Bogotá. Una pendiente de 0.14% es observada a través de las tierras elevadas, comparable con el 0.15% de la pendiente del valle del Río Bogotá aguas arriba de La Boca. La diferencia de elevacion entre el fondo del canal del Río Bogota y el valle seco en la zona de la Boca alcanza los 15 m, esto es interpretado como parte del movimiento vertical de una falla a lo largo de las colinas de La Boca. Este conjunto de elementos geométricos como morfologicos permite interpretar la desviación del Río Bogotá en La Boca como el resultado del movimiento de la Falla de La Boca, que eleva las tierras altas y bloquea el drenaje (Fig. 3); Una situación similar explica la reorientación del Río Tululbi hacia el sur, a lo largo de un segmento de falla paralelo a la Falla de La Boca y alineado con morfoetructuras regionales (Fig. 2C). El Patrón morfológico y el punto de desviación del Río Bogotá sugieren que el cambio es relativamente subito, sin que existan morfologias intermedias que indiquen una evolución progresiva.

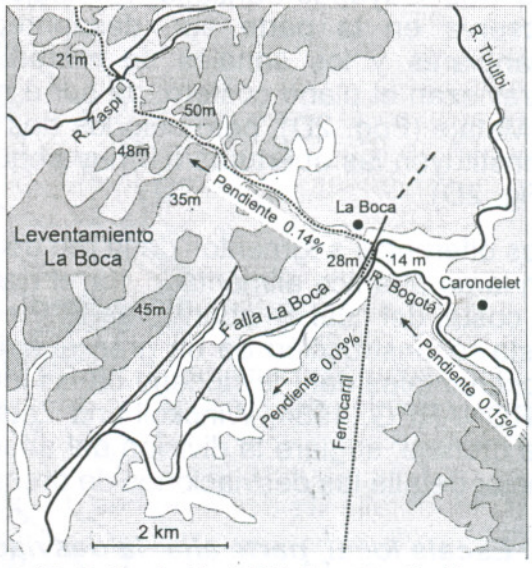


Fig. 3: Desviación del Río Bogotá en La Boca.

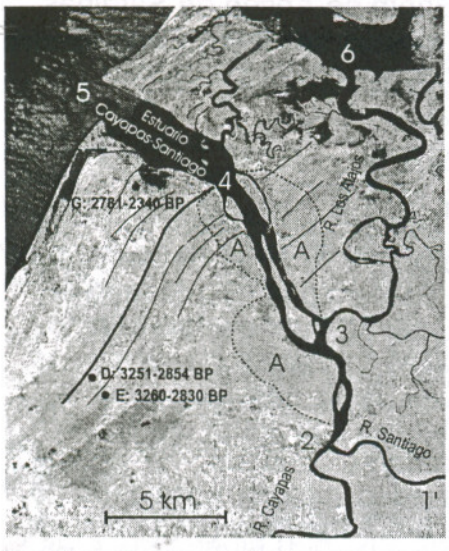


Fig. 4: Cambios de la red de drenaje en la zona estuarina de los Ríos Santiago y Cayapas. Ver las descrinciones en el texto.

D. Escala local costera: la confluencia Cayapas-Santiago

La red de drenaje en forma cruzada, con morfologías fluviales diferentes, anastomosada y en meandros, que se observa en la parte baja río abajo de la confluencia de los ríos Cayapas y Santiago constituye un patrón no común (Fig. 4). En la imagen SPOT 638-347 del 22/03:1994 (Fig. 4) estos segmentos de la red de drenaje son marcados de 1 a 6. El drenaje mayor esta constituido por el Río Cayapas que viene de la vertiente andina con un curso en meandros (tramo 1-2). Se presenta un corto tramo anastomosado entre los puntos 2 y 3, pero se observa de nuevo un curso en meandros a lo largo del Río Los Atajos (tramo 3-6), en la continuación del curso del Río Cayapas, río abajo del punto 3.

Las características morfologicas de los ríos Los Atajos y Cayapas (tramos 1-2 y 3-6) son similares con las longitudes de onda de los meandros de 3-5 km, una sinuosidad cercana a 1.8 (longitud del canal del río/longitud del valle del río) y ancho del canal de 150-250 m. El radio de onda del meandro con respecto al ancho de canal (L/W) de aproximadamente 15 (entre 13 y 17) caracteriza un río con meandros equilibrados. El valor estándar para un curso equilibrado en ambientes tropicales es de 8 y 11 según Baker (1978), sin embargo, puede haber variaciones dependiendo de condiciones locales de clima y transporte de sedimentos (Schumm et al., 2000). En la Amazonía Peruana con un clima poco diferente al de la zona de San Lorenzo se observaron valores de 9-15, y los ríos claramente sub-equilibrados (con deficiencia de caudal) tienen valores encima de 30, y aquellos con excesso de caudal presentan cursos anastomosados (Dumont, 1991). En este sentido se puede considerar el tramo constituido por el río Los Atajos como la continuación del Río Cayapas, y la forma anastomozada que aparece río abajo de la confluencia con el Río Santiago como una forma superpuesta en un curso anteriormente meandriforme.

Aguas abajo de la confluencia de los ríos Cayapas y Santiago (punto 2) el canal mas activo corre por los puntos 2, 3 y 4. El segmento comprendido entre los puntos 2-4 se caracteriza por un patrón anastomosado iniciado aguas abajo de la confluencia entre los ríos Cayapas y Santiago.

Existen dos formas de cambiar un curso meandriforme en un curso anastomosado: ampliar el caudal, o ampliar la pendiente (Schumm y al 2000). Considerando que la pendiente total es la misma entre el punto 2 y el nivel del mar por el Río Los Atajos de un lado y el estuario actual hacia La Tolita por el otro lado (longitud y diferencias de alturas similares), se tiene aquí una ampliación del caudal. Obviamente este exceso de caudal se inicia en la confluencia del Río Santiago con el Río Cayapas (punto 2). El curso anastomosado sigue después hacia el NW, y la forma de separación del nuevo curso anastomosado respecto al curso meandriforme (punto 3) sugiere una avulsion iniciada en la curva de un meandro (crevasse splay) y la construcción de un nuevo canal a través de la planicie costera, incluyendo pasos sucesivos analizados por Smith et al. (1989) y sintetizados en Collinson (1996). Dos aspectos diferencian el caso del Río Cayapas como un modelo clásico de avulsion (Collinson, 1996; Smith et al., 1989). 1- la avulsion se inicia desde la confluencia de los rios Cayapas y Santiago, lo que indica claramente que el proceso esta generado por un exceso de caudal proveniente del Río Santiago. 2- Una avulsion termina generalmente por un retorno al valor del caudal anterior, y un abandono parcial o total del canal del río (Collinson, 1996; Smith et al., 1989). Pero en el caso actual se observa que el Río Los Atajos permanece con el mismo canal después de la avulsion, lo que significa que el exceso del caudal que generó la avulsión ha sido permanente, para así poder formar un nuevo canal (el estuario hacia La Tolita) y mantener el anterior (el Río Los Atajos).

Esta interpretación señala la participación del Río Santiago en la formación de la red de drenaje en forma cruzada. Winckel y Zebrozky (1997) indicaron la presencia de un curso abandonado del Río Santiago hacia el abánico El Placer, así como el cauce poco desarrollado del curso del Río Santiago entre el abánico El Placer y la confluencia con el Río Cayapas. Esto conduce a la hipótesis de que la avulsión no es simplemente una ampliación del caudal por parte del Río Santiago, sino que se ha generado por un desvío del Río Santiago, con todos los otros ríos del abánico El Placer, hacia el Rio Cayapas. El canal de forma anastomosada se observa río abajo hasta La Tolita, cortando abruptamente los cordones litorales. Río abajo de La Tolita se observa una forma clásica de estuario, con cordones que se paralelizan con la forma estuarina. Este patrón de

estuario indica que el nuevo estuario generado por la avulsion se formo cuando la línea de costa estaba en la cercanía de La Tolita, cortando los cordones litorales de la parte anterior de la planicie litoral por un canal de tipo fluvial, y desarollando una forma clásica de estuario en la parte exterior.

2. Análisis de los lineamientos y planos de fallas

Al suroccidente y norte de San Lorenzo un claro alineamiento es observado en la imagen de SPOT y las fotografías aéreas de los años 1982 y 1983, definiendo el límite entre el plano costero y las tierras altas de San Lorenzo (Fig. 5). En el campo se observo que este corresponde a un escarpe de 10 a 20 m de alto, visible por más de 10 km. Este escarpe ha sido previamente identificado e interpretado como una falla activa (Eguez et al., 2003; Santana and Dumont, 2002; Dumont et al., 2005), por el límite con el plano litoral.

El plano de falla del segmento oriental de la Falla de San Lorenzo puede ser observado bien hacia San Lorenzo (Fig. 5). Allí tiene una dirección N40-60°E y un buzamiento de 70 a 80° hacia el noroeste, cortando areniscas arcillosas rojas de la Formación Cachabi. El cálculo de los ejes de esfuerzos por el método de Carey (Carey, 1979; Carey and Mercier, 1987), indican una dirección de máximo esfuerzo σ1 cercano a la vertical, y σ2 y σ3 cercanos a la horizontal con dirección N80°E y N170°E, respectivamente. El trazo del segmento noroccidental de la falla de San Lorenzo a través de la planicie costera de manglares comprueba el movimiento de la falla posteriormente a la transgresión del Holoceno medio.

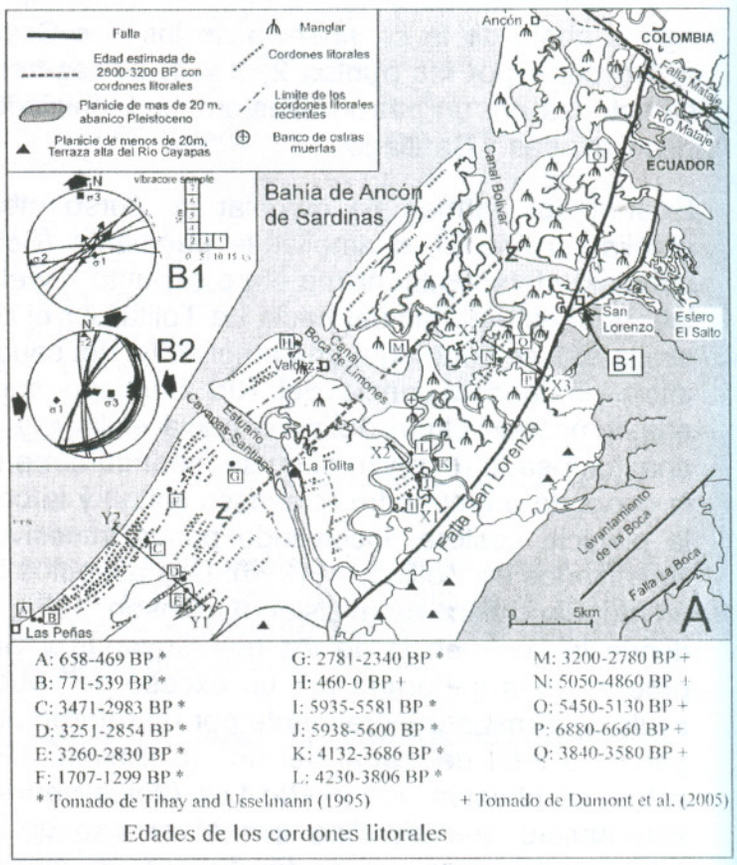


Fig. 5: A: Esquema mofológico de la variación de la línea de costa, con ubicación de las dataciones de cordones litorales con C14. La línea Z-Z' marca la temporada 3200-2800 BP. B1: planos de fallas observados en el punto B1 de la parte A. B2: Inversión de mecanismo de los sismos históricos de la zona por Ego et al, 1996.

El final de la actividad tectónica del Holoceno corresponde a una extensión N-S con un movimiento de transtension a lo largo de fallas con dirección E-W y NE-SW. La dirección de la Falla de San Lorenzo es paralela a las fallas observadas en el borde sureste de la zona de La Boca. Estas fallas determinan el levantamiento de La Boca ubicado entre La Boca y San Lorenzo. Son también paralelas a la Falla de Canandé al norte en Alto Tambo. El movimiento de todas estas fallas no necesariamente es sincronico, sino que

son de la misma familia y representativas de las mas recientes y probablemente fallas activas del área.

3. Variación de la línea de costa a partir de la transgresión holocena

Los cordones litorales constituyen sucesivas líneas de costa, de forma aproximadamente cronológicas asumiendo que la extensión lateral de los cordones litorales puede sumirse como un marcador de tiempo. Se uso esta sucesión de los cordones litorales a fin de fechar el evento de avulsión.
La sucesión de cordones litorales se determinó usando dataciones con carbono 14 en 19 muestras cuya localización se observa en la Fig. 5.

Se consideró 11 dataciones de cordones litorales de Tihay and Usselmann (1995), tomadas en la parte sur de la zona litoral (Fig. 4, puntos A hasta G e I hasta L). Estos datos se realizaron sobre conchas de los cordones litorales, obtenidas en perforaciones de 1 a 2 m de profundidad. Las otras 8 dataciones (Fig. 5, puntos H y M hasta Q) se realizaron durante este estudio, de las cuales siete se obtuvieron en material orgánico, encontrado a profundidades de 1-2 m mediante vibrocores en las áreas húmedas de bajiales, y una (muestra O) se obtuvo en un depósito de cordónes litoral. La edad mas antigua (6880-6660 BP, muestra P), se obtuvo en un tronco encontrado en la parte interna de la zona estuarina, al nivel de la mas baja marea. A lo largo de las playas presentes, los troncos se encuentran preservados en la parte superior de la playa, hacia el tope de los cordones litorales, en su parte posterior. La posición presente de este tronco implica una subsidencia cercana al valor del rango mareal (3.5 m) desde 6880-6660 BP. Las edades han sido llevadas a un gráfico de edad / distancia de la línea de costa (Fig. 6).

