ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS, EN LAS COSTAS DE ESMERALDAS, MANTA Y PUERTO BOLÍVAR DURANTE LA ÉPOCA HÚMEDA

María Belén Del Salto[1]
Henry Gálvez[2]
Juan Regalado[2]

RESUMEN

Con el fin de conocer el comportamiento de las condiciones climáticas durante la época húmeda en la costa ecuatoriana en los últimos 30 años, se realizó un análisis de la serie de datos mensual promedio del periodo 1981-2010, de los parámetros de precipitación, temperatura superficial del aire y temperatura superficial del mar de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar, que el INOCAR posee a lo largo de la costa ecuatoriana.

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar posibles cambios de temperaturas y precipitación en el comportamiento de la serie de datos de los parámetros escogidos, los resultados reflejan un ligero aumento en la media y la desviación estándar de las temperaturas superficial del aire y del mar con respecto a la Época Húmeda entre los periodos de 1975-2000 al de 1981-2010, siendo consistentes con la tendencia de un aumento de temperaturas.

Los resultados para la precipitación difieren en las estaciones y periodos antes mencionados. Se observó en las tres estaciones comportamientos diferentes con respecto a precipitación, en los análisis proyectan aumentos en el acumulado medio de la época húmeda solo en Puerto Bolívar; sin embargo, en Esmeraldas y Manta hay una disminución en esta misma variable, al considerar mínima variabilidad en las estaciones, fue posible establecer una tendencia clara hacia un aumento en el calentamiento en esta zona, debido principalmente a que todas las estaciones escogidas y estudiadas proyectan un incremento en la variabilidad de las temperaturas superficial de aire y mar en la época húmeda entre los meses de diciembre a mayo establecidos por la división de meteorología del INOCAR.

Al considerar la variabilidad mínima en las estaciones, fue posible establecer una clara tendencia hacia el aumento de temperatura a lo largo del tiempo y su relación considerablemente representativa entre los parámetros meteorológicos medibles escogidos para este estudio exhaustivo.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada, División de Modelación Numérica mabe.delsalto@gmail.com;
2 Instituto Oceanográfico de la Armada, División de Meteorología climatologia@inocar.mil.ec; henry.galvez@inocar.mil.ec

ABSTRACT

In order to understand the behavior about weather conditions during the humid season in Ecuadorian coast in the last 30 years, we carried out an analysis of the average monthly data series for the period 1981-2010 about parameters such as precipitation, air surface temperature and sea surface temperature, from Esmeraldas, Manta and Puerto Bolívar stations that INOCAR has along the Ecuadorian coast.

This study was done to evaluate possible changes in the behavior of the data series of the chosen parameters (temperatures and precipitation). Results reflect as light increase in the mean and standard deviation of the air surface temperature and sea surface temperature in the Humid Season, between 1975-2000 period compared with 1981-2010 period, being consistent with the trend of increasing temperatures.

The results about precipitation differ in both, periods of time and stations, those are listed before. Different behaviors were noticed in the three stations about precipitation. Only in Puerto Bolivar the analysis project an increase in the mean cumulative precipitation in the humid season, however, there is a reduction in Esmeraldas and Manta in the same variable. When considering minimal variability at stations, it was possible to set a clear trend towards an increase in the warming of this área, mainly due to the whole chosen and studied stations project an increase in the variability of the air surface temperature and the sea surface temperature in the humid season, this refers to the months between December to may established by INOCAR Meteorology Division.

When considering minimal variability in the stations, it was possible to establish a clear trend towards increasing temperature over time and its relation between representative significantly measurable meteorological parameters chosen for this exhaustive study.

INTRODUCCIÓN

Por lo general se relaciona el clima con el comportamiento de parámetros meteorológicos y sus efectos sobre las diferentes actividades, los mismos que han hecho en este estudio un enfoque en la época húmeda de algunas estaciones fijas. Los principales parámetros a considerarse en este análisis de comportamiento de las condiciones climáticas a lo largo del tiempo en la época húmeda son las precipitaciones, las temperaturas del aire y del mar.

Desde la instalación de la red de estaciones meteorológicas a lo largo de la costa ecuatoriana, el INOCAR tiene un almacenamiento de datos de diferentes parámetros meteorológicos a lo largo del tiempo, lo cual hace factible un estudio comparativo de la fluctuación de la serie de observaciones

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), durante las últimas décadas ha utilizado como normales los promedios de las series de valores diarios del periodo 1975-2000, en la actualidad se está implementando el cambio de la serie de datos con el periodo de 1981 – 2010 como lo indica la OMM.