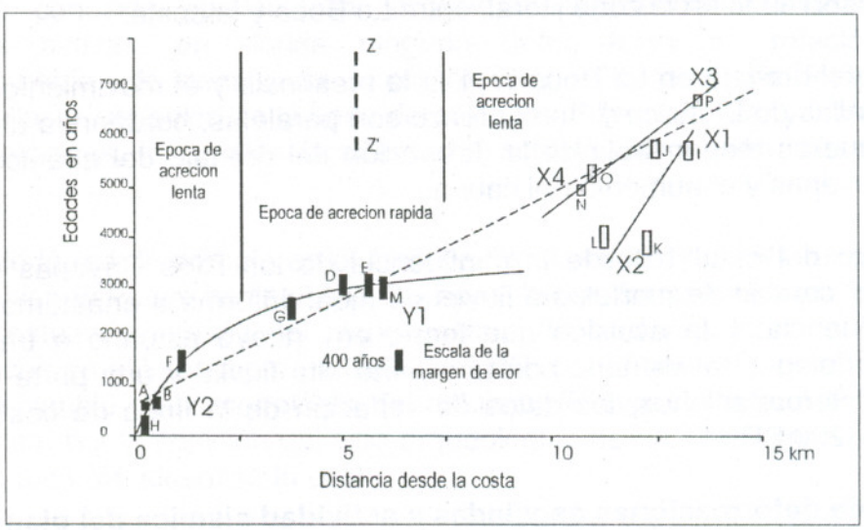


Fig. 6: Diagrama de la evolución de la línea de costa con el tiempo. La variación de velocidad evidencia un cambio en la época 3200-2800 BP. Ver comentario en el texto.

El diagrama evidencia una tasa promedio de acreción de los cordones litorales de 2-2.5 my-1 desde aproximadamente 6000 BP (Fig. 6). Sin embargo un análisis mas detallado sugiere tres grupos de puntos, definiendo dos periodos de rápida acreción entre ellos. La posición de las muestras empleadas en la definición de dos secciones a través del margen interior (Fig. 6, X1-X2 y X3-X4) y uno a través de un primero (Fig. 6 Y1-Y2). A través del margen interno X1-X2, la sección muestra tasas promedio de construcción de

cordones litorales de 1.75 m ano-1 entre 5935-5581 BP (muestra I) y 4230-3806 BP (muestra L), y la sección X3-X4 de 0.7-1 m ano-1 entre 6880-6660 BP (muestra P) y 5050-4860 BP (muestra N). Datos del margen exterior a lo largo de la sección Y1-Y2 muestra una primera y rápida construcción a una tasa superior de 5m yr-1 entre 3251-2584 BP (muestra D)(o 3200-2780 aap, muestra M) y 2781-2340 BP (muestra G), disminuyendo a 1m ano-1 durante el periodo mas reciente. Los datos no muestran cambios en el rango de 4200-3200 BP (datos L y M, D o E, Fig. 4 y 6), el patrón del diagrama sugiere una discontinuidad mas que un cambio progresivo.

DISCUSIONES

1. Una sucesión de cambios morfológicos relacionados

Cuatro importantes cambios morfológicos han sido identificados: 1- la desviación de el Rio Mira hacia el norte en la cabecera del abánico de El Placer, 2- la desviación de la red de drenaje del abanico El Placer al sur-occidente, 3- la avulsión y formación de un nuevo estuario hacia La Tolita, y 4- los cambios de velocidad de la variación de la línea de costa.
Es posible considerar que todos estos cambios morfológicos son independientes. Sin embargo, existe una gran coherencia y relación de un cambio con otro, y la hipótesis soportada aquí es que hay una relación entre uno y otro.

La desviación del Río Mira en Alto Tambo, presenta el mismo estilo de desviación controlado por fallas que lo que se ha observado en la parte inferior del abanico El Placer, pero corresponde a un evento iniciado por lo menos en el Pleistoceno tardío, y anterior a los cambios observados en la zona litoral, entre La Boca y la costa.

La desviación del drenaje en La Boca implica la presencia y el movimiento de la Falla de La Boca. Las fallas de La Boca y San Lorenzo son paralelas, bordeando el levantamiento de La Boca que es responsable de la desviación del drenaje del abanico de El Placer hacia el Río Cayapas y el aumento del caudal.

Este incremento del caudal desde la confluencia de los Ríos Cayapas y Santiago es responsable del cambio de morfología fluvial de meandriforme a anastomosado desde el punto de confluencia, y la avulsión que formo en nuevo estuario a través del plano costero. La morfologia del estuario con una parte alta fluvial y una parte baja estuarina soporta estas interpretaciones, los datos de variación de la línea de costa fechando el evento a 2800-3200 BP.

2. Evidencias de deformaciones asociadas a actividad sísmica del plano costero

Antes de los 4000 BP la tasa de construcción de los cordones litorales es baja (0.7-1.7 m/ano). Después hay un faltante en el intervalo de 4200-3200 BP. Un periodo de rápida acreción (5m/año) aparece después de 4000-3600 BP, y en el rango de tiempo 3200-2700/2700-2300 BP (Fig. 6). Desde 2000 BP hasta el presente hemos observado una progresiva reducción de la tasa de acreción (cercana a 1m/ano), pero la tasa presente durante los últimos 100 años de fuerte actividad sísmica no esta documentada.
La rápida acreción de los cordones litorales durante el periodo intermedio puede corresponder a un exceso del aporte sedimentario hacia la costa, o al movimiento vertical del plano costero debido a la co- o post- deformación sísmica. La desviación del río contra

las tierras altas de La Boca esta asociada con una disminución de la pendiente previa, lo que no favorece un aumento del aporte de sedimento a la costa. Variaciones climáticas de corto tiempo pueden estar relacionadas con variaciones en la construcción de cordones litorales, pero tales variaciones son generalmente de alta frecuencia y así no pueden explicar la disminución progresiva de la accreción litoral desde 3000 anos. Nuestros datos sugieren correlacionar el periodo de rápida accreción de cordones litorales en el periodo 3200-2300 BP con un levantamiento del plano costero co o post-sismicos. Por la duración del periodo de rápida accreción y la progresiva reducción de esta accreción hacia el presente es muy probable que este relacionado a levantamientos post-sismicos. En una plataforma de baja pendiente un leve levantamiento puede hacer avanzar cordones litorales cientos de metros en dirección al mar. La presencia de bancos emergidos de ostras muertas en posición de vida (Fig. 4) soporta esta hipótesis.

3. Relación con la zona sísmica

La actividad de la zona sísmica del área de Esmeraldas-Tumaco esta originada en la zona de subducción (Collot et al., 2004, 2002; Herd et al., 1981). El estado de los esfuerzos obtenido de la inversión de soluciones focales de los sismos de subducción (Fig. 5) muestra un acortamiento ENE-WSW (Ego et al., 1996). La comparación con el estado de esfuerzos de la Falla de San Lorenzo (Fig. 5) sugieren una permutación de acuerdo a $\sigma1 \rightarrow \sigma2$; $\sigma2 \rightarrow \sigma3$ y $\sigma3 \rightarrow \sigma1$, que es coherente con la acomodación de la deformación en la placa superior, favorecido por la subducción oblicua.

CONCLUSIONES

En una zona conocida por su alta sismicidad y potencialidad de ocurrencia de deformaciones activas, en donde ninguna deformación en relación con estas características había sido identificada, la combinación de datos de morfología de drenaje, tectónica de fallas y variación de la línea de costa, permite identificar y fechar importantes cambios morfológicos, los cuales si ocurrieran actualmente serian causas de grandes desastres.

La evolución de la red de drenaje en el área de San Lorenzo, describe una desviación de esta en el abánico El Placer hacia el Río Cayapas, lo que forma una avulsión y la apertura de un nuevo estuario a través del plano costero de cordones litorales. El proceso de avulsión se fecha en el intervalo de 2.800-3200 BP por la edad de los cordones litorales en la zona de cambio en la morfología del estuario. El evento de avulsión es llamado el evento "La Tolita" por la posición del sitio arqueológico de La Tolita en el punto en el que los canales de avulsión alcanzan la costa.

La interrupción del abánico El Placer y los cambios morfológicos están claramente relacionados al movimiento de fallas. La desviación hacia el norte del Río Mira en las cabeceras del abánico esta asociada con el movimiento de la Falla de Canandé Norte, y con otras fallas de dirección N-S. El movimiento de la Falla de La Boca formando el levantamiento de La Boca desvía el drenaje de la parte central del abánico hacia el Río Cayapas, abriando un nuevo nexo hacia este río. Este levantamiento es limitado hacia el NW por la Falla de San Lorenzo, que define el borde del plano costero y presenta evidencias de movimientos durante el Holceno. Estas relaciones falla-morfología son interpretadas como el efecto de uno o varios sismos fuerte en la época 3200-2800 BP.

Elementos adicionales e independientes provienen del análisis de la variación de la línea de costa estimada por la posición de los cordones litorales. Un periodo de fuerte acreción de los cordones litorales continua al evento de La Tolita después de los 2800-3200 BP. La transición al periodo reciente de baja acreción es progresiva en los cordones litorales, y no esta aparentemente relacionada con oscilaciones climáticas o con el aumento en el aporte de sedimentos, sino a pequeños levantamientos del margen costero en relación con un evento o una sucesión de eventos sísmicos. El periodo presente, documentado durante el siglo pasado, esta caracterizado por una alta actividad sísmica, pero no se conoce precisamente cual es la tasa de acreción de cordones litorales en el área. Esta precisión puede ayudar a especificar el periodo histórico presente que incluye los sismos de Tumaco de 1906 de 8.8Mw posiblemente comparable con el periodo de rápido crecimiento de cordones asociados al periodo 2800-3200 BP.

Finalmente, una relación tentativa puede hacerse entre la morfología y la evolución cultural en el área. Es de notar la posición particular del sitio La Tolita, hacia el sitio de la costa donde el canal de avulsión ha sido abierto (Fig. 4). La ocupación pre-Colombina del área estudiada es dominada por la cultura La Tolita, una de las más importantes ocupaciones costeras a lo largo de la costa Sudamericana (Buchard, 1985; Valdez, 1987). El establecimiento poblacional en La Tolita se inicia cerca de 3000 BP, y el pico del desarrollo ocurrió entre 2250 y 2000 BP (Valdez, 1987). De acuerdo a Valdez(1987), la localización del sitio La Tolita en el estuario de Santiago-Cayapas, cerrado hacia el Océano Pacifico, es el resultado de una estrategia para el fácil acceso hacia aquellas áreas a lo largo del litoral, al igual que al interior del continente. En el caso de La Tolita, el nuevo patrón de la red de drenaje del Río Santiago, permitió mayor accesibilidad al área andina, aumentando la capacidad de adquirir recursos mayores en particular hacia la zona de oro del alto Santiago. El puerto marítimo de La Tolita con accesos fácil a zonas costeras como andinas después de la avulsión del nuevo estuario ha dado al centro La Tolita su reputación cultural y su hegemonía económica.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio es parte del proyecto ´´La variabilidad de la línea de costa ecuatoriana´´ del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), realizado en cooperación con el proyecto DEMA3 del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD-Francia). Se quiere agradecer de manera especial al CPFG-EM Byron San Miguel Marín, director del INOCAR, y al CPCB-SU Jorge Cárdenas, jefe del Departamento de Ciencias del Mar por el apoyo prestado para la realización de este trabajo. Agradecemos también a los Sres. Edgar Rivas (INOCAR) y Kevin Chunga (Universidad de Guayaquil) por su ayuda durante el trabajo de campo, y al personal de la Capitanía de San Lorenzo por su colaboración en la organización logística de las actividades de campo. Esta publicación es parte de las actividades del IGCP 495 "Land Ocean Interaction", e publicación n° de Geosciences Azur.

BIBLIOGRAFÍA

Aalto, K.R., Miller, W., 1999. Sedimentology of the Pliocene Upper Onzole Formation, an inner-trench slope succession in north-western Ecuador. Journal of South American Earth Sciences 12(1), 69– 85.

Alvarado, A., 1998. Variation du champ de contrainte et de deformation et quantification des deformations actives du bloc coˆ tier de l'Equateur. DEA de Ge´odynamique et physique de la terre Thesis, Paris XI, centre d'Orsay, Orsay, 54 pp.

Baker, V.R., 1978. Adjustment of fluvial system to climate and source terrain in tropical and subtropical environments. In: Miall, D. (Ed.), Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geology, pp. 211 –230.

Baldock, J.W., 1982. Geologý´a del Ecuador: Boletý´n de la explica- cio´n del Mapa Geolo´gico de la Repu´ blica del Ecuador, Esc. 1:1000.000. Min. Rec. Nat. Energ., Quito, 10., Quito.

Barrientos, S.E., 1996. On Predicting Coastal Uplift and Subsidence Due to Large Earthquakes in Chile, Third ISAG. ORSTOM, St Malo, France, pp. 145– 148.
Barrientos, S.E., Plafker, G., 1992. Postseismic coastal uplift in southern Chili. Geophysical Research Letters 19, 701– 704.

Beck, S.L., Barrientos, S., Kausel, E., Reyes, M., 1998. Source characteristics of historic earthquakes along the central Chile subduction zone. Journal of South American Earth Science 11 (2), 115– 129.

Be`s de Berc, S., Soula, J.C., Baby, P., Souris, M., Christophoul, F., Rosero, J., 2005. Geomorphic evidence of active deformation and uplift in a modern continental wedge-top-foredeep transition: example of the eastern Ecuadorian Andes. Tectonophysics 399, 351–380.

Bouchard, J.F., 1995. Altas Culturas y Medio Ambiente en el Litoral Norte del Area Ecuatorial Andina, Cultura y Medio Ambiente en el Area Andina Septentrional. Abya-Yala, Quito, pp. 195–223.

Carey, E., 1979. Recherche des directions principales de contraintes associe´es au jeu d'une population de failles. Revue de Ge´ographie Physique et de Ge´ologie Dynamique 21 (1), 57–66.

Carey, E., Mercier, J.L., 1987. A numerical model for determining the state of stress using focal mechanisms of earthquake population: application to Tibetan teleseims and microseismicity of Southern Peru. Earth and Planetary Science Letters 82,
165–177.

CODIGEM, 1993. Mapa Geolo´gico de la Repu´ blica del Ecuador, escala 1/1 000 0008. British Geological Survey.

Collinson, J.D., 1996. Alluvial sediments. In: Reading, H.G. (Ed.), Sedimentary Environments: Processes, Facies and
Stratigraphy. Blackwell Science, London, pp. 37– 82.

Collot, J.-Y., Charvis, P., Gutscher, M.-A., Operto, S., 2002. Exploring the Ecuador–Colombia active margin and interplate seismogenic zone. EOS, Transactions, American Geophysical Union, 83(17): 185, 189–190.