Las fluctuaciones de las series de datos comparativos a lo largo del tiempo, muestra una variabilidad en el comportamiento de las observaciones, las mismas que al ser promediadas, producen distintos valores entre las normales de cada elemento climático de las series de los periodos 1975 al 2000 y del periodo 1981-2010

METODOLOGÍA

Tras varios debates internacionales a finales del siglo XIX el Comité Meteorológico Internacional decidió recopilar valores medios, que sirven para deducir que las medias a largo plazo. Las mismas que deben converger hacia el estado constante cuando se considera un periodo promediado suficientemente largo. En la conferencia de Varsovia el Comité Meteorológico Internacional en 1935 y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1956, recomienda que las normales deben ser consideradas usando un periodo consecutivo de 30 años disponible más reciente, es decir del periodo 1981-2010, es aplicable en la actualidad (WCDMP-N°.61, 2007, p.2). Además en los debates nacionales del ERFEN Abril 2013, INOCAR socializó la decisión de usar el periodo 1981-2010 como la normal climatológica estándar para análisis comparativos en las series de datos meteorológicos.

En el análisis del comportamiento de los diferentes parámetros meteorológicos, se aplicará para el estudio de las normales según lo establecido en la OMM, estos indicadores estadísticos visualizan el comportamiento climático en las series de datos en un periodo de 30 años, según el reglamento interno de la Guía de Prácticas Climatológicas (OMM,WCDMP-N°.61, 2007).

Se analizó el promedio mensual de los periodos 1975 - 2000 y del periodo 1981 -2010, monitoreado a través de las estaciones que se escogieron para el estudio a los largo de la franja costera, de norte a sur del país, las cuales son Esmeraldas, Manta y de Puerto Bolívar pertenecientes a parte de la Red Meteorológica Costera del INOCAR, la serie de datos utilizada describe las medias aritméticas calculadas de los diferentes parámetros climáticos como: precipitaciones acumuladas mensuales, temperatura superficial del aire y temperatura superficial del mar.

La información fue tomada de la base de datos del Centro Nacional de Datos Marinos Costero (CENDO) y el área de estudio la constituye la franja costera continental, de norte a sur, donde INOCAR; mantiene su red de Estaciones Costeras de las cuales solo se analizarán: Esmeraldas, Manta, y Puerto Bolívar. Figura 1.0

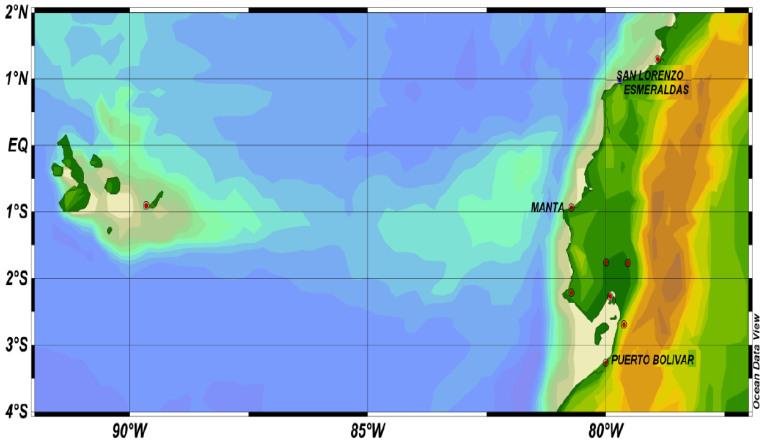

Figura 1.0.-Estaciones Meteorológicas escogidas para análisis de comportamiento climático

RESULTADOS.

1.- PRECIPITACIONES

En la costa norte (Estación de Esmeraldas) durante la época húmeda (diciembre-mayo), los meses de enero (137.3 mm), febrero (183.3 mm), marzo (138.9 mm) y abril (119.7 mm) son los meses con los promedios de mayores acumulados de precipitación, y febrero el mes con el más alto promedio mensual de precipitaciones.