Collot, J.Y., Marcaillou, B., Sage, F., Michaud, F., Agudelo, W., Charvis, P., Graindorge, D., Gutscher, M.-A., Spence, G., 2004. Are rupture zone limits of great subduction earthquakes controlled by upper plate structures ? Evidence from multichannel seismic reflection data acquired across the Northern Ecuador–southwest Colombian margin. Journal of Geophysical Research 109, B11103.

De Mets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., Stein, S., 1990. Current plate motions. Geophys. J. Int. 101, 425– 478.

Deniaud, Y., 2000. Enregistrements se´dimentaire et structural de l'e´volution ge´odynamique des Andes Equatoriennes au cours du Ne´oge`ne: Etude des bassins d'avant arc et bilan de masse. Ge´ologie Alpine, Me´moire HS (32), 159.

Dumont, J.F., 1991. Fluvial shifting in the Ucamara Depression, as related to neotectonics of the Andean foreland–Brazilian craton border. Ge´odynamique 6 (1), 9 – 20.

Dumont, J.F., Lavenu, A., Ortlieb, L., Guillier, B., Alvarado, A., Benitez, S., Jouannic, C., Martinez, C., Labrousse, B., Poli, J.T., 1997. Extensional tectonics in the coastal block of Ecuador: preliminary results and implications. Workshop on Late Quaternary Coastal Tectonics, London.
Dumont, J.F., Santana, E., Vilema, W., 2005. Morphologic evidence of active motion of the Zambapala Fault, Gulf of Guayaquil (Ecuador). Geomorphology 65, 223–239.

Dumont, J.F., Santana, E., Valdez, F., Tihay, J.P., Usselmann, P., Iturralde, D. and Navarrete, E., 2005. Fan beheading and drainage diversion as evidence of a 3200-2800 BP earthquake event in the Esmeraldas-Tumaco seismic zone: A case study for the effects of great subduction earthquakes. Geomorphology, in press.

Dury, G.H., 1970. General theory of meandering valleys and underfit streams. In: Dury, G.H. (Ed.), River and River Terraces. Mc Millan, London, pp. 264–275.

Ego, F., Sebrier, M., Lavenu, A., Yepes, H., Eguez, A., 1996. Quaternary state of stress in the Northern Andes and the estraining bend model for the Ecuadorian Andes. Tectonophysics 259, 101–116.

Eguez, A., Alvarado, A., Yepez, H., Machette, M.N., Costa, C., Dart,R.L., 2003. Database and map Map of Quaternary faults and foldsof the Ecuador and its offshore regions. International LithosphereProgram Task Group II-2, Major Active faults of the world, U. S.Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Denver.

Evans, C.D.R., Whittaker, J.E., 1982. The geology of the western part of the Borbo´n Basin, North west Ecuador: Trench forearc Geology. Geological Society of London 10, 191– 200.

Fitch, T.J., Scholz, C.H., 1971. Mechanism of underthrusting in Southwest Japan: a model of convergent plate interactions. Journal of Geophysical Research 76 (29), 7260–7292.

González, J.L., Correa, I.D., Aristiza´bal, O., 2002. Evidencias de subsidencia cosý´smica en el delta del San Juan. In: Correa, I.D.a.R.J.D. (Ed.), Geologý´a y Oceanografý´a del delta del Rý´o San Juan, Litoral Pacifico Colombiano. Universidad EAFIT, Medellý´n, pp. 91– 110.

Gutscher, M.A., Malavieille, J.S.L., Collot, J.-Y., 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. Earth and Planetary Science Letters 168, 255– 270.

Herd, D.G., Youd, T.L., Meyer, H., Arango, C.J.L., Person, W.J., Mendoza, C., 1981. The Great Tumaco Colombia earthquake of 12 December 1979. Science 211, 441– 445.

IGM, 1991. Esmeraldas, Hoja NII-NA 17-15. Instituto Geogra´fico Militar, Quito.

IGM, 1992a. Ibarra, Hoja N¯II,NA, 17,18,16. Instituto Geogra´fico Militar, Quito.
IGM, 1992b. San Lorenzo, Hoja N¯I, NA 17-12. Instituto Geogra´ficoMilitar, Quito.
Kelleher, J.A., 1972. Ruptures zones of large South American earthquakes and some predictions. Journal of Geophysical Research 77 (11), 2087–2103.

Keller, E.A., Pinter, N., 2002. Active tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape. Prentice Hall, Upper Saddle River. 206 pp.

Kellogg, J.N., Vega, V., 1995. Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: constraints from Global Positioning System geodetic studies and

gravity. In: Mann, P. (Ed.), Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America, Geol. Soc. Am. Spec. Pap., vol. 295, pp. 75– 90.

Ortlieb, L., Barrientos, S., Guzman, N., 1996. Coseismic coastal uplift and coraline algae record in northern Chile: the 1995 Antofogasta earthquake case. Quaternary Science Reviews 15, 949– 960.

Pedoja, K., 2003. Les terrasses marines de la marge Nord Andine (Equateur et Nord Pe´rou): relations avec le contexte ge´odynamique. Ph.D Thesis, Universite´ Pierre et Marie Curie, Paris, 350 pp.

PRONAREG-ORSTOM, 1984. Ibarra, Mapa Morfo-Pedolo´ gico. Ministerio de Agricultura y Ganaderý´a, Quitp.

PRONAREG-ORSTOM, 1984. Tulcan, Mapa Morfo Pedolo´ gico. Ministerio de Agricultura y Ganaderý´a, Quito.

PRONAREG-ORSTOM, 1984. Valdez, Mapa Morfo-Pedolo´ gico. Ministerio de Agricultura y Ganaderý´a, Quito.

Santana, E., Dumont, J.F., 2002. The San Lorenzo Fault, a new active fault in relation to the Esmeraldas–Tumaco seismic zone. 5th International Symposium on Andean Geodynamics. IRD, Toulouse, pp. 577–580.

Santana, E., Dumont, J.F., King, A., 2001. Los efectos del fenomeno El Nin˜o en la ocurencia de una alta tasa de erosion costera en el sector de Punta Gorda, Esmeraldas. Acta Oceanografica del Pacifico 11 (1), 1 –5.

Scheu, E., 1911. Le grand tremblement de terre de la Colombie (Monographie de quelques grands se´ismes de l'anne´e 1906). Catalogue Re´gional des Tremblements de Terre Ressentis Pendant L'anne´e 1906, Strasbourg, France, pp. 36–44.

Schumm, S.A., Dumont, J.F., Holbrook, J.M., 2000. Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge University Press, Cambridge. 276 pp.

Smith, N.D., Cross, T.A., Dufficy, J.P., Clough, S.R., 1989. Anatomy of an avulsion. Sedimentology 36, 1– 23.

Swenson, J.L., Beck, S.L., 1996. Historical 1942 Ecuador and 1942 Peru subduction earthquakes, and earthquakes cycles along Colombian–Ecuador and Peru subduction segments. PAGEOPH 146 (1), 67–101.

Tihay, J.P., Usselmann, P., 1995. Medio ambiente y ocupacio´n humana en el litoral Pacý´fico Colombo-ecuatoriano. In: Guinea, J.F.B.y.J.M.M. (Ed.), Cultura y Medio Ambiente en el Area Andina Septentrional. Abya-Yala, Quito, pp. 377– 399.

Valdez, F., 1987. Proyecto Archeologico bLa TolitaQ. Museos del Banco Central del Ecuador, Quito. 91 pp.

Winckell, A., Zebrowski, C., 1997. Los paisajes costeros. In: Winckel, A. (Ed.), Los Paisajes Naturales del Ecuador. Geografía Básica del Ecuador. CEDIG, Quito, pp. 208–319.

Witt, C., 2001. Análisis de la deformación reciente y potencialmente activa con base a imágenes radar, fotos aéreas, DEM y observaciones microtectónicas en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Tesis de Ingeniero, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 122 pp.

EL ECUADOR Y LA CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR

Por:

Giorgio de la Torre [1]

1. La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR). La CONVEMAR ha sido catalogada como uno de los logros más significativo en materia de derecho internacional, constituyéndose en la actualidad en una verdadera "constitución para los océanos" que norma con carácter positivo todos los aspectos relacionados con el mar. La CONVEMAR establece y define por vez primera espacios marítimos perfectamente delimitados como Aguas Interiores, el Mar Territorial, la Zona Contigua, la Zona Económica Exclusiva (ZEE), y la Alta Mar, normando los aspectos relacionados con su jurisdicción y soberanía, así como con la exploración y explotación de su recursos naturales. De igual manera, esta Convención abarca aspectos trascendentales relacionados con la protección y conservación del medio ambiente marino; la investigación científica; la transferencia de tecnología; la exploración, explotación, y administración de la "Zona" de los fondos marinos y oceánicos mas allá de los límites de jurisdicción de un Estado; y el sistema de arreglo y solución pacifica de controversias; entre otros.

(1) Secretaría Técnica de la Comisión Nacional de los Derechos del Mar - INOCAR, Base Naval Sur , Avda. Pto Marítimo- P.O.Box 5940. Guayaquil, Ecuador.

2. Aspectos innovadores de la CONVEMAR[1]

"La CONVEMAR contempla una serie de aspectos que, a nivel mundial, no estaban definidos ni regulados; por lo tanto constituyen verdaderas innovaciones de gran trascendencia que facilitan el funcionamiento del régimen jurídico de los mares. Entre las más relevantes innovaciones se mencionan las siguientes:

- Definición de mar territorial y la determinación de su anchura, lo cual había sido motivo de disputas entre países que tenían diferentes conceptuaciones y diferentes criterios para determinar su extensión.

- Establecimiento de Zonas Marítimas, perfectamente delimitadas como el Mar Territorial, La Zona Económica Exclusiva (ZEE), Zona Contigua y la Alta Mar, en las cuales el Estado ejerce jurisdicción y soberanía para la aplicación de sus leyes y la explotación de los recursos.

- Conceptuación de Estado Archipielágico como entidad geográfica, económica y política intrínseca (Art. 46).

- El régimen de islas (Art. 121) que define a las mismas y sus zonas marítimas.

- La Zona (fondos marinos, fuera de los límites de las jurisdicción nacional) que establece disposiciones para la explotación de los recursos minerales de los fondos marinos bajo la filosofía que constituye patrimonio común de la humanidad.

- Libertad de investigación científica y el nuevo régimen de transmisión de tecnología en materias marítimas (Parte XIII y XIV), lo cual permitirá el desarrollo científico y la cooperación técnica entre los Estados. Esto es de gran beneficio para los países en desarrollo.

- Solución de controversias (Parte XV) que establece la obligación de resolver las mismas por medios pacíficos y con un procedimiento adecuado en el cual pueden intervenir varios organismos como el Tribunal Internacional del Derecho del Mar y la Corte Internacional de Justicia (Art. 287).

- La mayor parte de estas innovaciones fueron adoptadas por consenso a excepción de la parte XI, relativa a la Zona, por lo cual fue necesario que se adopte posteriormente un Acuerdo para la aplicación de esta Parte."

3. La Comisión Nacional sobre el Derecho del Mar

En reconocimiento a la importancia que tiene para los intereses nacionales ser parte de esta Convención, el 19 de julio del 2002 se crea mediante Decreto Ejecutivo No. 2980, publicado en el Registro Oficial No 628, del 29 de Julio del 2002, la COMISIÓN NACIONAL SOBRE EL DERECHO DEL MAR (CNDM). Dicha Comisión es un organismo de alto nivel, adscrito a la Presidencia de la Republica, que tiene como objetivo principal el propiciar la adhesión del Ecuador a la CONVEMAR, iniciar los estudios para el máximo aprovechamiento de sus disposiciones, promover su difusión y asesorar a las instancias

respectivas de las Funciones Ejecutiva y Legislativa sobre las ventajas de la adopción de la misma por parte del Ecuador.

En lo referente a su organización técnico-administrativa, la CNDM esta conformada por las Secretarías Ejecutiva y Técnica encabezadas por el Director Nacional de Soberanía y el Director General de Intereses Marítimos, respectivamente. De estas dos Secretarías dependen a la vez las Subcomisiones Jurídica y de Difusión, en el caso de la Secretaría Ejecutiva; y la Subcomisión Técnica, en el caso del la Secretaria Técnica.

3.1 La Secretaria Técnica de la CNDM

En el campo técnico-científico, la Secretaria Técnica de la CNDM, a través de una Subcomisión Técnica integrada por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Instituto Geográfico Militar (IGM), y Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), lleva a cabo una serie de estudios tendientes a procurar la adhesión de nuestro país a la CONVEMAR en condiciones favorables a los intereses nacionales. De manera general, estos estudios se agrupan dentro de dos grandes proyectos. El primero, tendiente a trazar con altos estándares de calidad y apego a la normativa técnica de la CONVEMAR, las Líneas de Base en nuestro país, tanto en la región continental como insular, a partir de las cuales se definirán y delimitarán los espacios marítimos a los cuales tendría acceso nuestro país en el marco jurídico de la Convención. El segundo proyecto, se encamina a sustentar en primer lugar el concepto de prolongación natural de la Cordillera de Carnegie respecto al Archipiélago de Galápagos, y a partir de esto, a plantear la extensión del límite externo de la Plataforma Continental de nuestro país mas allá del de las 200 millas establecidas en la Convención.

4. Plataforma Continental

La CONVEMAR define la Plataforma Continental de un Estado ribereño como la prolongación natural de su territorio que se extiende mas allá de su Mar Territorial , comprendiendo el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas. De acuerdo a dicha Convención, la Plataforma se extiende hasta el borde exterior del Margen Continental (Figura 1) o bien hasta una distancia de 200 millas marinas, contadas desde las Líneas de Base a partir de las cuales se mide la anchura del Mar Territorial, en los casos en que el borde exterior del Margen no llegue a esa distancia. La CONVEMAR reconoce el derecho de "las islas" (no Estados archipielágicos necesaria y exclusivamente) de contar con Mar Territorial, Zona Contigua, Zona Económica Exclusiva, y Plataforma Continental, ejerciendo soberanía y jurisdicción, y cumpliendo con las obligaciones que demanda la Convención en condiciones iguales a las aplicadas en las áreas continentales. El párrafo anterior permite clarificar definiciones y conceptos, así como el alcance normativo de esta Convención en relación a la Plataforma Continental de un Estado. En tal sentido, el término Plataforma Continental y su normativa se aplica tanto en el área continental como insular independiente del calificativo "Continental", incluyendo de manera implícita el término Margen Continental, cuyo borde exterior define el límite de dicha Plataforma.