Realizando la comparación entre los promedios mensuales (normales, según OMM)de los periodos 1975-2000 y 1981-2010, se comprueba que las normales de 1981-2010 son inferiores a las de 1975-2000 hasta con 42.4 mm, hacia abril y mayo estas son mayores hasta con 16.1 mm. **Figuras 1.1 y 1.2.**

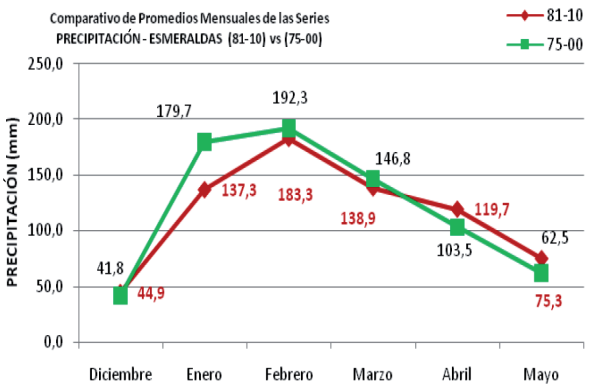

Figura 1.1.- Promedios de acumulados mensuales de precipitación

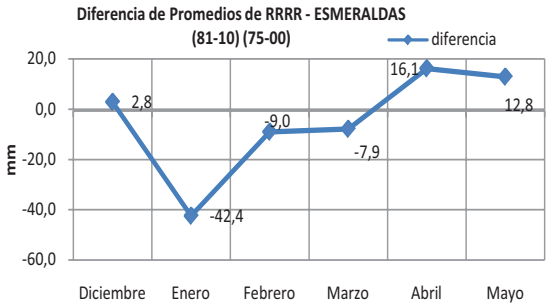

Figura 1.2.- Diferencia de los promedios de precipitaciones mensuales

En las observaciones siguientes se puede visualizar las acumuladas de precipitación por año en época húmeda, mostrando aproximadamente que en el centro del periodo existe un registro de mayor precipitación por evento El Niño, que además el mes de mayor precipitación en la estación de Esmeraldas en los 30 años analizados es el mes de Febrero.

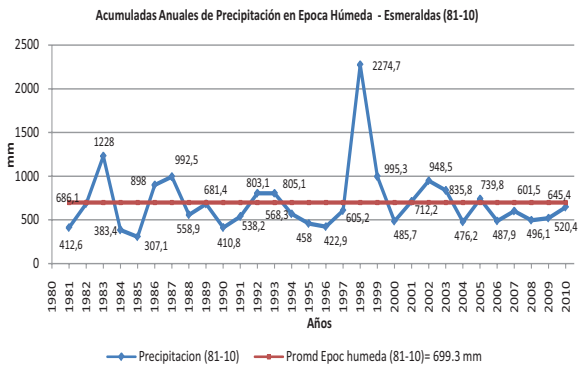

Figura 1.3.- Acumuladas Anuales de Precipitaciones mensuales

En la costa de la zona central (Estación de Manta)los meses de enero (70.2 mm), febrero (109.5 mm), marzo (72.4 mm) y abril (50 mm) son los meses con los promedios de mayores acumulados de precipitación, donde febrero es el mes con el más alto promedio de precipitación.

Realizando la comparación con los promedios normales de los periodos 1975-2000 y 1981-2010, se comprueba que los meses de enero, febrero, marzo y abril continúan siendo los meses con mayores promedios de acumulados de precipitación, siendo superior febrero. Los promedios normales 1981-2010 son inferiores alos del periodo 1975-2000 con diferencias de hasta -7.2 mm, excepto en el mes de febrero donde se presenta una diferencia de 10.9 mm. **Figuras 1.4 y 1.5.**

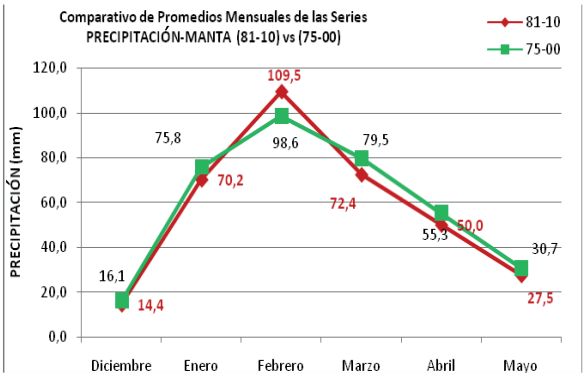

Figura 1.4.- Promedios de acumulados mensuales de precipitación

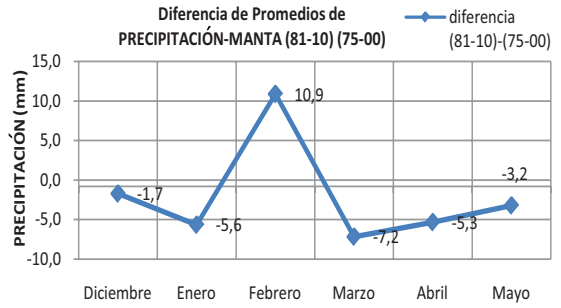

Figura 1.5.- Diferencia de los promedios de precipitaciones mensuales

En la costa sur consideramos para el análisis a la Estación de Puerto Bolívar, los meses de enero (103.6 mm), febrero (174.9 mm), marzo (159.8 mm) y abril (98.7 mm) son los meses con los mayores mensuales acumulados de precipitación, donde febrero es el mes con el más alto promedio de precipitación.

Realizando la comparación entre los promedios normales de 1981-2010 y 1975-2000, se comprueba que enero, febrero, marzo y abril continúan siendo los meses donde se presentan los mayores promedios de acumulados de precipitación, y febrero es el mes con los mayores acumulados. Los promedios mensuales del periodo 1981-2010 son ligeramente superiores a los promedios del 1975-2000,.en los meses de enero, febrero y marzo.**Figuras 1.6 y 1.7.**

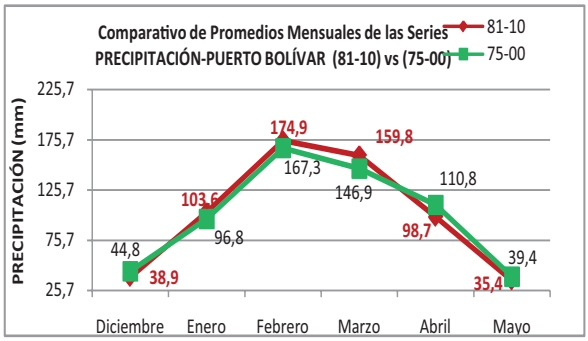

Figura 1.6.- Promedios de acumulados mensuales de precipitación

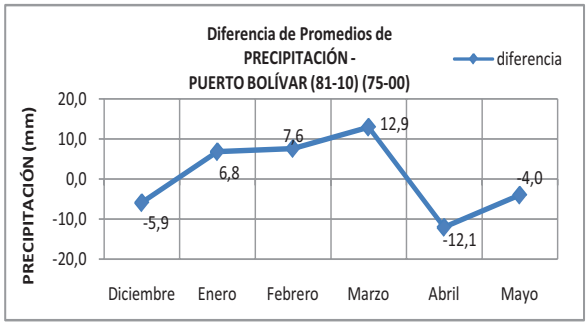

Figura 1.7.- Diferencia de los promedios de precipitaciones mensuales

Observando en la **Figura 1.8,** el comportamiento de las tres estaciones con respecto a variable de precipitación en época húmeda su promedio de las acumuladas y desviación estándar de 1981 al 2010 por estación es en Esmeraldas (699.30 °C; 391.97) , en Manta (352.06 °C; 387.45) y en Puerto Bolívar (611.25 °C; 698.60), lo que significa que la precipitación acumulada promedio en la costa norte es más alta que el resto de estaciones, pero es significativamente mayor a la estación de la costa central, lo que si se debe indicar es que en los años

1982 a 1983 y 1997 a 1998 considerado NIÑO, la precipitación en Puerto Bolívar es el mayor que el resto de estaciones, y existe una tendencia a estabilizarse la precipitación a lo largo del tiempo en las series de datos de cada estación, aunque sus valores aberrantes solo es en los años NIÑO antes mencionados.

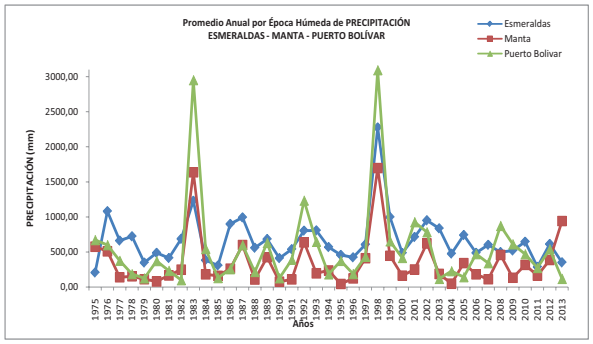

Figura 1.8.- Fluctuaciones promedios de Precipitación por época húmeda de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar.

2.- TEMPERATURA DEL AIRE

La costa norte fue analizada por la Estación de Esmeraldas, aquí se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del aire (1981-2010) corresponden a los meses de marzo (26.3°C), abril (26.5°C) y mayo (26.5°C).