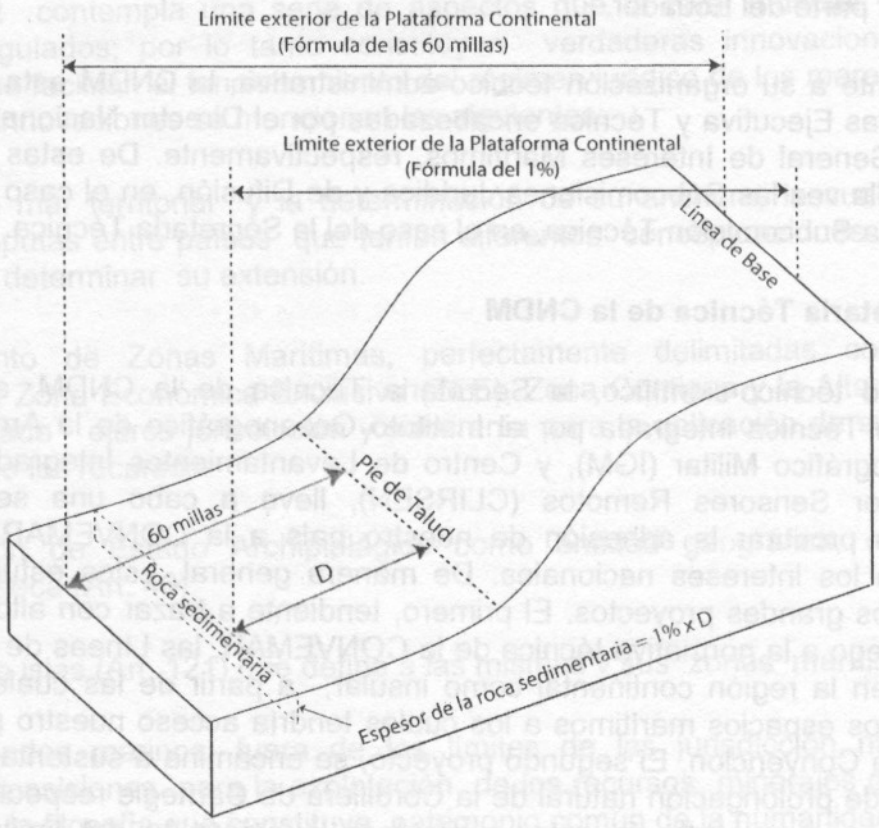


Figura 1. Representación esquemática de los componentes naturales de un Margen Continental de acuerdo a las definiciones establecidas por la CONVEMAR.

El derecho otorgado por la CONVEMAR, a un Estado, de ampliar la extensión de sus plataformas más allá de las 200 millas marinas se encuentra supeditado a la ejecución y exitosa demostración de la llamada Prueba de Pertenencia. En dicha Prueba se deberá sustentar técnica y científicamente que el borde exterior de su Margen Continental se extiende más allá de las 200 millas marinas y que dicha extensión abarca la **"prolongación natural"** de su territorio. Ambas consideraciones poseen un carácter geológico, geofísico y geomorfológico implícito, complejo en su naturaleza y alcance. En el primer caso, la extensión del borde externo del Margen Continental implica un prolongación hacia el mar de la transición geológica, geofísica y/o geomorfológica entre las masas continental y oceánica, mientras que en el segundo caso la condición de "prolongación natural" define el hecho de que el segmento de Margen extendido debe ser de igual naturaleza geológica, geofísica y/o geomorfológica que aquella del Margen Continental.

2 **El Margen Continental** comprende la prolongación sumergida de la masa continental del Estado ribereño y esta constituido por el lecho y el subsuelo de la plataforma, el talud y la emersión Continental. No comprende el fondo oceánico con sus cordilleras oceánicas y sus subsuelos (CONVEMAR, Artículo 76, Párrafo 3).

[3] Salvo disposición de lo contrario, la **Línea de Base** desde la cual se mide la extensión del Mar Territorial es la línea de bajamar a lo largo de la costa, misma que ha sido denominada como Línea de Base Normal (CONVEMAR, Artículo 5). Se utilizarán Líneas de Base Rectas en lugares que la costa
tenga profundas aberturas y escotaduras o en los que haya una franja de islas a lo largo de la costa situada en su proximidad inmediata (CONVEMAR, Artículo 7).

La Convención, ha través de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental[2] (CLPC), ha establecido lineamientos técnico-científicos a fin de determinar el límite exterior o envolvente de la Plataforma Continental de un Estado en aquellos casos en los cuales se plantea su extensión. Dichos lineamientos han sido denominados "Formulas" y establecen que dicho límite estará definido por puntos geográficos que resultaren del trazado de líneas a 60 millas desde el Pie del Talud[3], o a una distancia en que el espesor de la roca sedimentaria es al menos del 1% de la distancia mas corta desde ese punto hasta el Pie del Talud (Figura 2). El carácter positivo de la Convención ampara el uso de la Fórmula que resulte en la mayor ampliación posible del límite exterior, permitiendo por lo tanto su empleo combinado y alterno. Lo anterior implica, que los puntos que definen este límite podrán ser empleados en tanto satisfagan una de las dos Fórmulas, no necesariamente ambas. Como norma complementaria, la CLPC establece que los puntos determinados a partir del uso de las Formulas podrán ser empleados en tanto mantengan entre si una distancia no mayor a 60 millas marinas.

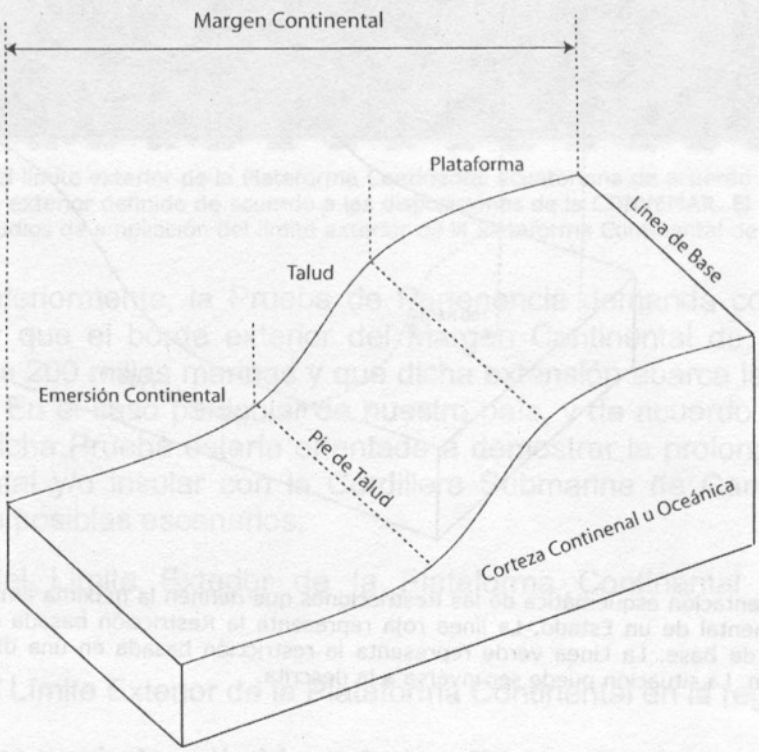


Figura 2. Representación esquemática de las Fórmulas que definen el límite exterior de la Plataforma Continental de un Estado. La línea verde representa la Fórmula del límite trazado a 60 millas medidas desde el pie del talud. La Línea roja representa la Fórmula del límite trazado a un punto en el cual el espesor de la roca sedimentaria es igual al 1% de la distancia desde dicho punto hasta el pie de talud. La situación puede ser inversa a la descrita, es decir, siendo mayor la extensión del límite exterior de la Plataforma mediante la aplicación de la Fórmula del 1%.

De Igual manera, la CLPC establece dos normas limitantes denominadas "Restricciones", mismas que delimitan la máxima ampliación del límite exterior de la Plataforma Continental a la que un Estado puede acceder mediante la aplicación de las Fórmulas.

[4] Institución creada por la CONVEMAR, cuya finalidad es el facilitar la implementación de la normativa de la Convención en lo referente al establecimiento del límite exterior de la Plataforma Continental de un Estado en aquellos casos en que la misma se extienda más allá de las 200 millas marinas.

Dichas Restricciones establecen que este límite no deberá ampliarse más allá de 350 millas marinas medidas desde las Líneas de Base desde las cuales se mide la anchura del Mar Territorial, o 100 millas marinas desde la isóbata de los 2500 m (Figura 3). De manera similar al caso de aplicación de las Formulas, el carácter positivo de la CONVEMAR ampara el hecho de que el límite exterior establecido mediante la aplicación de dichas Formulas será valido en tanto se enmarque en una de las dos Restricciones, no necesariamente en ambas.

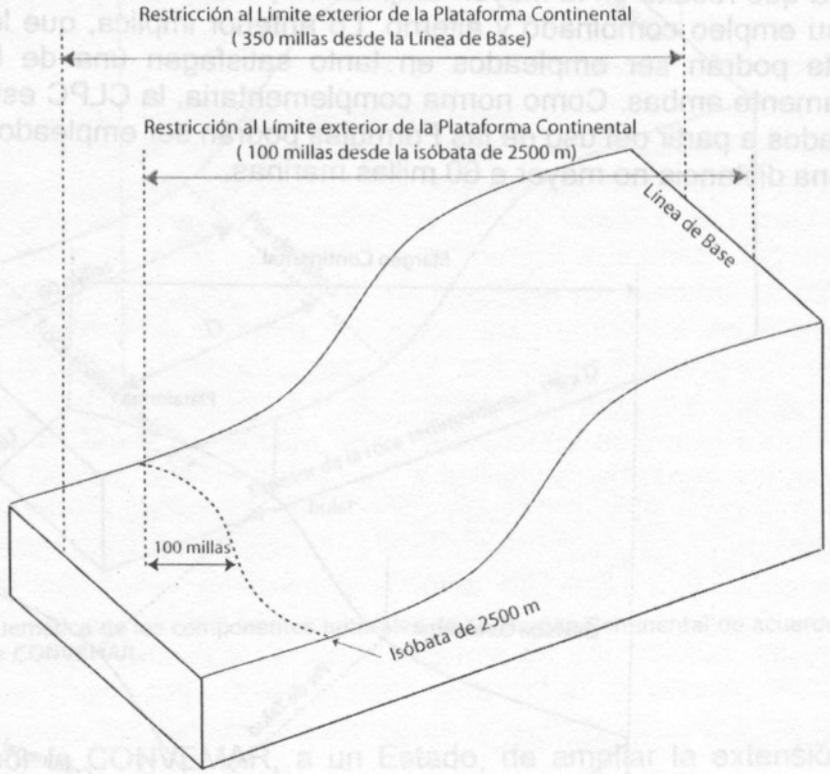


Figura 3. Representación esquemática de las Restricciones que definen la máxima ampliación del límite exterior de la Plataforma Continental de un Estado. La línea roja representa la Restricción basada en una distancia de 350 millas desde las Líneas de Base. La Línea verde representa la restricción basada en una distancia de 100 millas desde la isóbata de 2500 m. La situación puede ser inversa a la descrita.

5. La Plataforma Continental Ecuatoriana: Límite exterior y escenario de extensión

El reconocimiento de la CONVEMAR al derecho de todos los Estados ribereños y archipielágicos de contar con una Plataforma Continental de al menos 200 millas marinas, favorece ampliamente los intereses de nuestro país. En la actualidad la definición del Código Civil ecuatoriano determina en nuestro país una plataforma con extensión de apenas 13 a 50 millas marinas en el continente en razón de sus características geomorfológicas. Esta restricción es aún más evidente en la región insular, donde el prominente gradiente batimétrico en el borde externo de sus islas resulta en una Plataforma con extensión no mayor a 3 millas marinas en varias regiones (Figura 4).

[5] Dentro de los lineamientos técnico-científicos de la CLPC, el Pie de Talud ha sido definido como el máximo cambio de gradiente batimétrico. En caso de no ser posible definirlo por este método, se establece el uso de técnicas geológicas y/o geofísicas para determinar su localización.

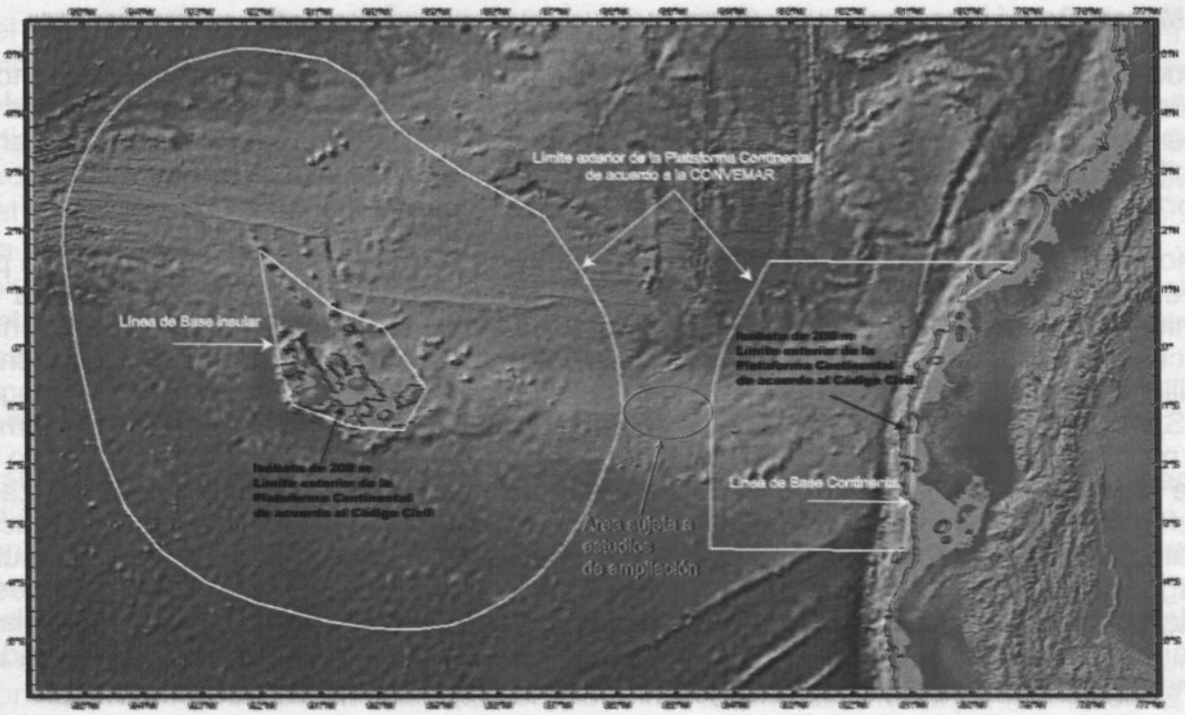


Figura 4. Comparación entre el límite exterior de la Plataforma Continental ecuatoriana de acuerdo a lo establecido en el Código Civil, versus el límite exterior definido de acuerdo a las disposiciones de la CONVEMAR. El ovalo rojo encierra el área geográfica sujeta a estudios de ampliación del límite exterior de la Plataforma Continental de nuestro país.