Realizando la comparación entre los promedios normales mensuales de los periodos 1981-2010 y 1975-2000, estos presentan igual comportamiento, siendo los del periodo 1981-2010 ligeramente superiores, presentando el mes de enero una mayor diferencia (0.3°). Figura 1.9 y 1.10

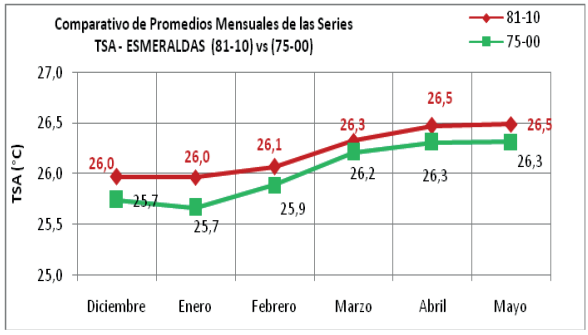

Figura 1.9.- Promedios de la temperatura superficial del aire.

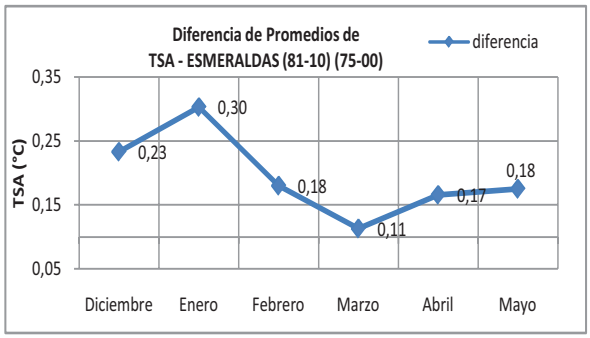

Figura 1.10.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del aire

Sobre la costa central (Estación de Manta) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del aire (1981-2010) corresponden a los meses de febrero (26.4°C), marzo (26.5°C) y abril (26.4°C).

De acuerdo a la comparación realizada entre los promedios normales mensuales de los periodos 1981-2010 y 1975-2000, se observa un igual comportamiento, siendo ligeramente superiores los del periodo 1981-2010, presentando las mayores anomalías los meses de marzo y abril (0.24°C). **Figuras 1.11. y 1.12.**

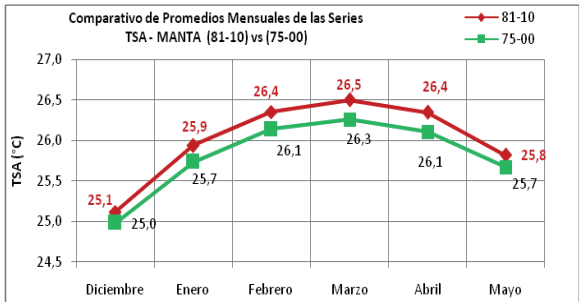

Figura 1.11.- Promedios de la temperatura superficial del aire.

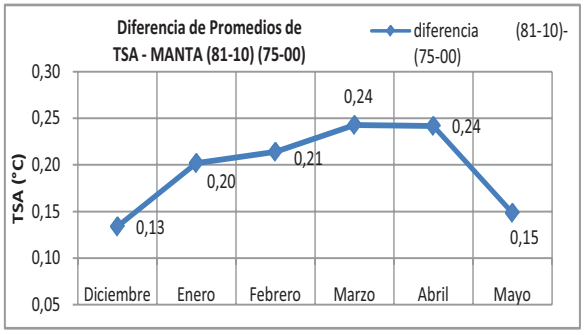

Figura 1.12.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del aire

En la costa sur (Estación de Puerto Bolívar) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del aire (1981-2010) corresponden a los meses de enero (26.1°C) febrero (26.5°C), marzo (26.8°C) y abril (26.6°C).

De acuerdo a la comparación realizada entre los promedios normales de los periodos 1981-2010 y 1975-2000, se observa un comportamiento similar, siendo ligeramente superiores los promedios del periodo 1981-2010, presentando una mayor anomalía el mes de abril (0.12°C). **Figuras 1.13. y 1.14.**

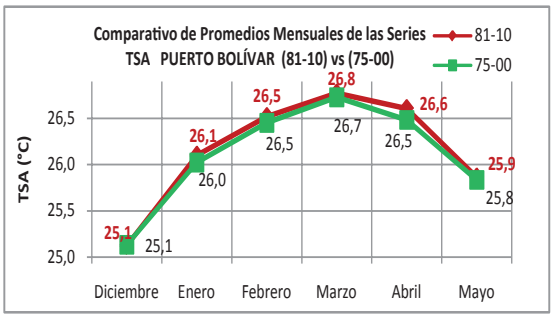

Figura 1.13.- Promedios de la temperatura superficial del aire.