Como se mencionó anteriormente, la Prueba de Pertenencia demanda como condición fundamental demostrar que el borde exterior del Margen Continental de un Estado se extiende más allá de las 200 millas marinas y que dicha extensión abarca la prolongación natural de su territorio. En el caso particular de nuestro país, y de acuerdo a lo detallado en las Figuras 4 y 5, dicha Prueba estaría orientada a demostrar la prolongación natural de las masas continental y/o insular con la Cordillera Submarina de Carnegie. En tal sentido se plantean dos posibles escenarios:

a) la ampliación del Límite Exterior de la Plataforma Continental en la región continental.

b) la ampliación del Límite Exterior de la Plataforma Continental en la región insular

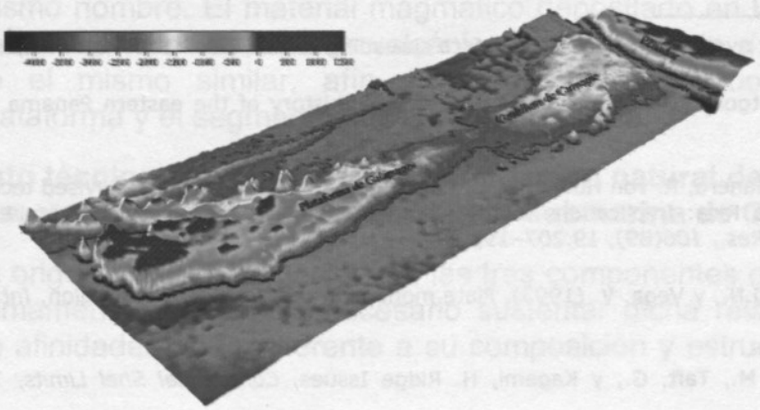


Figura5. Mapa batimétrico del segmento sur de la Provincia Volcánica de Galápagos en el cual se observa la continuidad morfológica del lineamiento formado por el Archipiélago de Galápagos, su Plataforma y la Cordillera Submarina de Carnegie.

5.1 Marco Geológico

Siendo la Cordillera de Carnegie el principal elemento de análisis dentro de la potencial ampliación del límite exterior de nuestra Plataforma Continental, es procedente revisar de manera breve el marco geológico y tectónico en el que se originó y evoluciona. Lo anterior permitirá discernir de mejor manera la factibilidad de considerar o no su carácter de prolongación natural de las masas continental y/o insular.

La morfología de la Provincia Volcánica de Galápagos (PVG) (Figura 6) se caracteriza por la presencia de un marco geológico y tectónico complejo, matizado por la existencia de prominentes cordilleras submarinas de carácter asísmico (carentes de sismicidad), entre las cuales destacan Carnegie, Cocos, Malpelo, y Coiba. La formación de dichas cordilleras ha sido atribuida a la interacción del Punto Caliente de Galápagos (Galápagos Hot Spot) con la Dorsal o Centro de Divergencia del mismo nombre durante los últimos ~23 millones de años[4,5,6]. Durante este periodo, nuevo suelo oceánico fue formado (y sigue siendo formado) a lo largo de dicha Dorsal, siendo subsecuentemente desplazado lateralmente en dirección norte-sur (divergencia), dando así origen a las Placas Oceánicas de Nazca y Cocos. Esta divergencia y subsiguiente desplazamiento norte-sur a lo largo de la Dorsal de Galápagos, sumado a un similar proceso en dirección este-oeste a lo largo de la Dorsal del Pacifico Este, ha derivado en el movimiento noreste de la Placa Oceánica de Cocos y este-sureste de la Placa Oceánica de Nazca, a una velocidad promedio de ~83 km/ma y ~58 km/ma, respectivamente[7].

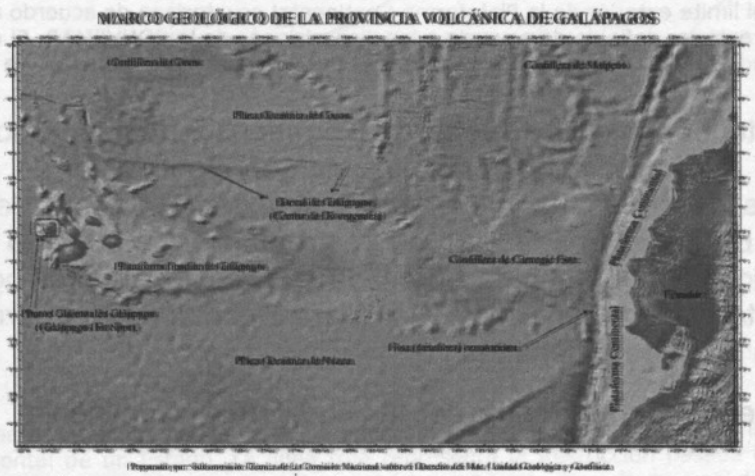


Figura 6 Escenario Geológico de la Provincia Volcánica de Galápagos

[6] Hey, R. (1977), Tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center, *Geol. Soc. Am. Bull., 88*, 1404–1420.

[7] Lonsdale, P. y K. D. Klitgord (1978), Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin, *Geol. Soc. Am. Bull., 89*, 981–999.

[8] Barckhausen, U., C. R. Ranero, R. von Huene, S. C. Cande, y H. A. Roeser (2001), Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models, *J. Geophys. Res., 106*(B9), 19,207–19,220.

[9] Freymuller, J.T., Kellog, J.N., y Vega, V. (1993), Plate motions in the North-Andean region, *Int. J. Geophys. Res., 98*, 21853–21863.

[10] Symonds, Ph., Coffin, M., Taft, G., y Kagami, H. Ridge Issues, *Continental Shel Limits, The Scientific al Legal Interface*, 295-307

En el marco de este complejo escenario geológico y tectónico, la Cordillera Submarina de Carnegie tuvo su origen y evolución como resultado del movimiento de la Placa Oceánica de Nazca sobre el Punto Caliente de Galápagos, mismo que ha permanecido fijo a través del tiempo en los alrededores de lo que en la actualidad es la Isla Fernandina. Este proceso se ha mantenido activo durante los últimos ~20 millones de años, constituyéndose el Archipiélago de Galápagos en el elemento de mas reciente formación en la PVG. Como consecuencia de su formación sobre la Placa Oceánica de Nazca y la convergencia de dicha Placa con la Placa de América del Sur (en la cual se localiza nuestro país) esta cordillera ha sufrido un proceso de subducción desde hace varios millones de años.

5.4 Extensión en la Región Insular

Considerando el marco geológico y tectónico antes descrito, en la región continental existiría una probabilidad reducida de superar con éxito una Prueba de Pertenencia en razón al origen, naturaleza, evolución, composición y estructura de cordilleras submarinas como la de Carnegie. En tal sentido, las cordilleras submarinas que se originan por la interacción de un punto caliente con un centro de divergencia tienen una naturaleza netamente oceánica, en términos de estructura y composición, muy diferente a aquella encontrada en el área continental. Es necesario mencionar sin embargo, la existencia de argumentos aislados a favor de la incorporación de dichas cordilleras como componentes naturales del Margen Continental a raíz de la disrupción del proceso normal de subducción del suelo oceánico. Bajo este escenario, se plantea la posibilidad de considerar la cordillera como componente natural del Margen Continental y como tal representar su prolongación natural. El sustento de este concepto, sin embargo, ha sido catalogado como "poco probable" por expertos en la materia[8], en razón de la complejidad técnico-científica y legal del mismo.

Los argumentos que refutan la posibilidad de ampliación en la región continental ofrecen por el contrario, un escenario propicio para plantear técnica y científicamente la probabilidad de ampliación del límite exterior de nuestra Plataforma Continental en la región insular. En dicha región, el Archipiélago de Galápagos, su Plataforma y la Cordillera Submarina de Carnegie están íntimamente ligadas por su origen, evolución, naturaleza, composición y estructura. Como se mencionó anteriormente, tanto el Archipiélago de Galápagos como la Cordillera Submarina de Carnegie tuvieron su origen como resultado de la interacción del Punto Caliente de Galápagos y el Centro de Divergencia del mismo nombre. El material magmático depositado en la Placa de Nazca ha impreso en ellas un carácter netamente volcánico en lo referente a su composición y estructura, siendo el mismo similar, afín y lateralmente continuo a lo largo del Archipiélago, su Plataforma y el segmento oeste de la Cordillera.

5.3 Breve sustento técnico-científico de la prolongación natural del Archipiélago de Galápagos, su Plataforma y de la Cordillera Submarina de Carnegie

Pese a que por su origen y evolución tectónica, las tres componentes de nuestro análisis se encuentran íntimamente ligadas, es necesario sustentar dicha relación a través del establecimiento de afinidades en lo referente a su composición y estructura, para lo cual

[8] Canales, J. P., G. Ito, R. S. Detrick, y J. Sinton (2002), Crustal thickness along the western Galápagos spreading center and the compensation of the Galápagos hotspot swell, *Earth Planet. Sci. Lett., 203*, 311-327.

se hace necesario a su vez centrar nuestra atención, entre otros, en los elementos geológicos, geofísicos, geoquímicos, y/o geomorfológicos que las caracterizan y definen.

En lo referente a su composición, el origen común a partir de la interacción del Punto Caliente de Galápagos y el Centro de Divergencia del mismo nombre ha impreso en ellas características geoquímicas afines, las cuales son plenamente identificadas no solo a lo largo de su eje sino también en las cuencas oceánicas que las rodean. La influencia del punto caliente ha sido estimada por algunos autores[9] en el orden de los ~350 km (~195 millas marinas) alrededor de la posición estimada del Punto Caliente de las Galápagos, lo cual abarca aproximadamente la totalidad de la extensión de Plataforma (definida de acuerdo a las disposiciones de la CONVEMAR) alrededor del Archipiélago de Galápagos.

El origen volcánico del Archipiélago de Galápagos, su Plataforma, y de la Cordillera Submarina de Carnegie, ha ocasionado no solo la presencia de características geoquímicas afines, sino también la definición de una corteza oceánica cuya estructura refleja la influencia constante y lateralmente continua del Punto Caliente. Varios experimentos de refracción sísmica en la región han permitido determinar una estructura de corteza caracterizada por su uniformidad en relación a las capas en que se divide internamente. La mayor característica de esta estructura esta dada por el engrosamiento de sus capas inferiores, la cual es de igual forma lateralmente continua[10]. En ausencia de experimentos de refracción sísmica, campos potenciales como gravedad han sido empleados para modelar las características estructurales de la región, reafirmando las observaciones realizadas mediante técnicas acústicas[11]. Si bien tanto los estudios sísmicos como la modelación de campos potenciales han determinado variaciones en el espesor total de la corteza oceánica a lo largo del eje de la Cordillera y en el Archipiélago de Galápagos, las mismas no han sido atribuidas a diferencias en el mecanismo de origen, ni a alteraciones en el volumen del material volcánico producido por el Punto Caliente. Dichas variaciones, por el contrario, han sido asociadas al complejo escenario tectónico en que se desarrollo la PVG, de manera particular a cambios en la posición relativa del Centro de Divergencia respecto al Punto Caliente de Galápagos, lo cual tuvo incidencia en la cantidad de material volcánico depositado en la Placa de Nazca[12] (el monto de material volcánico depositado por el Punto Caliente).

En lo relacionado a la geomorfología dominante en la región, el Archipiélago de Galápagos, su Plataforma y la Cordillera Submarina de Carnegie forman un lineamiento lateralmente continuo a lo largo de su eje. Al igual que las variaciones en el espesor de la corteza a lo largo de este lineamiento, la existencia de cambios batimétricos pronunciados a lo largo de la Cordillera esta directamente asociada a cambios en el monto de material

---

[12] Sallarès, V., P. Charvis, E. R. Flueh, J. Bialas, y the SALIERI Scientific Party (2005), Seismic structure of the Carnegie Ridge and the nature of the Galápagos melt anomaly, *Geophys. J. In., 161, 763-768.*

[13] De La Torre, G. (2005), The Cristal Structure of Carnegie Ridge inferred from Gravity and Seismic Data, M.S Thesis, Texas A&M University.

[14] Sallarès, V. and P. Charvis (2003), Crustal thickness constraints on the geodynamic evolution of the Galápagos Volcanic Province, *Earth Planet. Sci. Lett., 214*, 545-559.

volcánico depositado en la Placa de Nazca y no a variaciones en el volumen del material producido por el Punto Caliente o diferencias en el mecanismo de origen.

La evolución tectónica de la PVG, y de manera particular de la región de interés para los fines de ampliación de límite exterior de nuestra Plataforma Continental, ha determinado la progresión en edad de los segmentos de Cordillera en dirección este-oeste, siendo los mas recientes aquellos localizados en las proximidades del Punto Caliente (Archipiélago de Galápagos). Esta progresión ha sido confirmada por varios autores mediante dataciones de muestras de rocas recolectadas a lo largo del eje de la Cordillera13 y en el Archipiélago de Galápagos14, así como mediante la reconstrucción paleogeográfica de esta provincia volcánica15. Lo anterior, reafirma la continuidad lateral de los lineamientos morfológicos en esta región y en consecuencia el carácter de prolongación natural necesario en una Prueba de Pertenencia.

La afinidad geoquímica, estructural y geomorfológica antes descrita, junto a otros parámetros geológicos y geofísicos complementarios constituye la principal herramienta de sustento técnico-científico para la demostración de la prolongación natural de la Cordillera Submarina de Carnegie con respecto al Archipiélago de Galápagos y su Plataforma. Si bien muchas mas componentes podrían ser consideradas en dicha demostración, los aquí descritos son mutuamente complementarios en términos de su relación con el origen y evolución tectónica de la región.

5.4 Área geográfica sujeta a una potencial ampliación y su delimitación de acuerdo a las disposiciones de la CONVEMAR.

De acuerdo a lo detallado en la Figura 4, el segmento de la Cordillera localizado entre ~84.5° W y 86.25° W define el área a ser empleada para la ampliación del límite exterior de la Plataforma Continental de nuestro país en la región insular. Si bien los elementos de sustento técnico anteriormente descritos proveen dicho sustento en una escala regional, para los fines de la CONVEMAR se avizora la necesidad de incrementar la cantidad y variedad de estudios en este segmento de Cordillera con el propósito de lograr la resolución y calidad requerida en una Prueba de Pertenencia.

Una vez que el sustento técnico-científico de prolongación natural haya sido debidamente satisfecho, el paso siguiente consiste en aplicar las Fórmulas establecidas por la CLPC a fin de establecer el límite exterior de la Plataforma Continental ampliada. Dicha ampliación está delimitada a su vez, por las Restricciones establecidas por esta Comisión. En lo referente al establecimiento del límite exterior, en primer lugar es necesario establecer el Pie de Talud del segmento de Cordillera antes nombrado, mismo que será determinado en sus flancos norte y sur a fin de marcar la transición de suelo oceánico con "corteza engrosada", la cordillera; y suelo oceánico "normal"; su cuenca oceánica adyacente. En este punto, es necesario destacar las complicaciones inherentes a esta primera etapa, en razón de la compleja geomorfología que caracteriza a dichos flancos. En tal sentido, la definición de Pie de Talud mediante la determinación del máximo cambio en gradiente batimétrico sería posible únicamente en el flanco norte de la Cordillera en razón de su notorio carácter escarpado Por el contrario, su ausencia en el flanco sur ocasionaría la

imposibilidad de identificar clara y precisamente el máximo gradiente batimétrico, lo cual haría consecuentemente necesario el aplicar técnicas geofísicas para su definición, particularmente campos potenciales como gravedad y magnetismo.

Una vez que el Pie de Talud haya sido determinado de manera apropiada, se deben aplicar una de las dos Fórmulas de fijación del limite exterior, es decir 60 millas marinas desde dicha región, o hasta un punto en que el espesor de la roca sedimentaria sea de al menos el 1% de la distancia de dicho punto al pie de talud. Cabe recordar que los puntos que definen el límite exterior deben tener un espaciamiento no mayor a 60 millas. En el caso particular de la región de interés para nuestro país, se considera que la Fórmula de las 60 millas resultaría en líneas con una mayor distancia en comparación a aquellas trazadas mediante la Fórmula del 1%, resultando por consiguiente en un límite exterior más distante. Lo anterior ha sido planteado en base al presumible reducido espesor de la roca sedimentaria en las cuencas oceánicas adyacentes a los flancos de la Cordillera, producto de su reciente formación en términos geológicos.

[15] Christie, D.M., Duncan, R.A., McBirney, A.R., Richards, M.A., White, W.M., Harpa, H.S., y Fox, C.G (1992), Drowned islands dowstream from the Galapagos hotspot imply extended speciation times, *Nature*, 355, 1400-1414.

[16] Sinton, C.W., Christie, D.M., y Duncan, R.A (1996), Geochronology of Galápagos seamounts, *J. Geophys. Res.*, 279, 60-63

[17] Meschede, M. y Barckhausen, U (2001), The relationship of the Cocos and Carnegie ridges: age constraints from paleogeographic reconstructions, *Int. J. Earth Sciences*, 90, 386-392

Una vez realizado el trazado de líneas mediante la aplicación de la Formula de las 60 millas marinas, el limite exterior de la Plataforma Continental de nuestro país quedaría definida de acuerdo a lo descrito en la Figura 7. Este límite se enmarca a su vez en la restricción de 350 millas marinas medidas desde las Líneas de Base, establecida por la CLPC como la única norma restrictiva aplicable en aquellos casos en que se establece el límite exterior de la Plataforma Continental en una cordillera submarina.

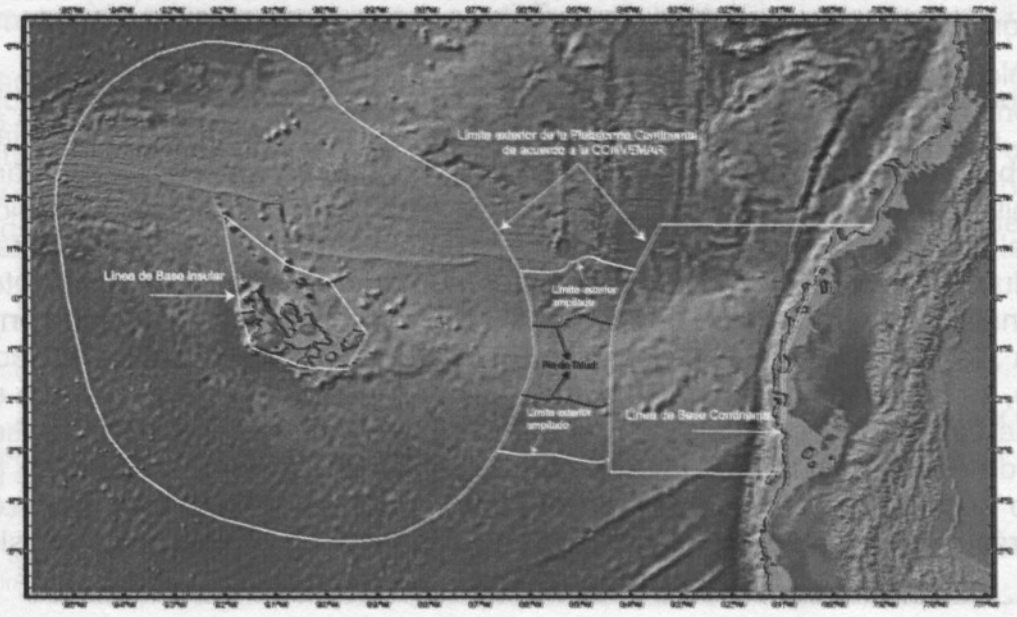


Figura 7. Escenario de ampliación del Limite Exterior de la Plataforma Continental de nuestro país

6. Reflexiones finales y trabajo a futuro

Si bien la posibilidad de plantear la extensión de la Plataforma Continental de nuestro país en la región insular es una aparente y factible realidad en virtud de análisis y estudios académicos como el aquí expuesto, no cabe duda que su real ejecución representa un desafió técnico-científico de considerable magnitud para nuestro país. Este desafió se traduce en tareas de diversa y variada índole, cuyo primer y fundamental elemento lo constituye la realización de un detallado estudio que sustente con argumentos sólidos el concepto de prolongación natural del Archipiélago de Galápagos, su Plataforma y el segmento oeste de la Cordillera de Carnegie. Cabe destacar, que como conclusiones naturales de este estudio se deberán establecer afinidades geológicas, geofísicas, geoquímicas, y morfológicas entre las componentes de nuestro estudio; mismas que en si proveerán los argumentos necesarios para sustentar el concepto de su prolongación natural. Como conclusiones paralelas de este estudio deberá igualmente considerarse el tipo, calidad y cantidad de información técnico-científica complementaria, que permita ampliar el alcance y proveer mayor y mejor sustento de dicho concepto.

Sumado a las complicaciones científicas propias de sustentar una tesis de prolongación natural, es menester considerar el complejo escenario en que dicho sustento debe darse en el marco de la CONVEMAR. Este escenario se encuentra matizado por la carencia de lineamientos claros en relación a los elementos que definen la prolongación natural de una plataforma insular y una cordillera submarina, lo cual añade complejidad al proceso de sustento. Es más, la falta de acuerdo en los elementos que definen y caracterizan cada uno de estas componentes torna aun más complicado el escenario de trabajo. Estas desventajas, sin embargo, podrían traducirse en una invaluable oportunidad de sentar en base a un estudio solidamente sustentado, lineamientos técnico-científicos apropiados que se ajusten a la normativa legal de la Convención, los cuales a su vez podrían definir el camino a seguir por otras naciones con similares escenarios de extensión.

PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ECUADOR

Artículo 76 de la ley del mar, consideraciones geológicas para la extensión de la plataforma en Galápagos más allá de las 200 millas. *

Por:
Pazmiño N. (1), Santana E. (1)

1. Introducción

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) de 1982 estableció nuevos espacios marítimos y regímenes jurídicos medidos a partir de las líneas de base. Estos espacios marítimos son: Aguas Interiores, Mar Territorial (12 MN^2), Zona Contigua (24 MN), Zona Económica Exclusiva-ZEE (200 MN), Plataforma Continental (200 MN a 350 MN), Alta Mar y el océano profundo "La Zona". Las líneas de base deben ser determinadas siguiendo principalmente la línea de costa durante bajamar y/o líneas de base recta conforme a los artículos 5 y 7 de la CONVEMAR. Ecuador actualmente mantiene en su legislación un mar territorial de 200 MN de acuerdo a lo publicado en el (Art. 628 del Código Civil), medido desde el sistema de las líneas de base rectas publicadas en el R.O. 265 de junio 13-1971.

La plataforma continental que Ecuador mantiene es de 200 millas de acuerdo a la Declaración de Santiago de 1952, y en su código civil lo establecido por la convención internacional sobre la plataforma de 1958, cuyo contenido fue usado por Ecuador para establecer como plataforma o zócalo submarino las tierras sumergidas, contiguas al territorio nacional, que se encuentren cubiertas hasta por doscientos metros de agua (Art.625 Código Civil). De acuerdo a la CONVEMAR, la plataforma comprende el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas que se extienden más allá del mar territorial, y a todo lo largo de la prolongación natural de su territorio hasta el borde exterior del margen continental, o bien hasta una distancia de 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial. Son estas incompatibilidades las que llevan a buscar los mecanismos técnicos-científicos y jurídicos necesarios para que el país establezca su jurisdicción y soberanía, acorde con los principios establecidos por la constitución para los océanos. La CONVEMAR regula la delimitación de las líneas base, los espacios marítimos, y la extensión de la plataforma más allá de las 200 millas para países con derecho aplicando el artículo 76. Ecuador ha

(1) Subcomisión técnica de la Secretaría Técnica de la Comisión Nacional del Derecho del Mar (INOCAR-Ecuador)
INOCAR – Avda. 25 de julio – Base naval Sur, Casilla 5940 – Guayaquil - Ecuador

participado activamente dentro del contexto de formación de la CONVEMAR, pero no se ha adherido a ella, razón por lo cual no puede acogerse a sus beneficios. En la Promulgación del 19 Septiembre de 1985, Ecuador usó las regulaciones de la CONVEMAR como si fuera signatario de ella, usando como base para sustentar este reclamo: investigaciones científicas de recursos naturales en el suelo y subsuelo marino, la existencia de la cordillera submarina con menos de 2500 metros de profundidad, y los límites para extensión de la plataforma mas allá de las 200 millas tal como lo reconoce la CONVEMAR, esto es las 100 millas desde la isobata de 2500 metros. Esta petición no fue aceptada por otros países como EEUU, Alemania, etc., quienes se opusieron por que se requería cumplir ciertas condiciones adicionales del artículo 76-4[3], en virtud que Ecuador baso solamente esta extensión en el articulo 76-5. Son estos antecedentes los que deben ser tomados en consideración para establecer los límites más allá de las 200 millas, sustentados en los métodos descritos en el artículo 76 de la CONVEMAR. Básicamente, los espacios marítimos deben trazarse desde líneas bases definidas dentro de la Convención. Los derechos de extensión de plataforma continental más allá de 200 millas deben establecerse definiendo el pie de talud, examinando el espesor de sedimentos y pueden existir hasta una distancia mínima de 60 millas desde el pie de talud.

Tomando como base lo anteriormente mencionado será importante para el país adherirse a la CONVEMAR, con lo cual podría acceder a sus beneficios, como la extensión de su plataforma más allá de las 200 MN si es que presenta las evidencias de prolongación natural aplicando el articulo 76 desde las Islas Galápagos..

En el presente documento se analizan algunas posibilidades de extensión de la plataforma mas allá de las 200 millas conforme lo establece el artículo 76, tomando en cuenta las directrices de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental CLCS. 11.

---

[2] *Milla Náutica*

[3] *Artículo 76*

"4. a) Para los efectos de esta Convención, el Estado ribereño establecerá el borde exterior del margen continental, dondequiera que el margen se extienda más allá de 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, mediante:

i) Una línea trazada, de conformidad con el párrafo 7, en relación con los puntos fijos más alejados en cada uno de los cuales el espesor de las rocas sedimentarias sea por lo menos el 1 % de la distancia más corta entre ese punto y el pie del talud continental; o

ii) Una línea trazada, de conformidad con el párrafo 7, en relación con puntos fijos situados a no más de 60 millas marinas del pie del talud continental.

b) Salvo prueba en contrario, el pie del talud continental se determinará como el punto de máximo cambio de gradiente en su base.

5. Los puntos fijos que constituyen la línea del límite exterior de la plataforma continental en el lecho del mar, trazada de conformidad con los incisos i) y ii) del apartado a) del párrafo 4, deberán estar situados a una distancia que no exceda de 350 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial o de 100 millas marinas contadas desde la isóbata de 2.500 metros, que es una línea que une profundidades de 2.500 metros." Derecho del Mar, texto de las Naciones Unidas, 1982.

2. Metodología

El presente análisis esta basado en la descripción morfológica del Pacífico Sur Oriental, información que ha sido compilada de varios cruceros de investigación realizados por buques de investigación nacionales y extranjeros en la región mencionada. En estos cruceros se estudió la complejidad de la geología y la tectónica del área, así como se estableció la interacción del punto caliente de Galápagos con la dorsal oceánica de Galápagos, lo cual evidenció la existencia de las cordilleras submarinas de Coiba, Malpelo, Cocos, Colon y Carnegie. Este artículo se enfoca principalmente en la Cordillera Submarina de Carnegie como el sector de mayor relevancia para ser considerado como una prolongación natural.

Paralelamente se analizan las regulaciones implementadas en el artículo 76, para verificar su aplicación, es decir las formulas para trazado de plataforma y restricciones importantes en la creación de limites exteriore. A pesar de que los datos colectados no son diseñados para este fin, sin embargo son de gran utilidad para el inicio de la fase preliminar de este estudio.