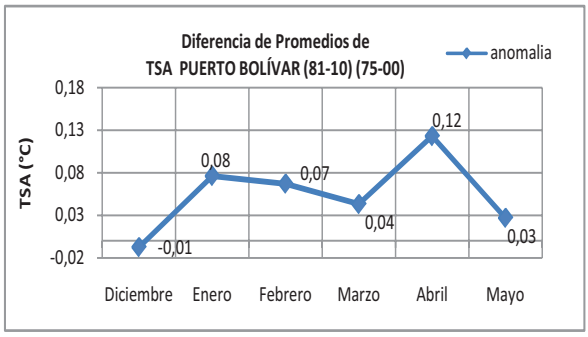

Figura 1.14.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del aire

Observando en la **Figura 1.15** el comportamiento de las tres estaciones con respecto a variable de temperatura superficial del aire en época húmeda su promedio y desviación estándar de 1981 al 2010 por estación es en Esmeraldas (26.18 °C; 0.45) , en Manta (26.01 °C; 0.62) y en Puerto Bolívar (26.17 °C; 0.59), lo que significa que la temperatura superficial del aire promedio en la costa Norte y Sur es más alta que en la costa central, pero no es significativamente mayor, lo que indica que desde el año 1997 a 1998 considerado NIÑO, el TSA es el menor en Esmeraldas que el resto de estaciones, y existe una tendencia a incrementar la temperatura superficial del aire a lo largo del tiempo en las series de datos de cada estación.

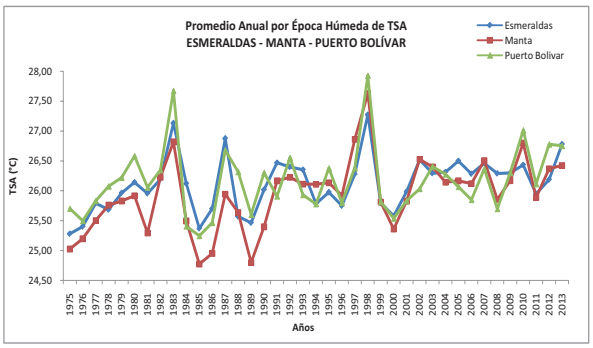

Figura 1.15.- Fluctuaciones promedios de la temperatura superficial del aire por época húmeda de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar.

3.- TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Sobre la costa norte (Estación de Esmeraldas) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del mar (1982-2010) corresponden a los meses de abril (26.4°C), y mayo (26.5°C).

Verificando la comparación de los promedios normales entre los periodos1982- 2010 y 1982-2000, se comprueba que ambos periodos presentan similar comportamiento durante la época húmeda, con los mayores promedios en los meses de abril y mayo, siendo mayores los promedios del periodo 1982-2010 hasta con 0.35°C (Enero).**Figuras 1.16. y 1.17.**

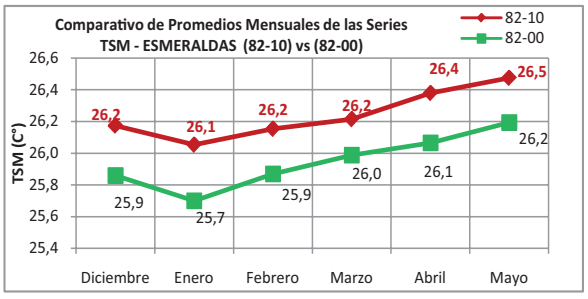

Figura 1.16.- Promedios de la temperatura superficial del mar de Diciembre a Mayo.

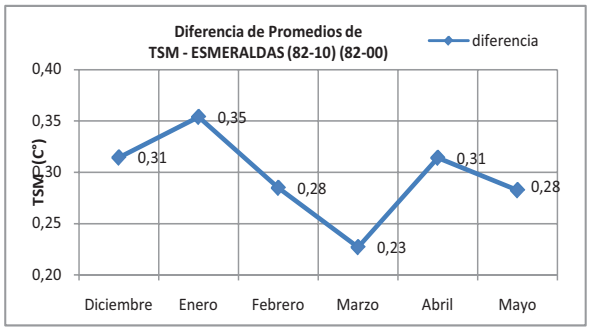

Figura 1.17.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del mar.