3. Descripción y Análisis del área de estudio, la Plataforma Continental Ecuatoriana

Desde el punto de vista geomorfológico la plataforma continental ecuatoriana es un margen activo definido por la placa continental sudamericano que se sumerge hasta llegar a la fosa o trinchera del Ecuador, a una distancia aproximada de 30-40 MN de la costa. La fosa ecuatoriana es irregular pues presenta profundidades que cambian abruptamente de 300 a 3000 m debido a la subducción de la placa de Nazca. La plataforma Geológica natural en la costa continental del Ecuador es muy pequeña, sin embargo, jurídicamente la CONVEMAR le beneficia al Ecuador de una plataforma jurídica de 200 millas de acuerdo a lo que establece el artículo 76.

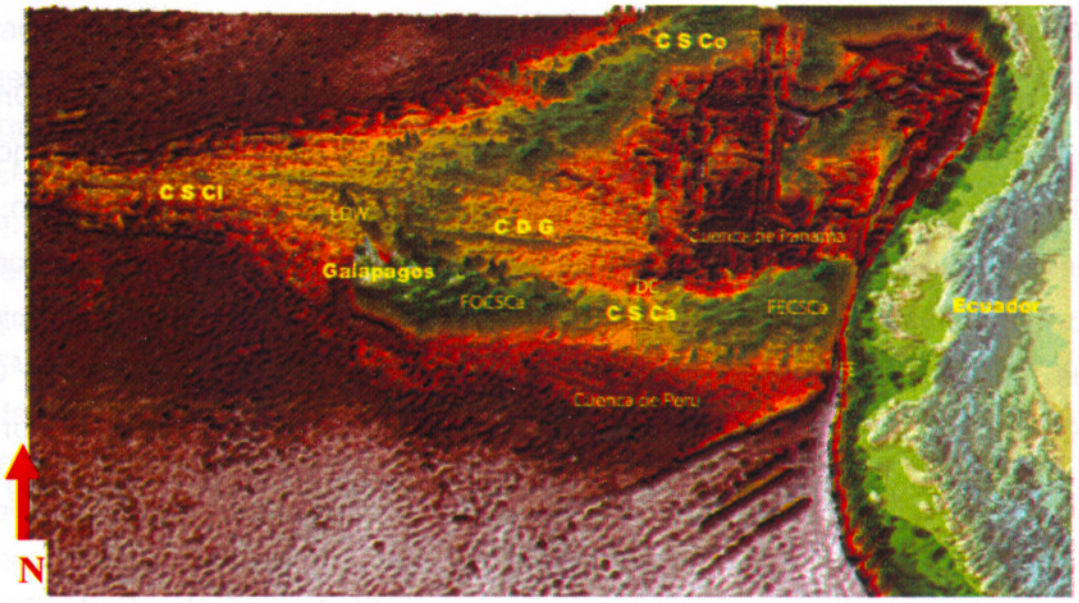


Figura 1. Modelo irregular del fondo marino en el Pacífico sur oriental. Las principales formaciones geológicas de interés son identificadas con sus respectivas abreviaturas. (Pazmiño, 2005)

CSCa: Cordillera Submarina de Carnegie
CDG: Centro de Divergencia de Galápagos
CSCo: Cordillera Submarina de Cocos
CSCl: Cordillera Submarina de Colon
FE: Fosa Ecuatoriana
LDW: Lineamientos estructurales Darwin y Wolf
DC: Depresión central de Carnegie
FOCSCa: Flanco Oeste Carnegie
FECSCa: Flanco Este de Carnegie

De acuerdo al artículo 121 de la CONVEMAR, las islas también tienen derecho a generar una plataforma al igual que en el continente, es decir que tenga o no una plataforma natural extensa, tiene derecho a una plataforma jurídica de 200 millas. El artículo 76 permite que en ciertos casos en que la plataforma natural supera las 200 millas un Estado pueda reclamar su extensión hasta un máximo de 200 millas. En el caso de las Islas Galápagos, cabría la posibilidad de que el Ecuador reclame tal extensión para lo cual se requiere completar diferentes trabajos geológicos y geofísicos ya iniciados, los mismos que permitan sustentar técnicamente que el margen de la plataforma insular cumple con los requerimientos establecidos por la CLCS. La geomorfología de las islas Galápagos esta conformada por su plataforma de origen volcánica y se extiende por las Cordilleras de Carnegie y Colón como prolongaciones naturales de su plataforma.

Ambas Cordilleras localizadas sobre la Placa de Nazca son científicamente definidas como áreas potenciales de interés para la extensión natural de la plataforma más allá de las 200 millas (Figura 1):

- La Cordillera de Carnegie, una cordillera asísmica de origen volcánico, cuyo origen es debido a la interacción del punto caliente de las Galápagos y del centro de divergencia Nazca – Cocos (Figura 2), con su forma latitudinalmente extendida desde las 600 hasta las 50 millas del continente, y con su estructura diferente a las cuencas adyacentes de Perú y Panamá.
- La Cordillera de Colón anteriormente conocida como elevación Cocos- Nazca es una continuación del centro de divergencia de las Galápagos y los lineamientos submarinos Darwin y Wolf. Su origen esta asociado a la influencia del punto caliente de Galápagos en este centro de expansión, generalmente con profundidades menores a 1800 m. El área de interés corresponde a los desplazamientos de material volcánico orientados hacia el margen derecho desde el centro de expansión, los mismos que no son evidentes en el margen izquierdo debido a la influencia del punto caliente de Galápagos (Sinton et al., 2003)

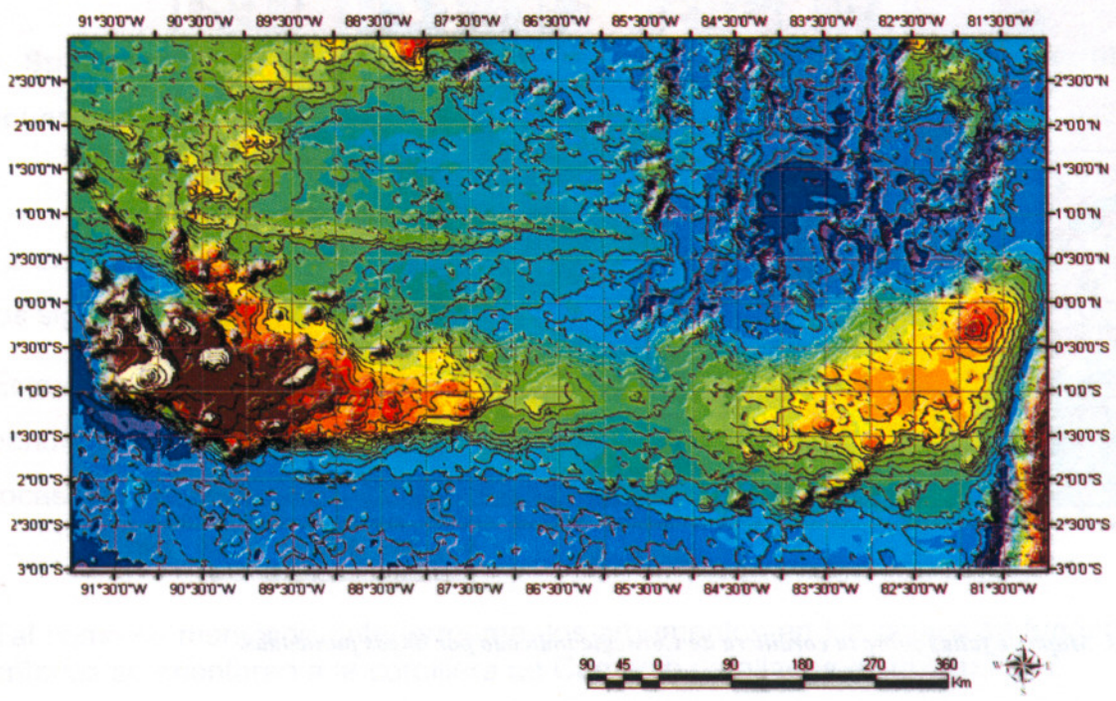


Figura 2. Batimetría del área del margen continental, se observa la cordillera submarina de Carnegie y la plataforma volcánica de Galápagos. Información compilada de datos batimétricos obtenidos por buques de investigación. Base de datos NGDC-GEOMAR-SCRIPPS-Columbia University. Procesado por (Pazmiño, 2004)

Desde el punto de vista geológico alrededor de las islas Galápagos el fondo oceánico esta caracterizado por cordilleras submarinas, que reflejan la compleja tectónica del área. Entre las principales estructuras tectónicas que conforman el contexto geológico del área de estudio se encuentran las cordilleras de Carnegie y Colón, el centro de expansión de las Galápagos, el punto caliente de Galápagos, la zona de subducción (en la fosa ecuatoriana), y los lineamientos submarinos volcánicos. El área de interés en el presente artículo se enmarca en el estudio de la Cordillera de Carnegie, en donde la acreción del material volcánico es compensada isostáticamente. Esto produce la formación de terrazas de sedimentos asentadas sobre basamento volcánico a lo largo de fallas transformantes dispuestas en dirección latitudinal (Figura 3). Argumento que puede ser utilizado en la extensión de la plataforma continental como una prolongación natural de la cordillera de Carnegie.

Adicionalmente, el origen de Carnegie se encuentra asociado con la actividad volcánica producida por la interacción del Punto Caliente de Galápagos con el Centro de Expansión de Galápagos. Esta interacción produce procesos magmáticos volcánicos que han definido su estructura. Debido a su ubicación relativa, entre el punto caliente y el centro de expansión, se ha producido la formación de las siguientes estructuras: cordilleras en los flancos este (FE) y oeste (FO) y una depresión central (DC) (Sallares et al., 2004; Hey et al., 1977, y 1995).

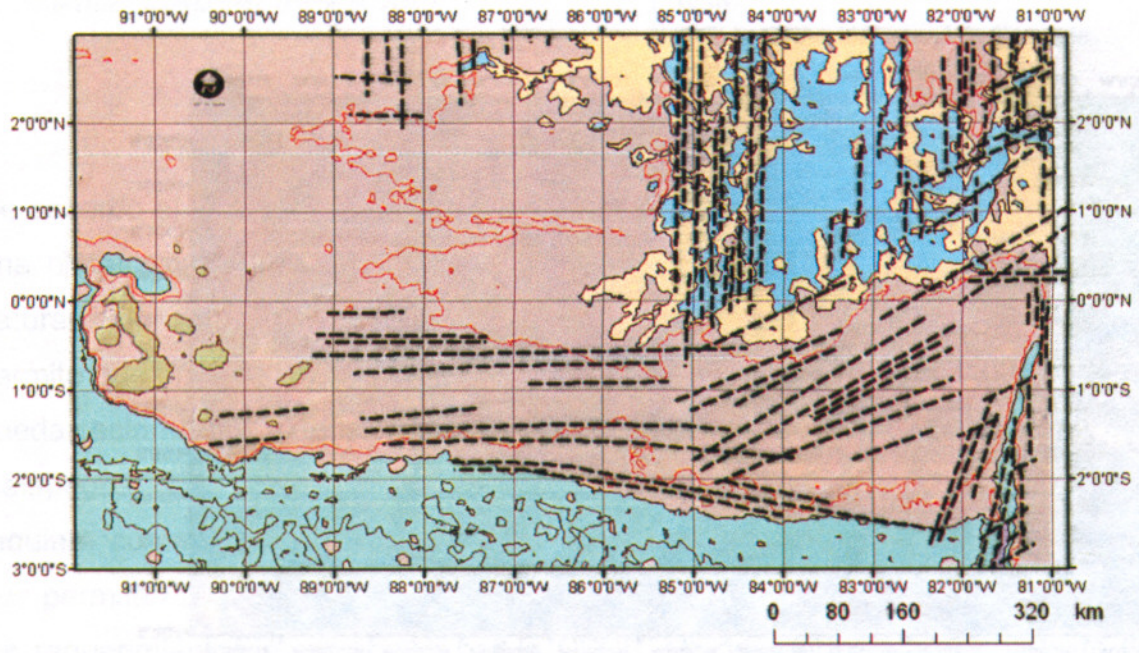


Figura 3. Mapa de fallas sobre la cordillera de Carnegie indicado por líneas punteadas.

Esta última se constituye en el sector de mayor interés para este análisis, producida por una disminución en el aporte de magma del punto caliente de Galápagos durante el Mioceno medio (11 my[4]). Producto de esta interacción se originó una mayor acumulación

[3] Millones de años

de material en la cordillera de Cocos en lugar de la cordillera de Carnegie, parámetro observado en la morfología del área (Figura 1). En la Cordillera Submarina de Carnegie las profundidades varían desde 900 metros en el flanco este hasta 2100 metros en la depresión central. La composición de sedimentos es principalmente carbonatada, con un espesor que llega hasta cerca de los 1000 metros en el pie del talud (Lyle, 1995; Pazmiño, 2005,). Las partes altas de la cordillera submarina son propensas a la erosión debido al flujo de aguas profundas (Lonsdale, 1985), con espesores máximos de 20 metros (Lyle et al., 2000; Pazmiño, 2005).

La edad mayor de la cordillera esta en el flanco este adyacente a la fosa ecuatoriana y corresponde al Mioceno tardío, esto es 20 millones de años. De acuerdo al artículo 76(4)(i), el poco espesor de sedimentos para extenderse desde el pie del talud no es representativo, debido al corto tiempo de acumulación y a los procesos erosivos ocurridos, se produce una redistribución de los sedimentos evidenciado por estructuras de escorrentía en el margen sur de la cordillera.

4. Sustentación técnica de la prolongación natural de la plataforma continental de acuerdo a criterios geológicos.

La extensión de la plataforma continental ecuatoriana podría sustentarse en el análisis de los siguientes aspectos:

Estructura de la corteza, formación y evolución tectónica, análisis de la geometría de las pendientes y relación petrográfica y geoquímica de las rocas que forman las islas con las rocas que constituyen las Cordilleras Submarinas de Carnegie y Colón.

Tal como se mencionó anteriormente, los argumentos en los cuales se fundamenta estos criterios se orientaran a la cordillera de Carnegie detallados a continuación:

1. Carnegie se constituye en un registro continuo del paso del punto caliente de Galápagos expresado como una estructura latitudinalmente alargada con diferentes espesores de masas.