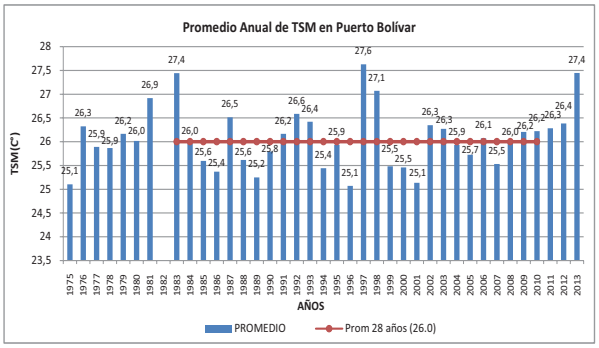

Figura 1.18.- Promedio Anual de temperatura superficial del mar en Puerto Bolívar de datos observados.

En la Estación de Manta considerada la costa central del país, se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del mar (1984-2010) corresponden a los meses de enero (27.4°C), febrero (27.2°C) y marzo (27.1°C).

Si la comparamos con los promedios normales de los periodos 1984-2010 y 1984-2000, se comprueba que los promedios del periodo 1984-2010, son ligeramente superiores de diciembre a marzo, igual en abril y menores en mayo. **Figura 1.19. y 1.20**

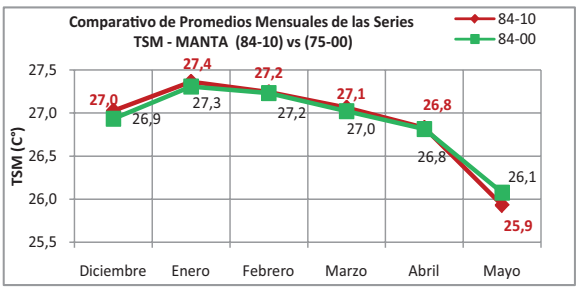

Figura 1.19.- Promedios de la temperatura superficial del mar.

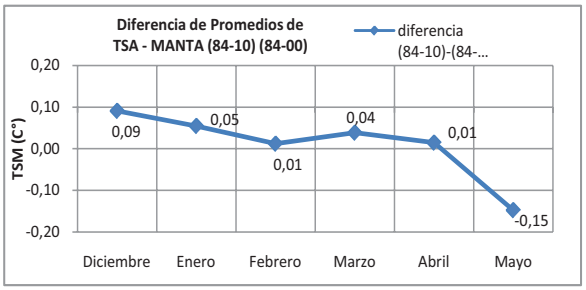

Figura 1.20.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del mar.

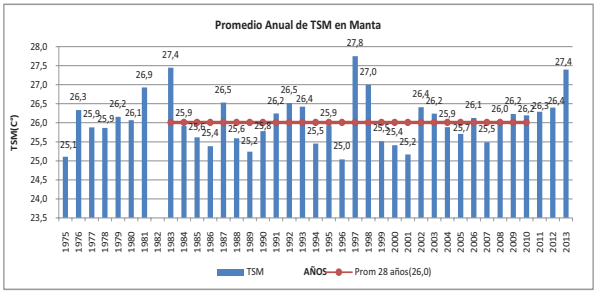

Figura 1.21.- Promedio Anual de temperatura superficial del mar en Manta de datos observados.

Sobre la costa sur (Estación de Puerto Bolívar) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del mar (81-10) corresponden a los meses de enero (27.3°C), febrero (27.4°C) y marzo (27.2°C).

Compando con los promedios normales de 1975-2000 y 1981-2010, se comprueba que durante toda la época húmeda continuaron siendo los meses de enero, febrero y marzo donde se registran los mayores promedios, pero el mes de febrero es donde se registra el mayor acumulado de temperatura y además que ambos promedios (75-00 y 81-10) son casi similares. **Figura 1.22. y 1.23**

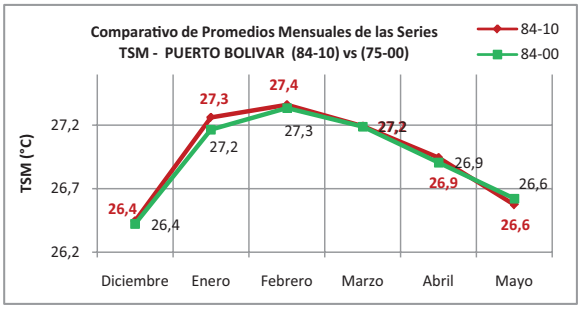

Figura 1.22.- Promedios de la temperatura superficial del mar.