2. La progresión de edades de las montañas submarinas a lo largo de su extensión demuestran un continuo aporte magmático.
3. Evidencias de paleo-morfologías, en la depresión central y en el flanco oeste, que se han sumergido producto del enfriamiento termal y la compensación isostática (Cristhie et al., 1992) ratifican un mismo origen entre las islas y la cordillera.
4. Modelos de placas tectónicas realizados por Mescheda y Barckhausen, 2000 han reconocido la interacción entre el punto caliente y el centro de expansión como un origen común entre las islas y la cordillera.
5. Estudios geoquímicos basados en la composición de isótopos y elementos trazas, así como estudios petrográficos, establecen una homogeneidad entre el material volcánico que conforma la cordillera con el material de las islas. (Synton et al.,200; Werner et al., 2003).

5. Aplicación y análisis del artículo 76 a la Plataforma continental

En la ley del mar el artículo 76 se define como la forma legal de establecer los limites de la plataforma continental. En donde se define que el límite exterior estará dado por la combinación de cuatro reglas para precisar estos límites basados en dos fórmulas y dos restricciones.

5.1 Fórmulas

La primera fórmula tomada en cuenta para aplicar el articulo 76(4)(a)(i) es "colocar puntos mas allá de las 200 millas, localizados en puntos fijos donde el espesor del sedimento sea al menos de uno por ciento de la distancia mas cercana al pie de la plataforma continental".

Para aplicar esta fórmula, la determinación del espesor de sedimentos en la Cordillera de Carnegie es un limitante de acuerdo a la CONVEMAR, puesto que su flanco oeste con una edad de 20 my** es mayor a las edades de 10 my** de la depresión central, en donde la acumulación de sedimentos es menor. Demostrando que en el pie de talud de la depresión los sedimentos están alrededor de los 800 metros, lo que implica una extensión de 40 millas para la plataforma desde el pie de talud. Este valor es desfavorable

si se usa la formula dada, debido a que la extensión es inferior a la que podría alcanzarse usando una distancia de 60 millas desde el pie de talud, segunda formula (Articulo 76(4)(a)(ii)). Por lo cual lo recomendable para Ecuador sería aplicar la segunda formula, "una línea de puntos fijos no mas de 60 millas náuticas del pie de la plataforma continental". (CLCS 11, 1999)

5.2 Restricciones

"La línea no debe exceder las 350 millas desde las líneas de bases a partir de las cuales el mar territorial es medido. De igual forma la línea no debe exceder las 100 millas desde la isobata de 2500 metros". Para el presente estudio se ha considerado a Carnegie como una cordillera submarina en base a los criterios científicos anteriormente expuestos, por lo cual la limitación es solo creada por el límite de las 350 millas.

Si se aplican la formula del talud más 60 millas y la restricción de 350 millas, la extensión de la plataforma quedaría representada de acuerdo a la Figura 4. Esta representación esta basada en una hipotética definición del pie de talud analizando cambios de máximo gradiente. Este último punto tiene que ser revisado con la obtención de datos batimétricos de alta resolución y el cálculo de la segunda derivada, con los cuales se tendría el pie de talud y se aplicaría la prueba de pertenencia una vez que se compruebe la ausencia de la ocurrencia del máximo gradiente. En la preliminar prueba de pertenencia efectuada en la figura 4 se demuestra que el borde mas allá de las doscientas millas es parte de la prolongación natural, y su verificación en las cordilleras de Carnegie y Colon esta en que la línea de las 60 millas del pie de talud se evidencia dentro de estas condiciones.

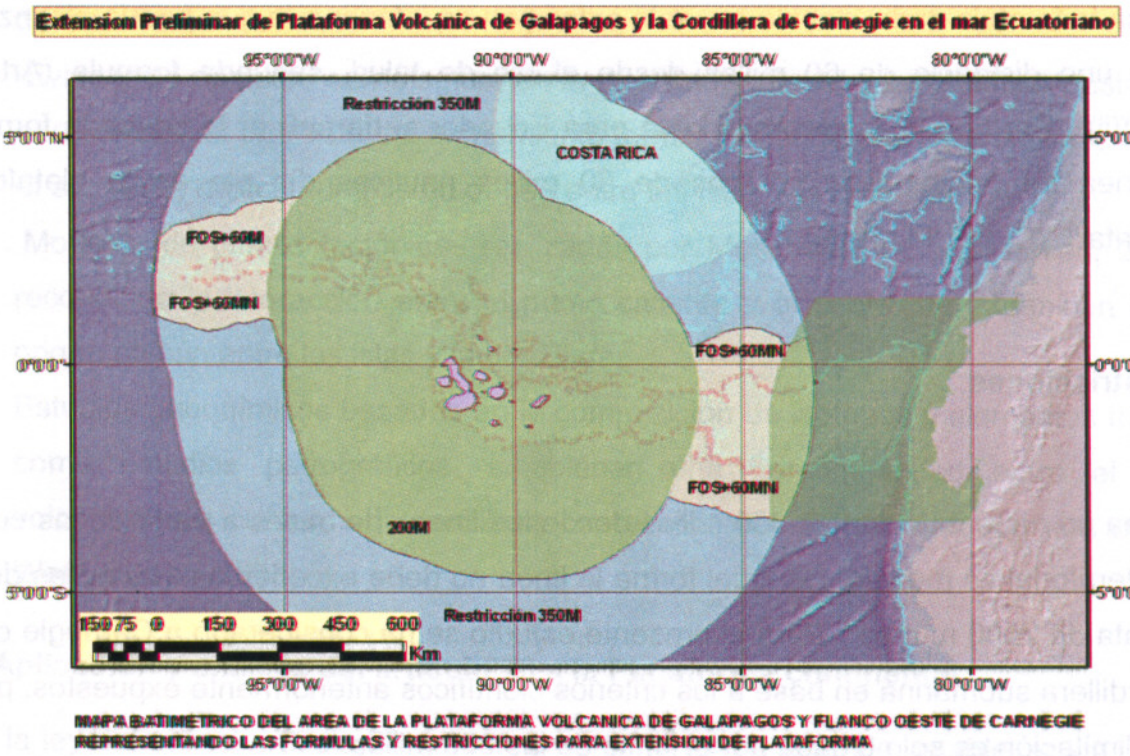


Figura 4. Grafico representando las formulas y restricciones del articulo 76 de la comisión de limites de la plataforma continental; En azul la restricción de 350 millas, en crema la grafica del pie de talud (FOS) mas las 60 millas.

6. Metodología sugerida para la aplicación del Artículo 76

De acuerdo al artículo 76 para sustentar la extensión de la plataforma como una prolongación natural se requiere analizar los siguientes puntos:

- Determinar si la prolongación es morfológica o geológicamente continua al este de las Islas Galápagos.
- Definir la extensión de la plataforma volcánica de Galápagos y la extensión de la cordillera submarina de Carnegie.
- Definir correctamente usando datos de multihaz la morfología submarina entre el flanco este y la depresión central, para encontrar las relaciones de evolución entre las cordilleras y la plataforma de Galápagos.
- Localizar del pie de talud con batimetría de alta resolución y aplicando algoritmos de pendientes (segunda derivada) para definir el máximo gradiente.
- Determinar matemáticamente los cambios de gradiente o los puntos de máximo gradiente extraídos de mapas de contorno (Figura 2).

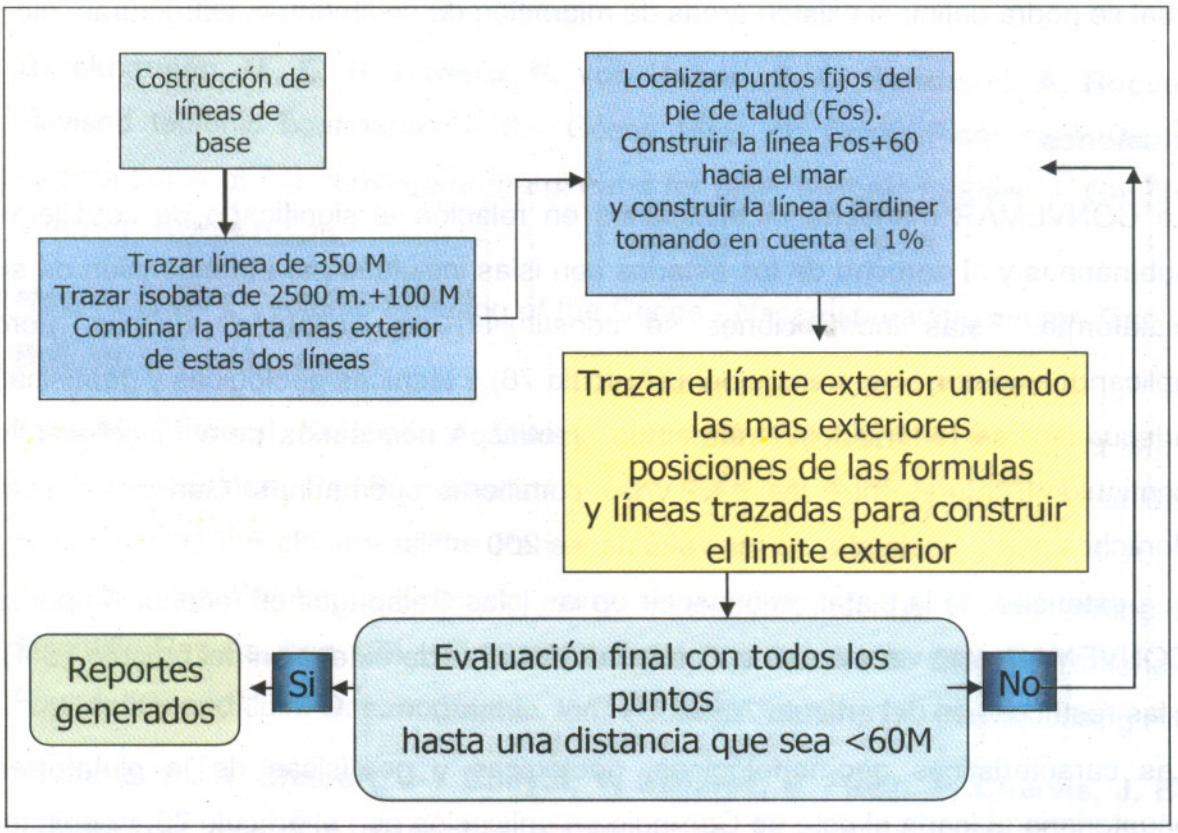


Figura 5. Esquema de construcción de límites exteriores tomando en cuenta el artículo 76

Usando la metodología descrita se deberá iniciar el mapeo de los límites exteriores más allá de las 200 millas a través del siguiente procedimiento (Figura 5):

- Proyectar la línea de 60 millas náuticas desde el pie de talud
- Proyectar la línea de pie de talud a lo largo de las líneas donde el espesor de los sedimentos sea menor al 1%.
- Combinar las dos líneas proyectadas para determinar el margen exterior.
- Graficar una línea geodésica de 350 millas como limite
- Graficar la isobata de 2500 metros y proyectarla 100 millas hacia afuera.
- Combinar la línea geodésica de 350 millas con la proyectada de 2500 metros y obtener la mayor área posible.
- Unir las dos posibilidades anteriores para determinar la máxima extensión de plataforma.
- La unión debe ser con puntos de no mas allá de 60 millas.
- Evaluar los potenciales recursos naturales y minerales existentes en el área

- Efectuar perfiles sísmicos para establecer la estratigrafía de los sedimentos, con lo cual se podrá definir si existen áreas de migración de sedimentos, estructuras, etc.

7. Conclusiones

- La CONVEMAR mantiene indefiniciones en relación al significado de cordilleras submarinas y al derecho de los estados con islas incluidas para la extensión de su plataforma. Estas indefiniciones se constituyen en limitantes jurídicos, pero aplicando una correcta metodología (Artículo 76) y técnicas geológicas y geofísicas adecuadas, se tendría los argumentos científicos necesarios para establecer la continuidad natural entre las islas y las cordilleras submarinas. Generando esto derechos sobre la plataforma mas allá de las 200 millas.
- La extensión de la plataforma insular de las Islas Galápagos es reconocida por la CONVEMAR, una vez que se apliquen las fórmulas de extensión del articulo 76(4), y las restricciones del artículo 76(5).
- Las características geomorfológicos, geológicas y geofísicas de la plataforma ecuatoriana ubicada al este de Carnegie en aplicación con el artículo 76, permitirán contar con una mayor extensión de esta, en relación con las ya establecidas en el código civil ecuatoriano, alcanzando de esta manera ampliar las áreas para la investigación, exploración y explotación de recursos.
- La única restricción posible, establecida en el artículo 76 (5), que puede ser aplicada en la extensión de la plataforma para Ecuador es 350 millas en el área insular, si se considera a Carnegie como una cordillera submarina con prolongación natural.
- Alrededor de 35 países podrían extender su plataforma continental por sus características geológicas, constituyéndose Ecuador en uno de ellos, ya que de acuerdo a lo expuesto en las directrices técnicas de la Comisión de límites de la plataforma continental la postura de extensión es viable.

8. Referencias

Barckhausen, U., C. R. Ranero, R. von Huene, S. C. Cande, H. A. Roeser (2001), Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models, J. Geophys. Res., 106(B9), 19207-19220.

Hey, R. (1977), Tectonic evolution of the Cocos - Nazca spreading center, Geol.Soc. Am. Bull. 89, 981-999.

Lyle, M., Mitchell, Kathleen A. Dadey, and John W. Farrell (1995) ,The late miocene (11-8 MA) Eastern Pacific carbonate crash: Evidence for reorganization of deep-water circulation by the closure of the Panama Gateway, In Pisias, N., Mayer, L.A., Janecek, T.R., and the Shipboard Scientific Party. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Leg 138., pp.821-838, edited by Sondra K. Stewart, National Science Foundation and Joint Oceanographic, Inc., (College Station, TX, Ocean Drilling Program).

Michaud, F., A. Chabert, J-Y Collyot, V. Sallarès, E. Flueh, P. Charvis, J. Bialas, D. Graindorge, and M.A. Gutscher (2004), Fields of multi-kilometers scale sub-circular depressions in the Carnegie ridge sedimentary blanket Ecuador : possible carbonates dissolution, (submitted to Marine Geology 03/03/2004), (in press.).

Pazmiño, N., Sediment Distribution and Depositional Processes on the Carnegie Ridge, Thesis Msc, Texas A&M University,May 2005.

Sinton, J., Detrick R. and Canales J., Ito G., Behn M., Morphology and segmentation of the western Galapagos Spreading Center, 90.5°-98°: Plume-ridge interaction at intermediate spreading ridge, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, Vol.1 No.12, ISSN:1525-2027, published by AGU and Goechemical Society 2000.