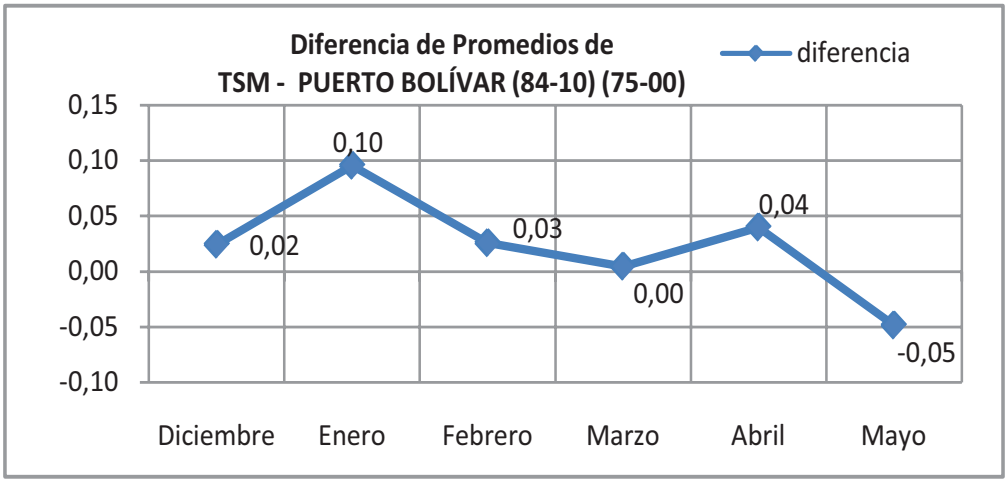

Figura 1.23.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del mar.

Observando en la Figura 1.24 el comportamiento de las tres estaciones con respecto a variable de temperatura superficial del mar en época húmeda su promedio y desviación estándar de 1981 al 2010 por estación es en Esmeraldas (26.20 °C; 0.64) en Manta (26.95 °C; 0.65) y en Puerto Bolívar (26.17 °C; 0.59), lo que significa que la temperatura superficial del mar promedio en la costa central es más alta que en la costa sur y norte, pero no es significativamente mayor, y existe una tendencia a incrementar la temperatura superficial del mar a lo largo del tiempo en las series de datos de cada estación.

En el análisis de correlación se observó la asociación de las variables en cada estación, en la matriz de correlación a continuación se muestra el grado de intensidad de relación lineal entre las variables; es necesario acotar que si la correlación está cerca de uno la relación es directa, es decir mientras una variable crece, la otra también crece pero si la correlación llegara a caer menos de uno la relación es inversa. Una correlación se considera representativa cuando su valor es superior a 0.5 y la significancia es menor a 0.05, se infiere que el coeficiente es diferente de cero. Bajo estas condiciones se puede indicar que en Esmeraldas la variable de precipitación comparada con las demás no es significativa.

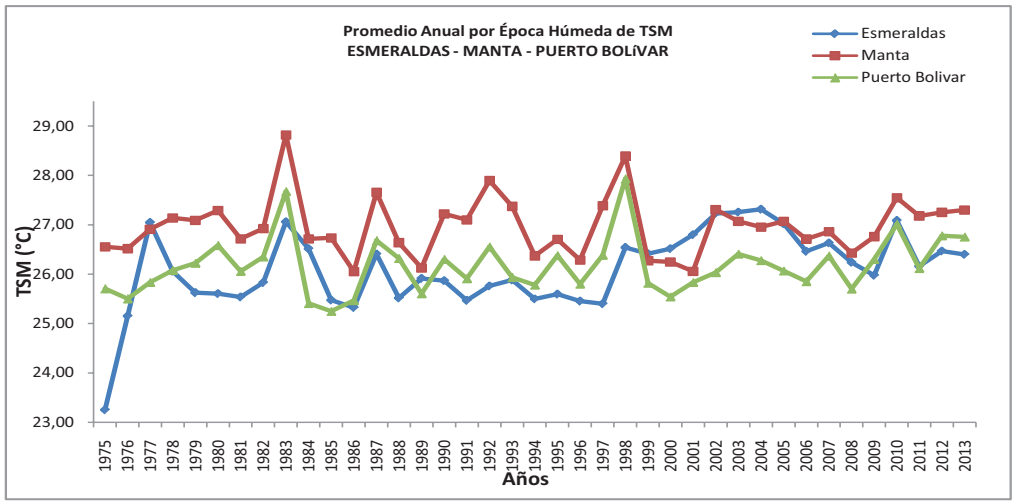

Figura 1.24.- Fluctuaciones promedios la temperatura superficial del mar por época húmeda de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar.

Matriz de Correlaciones de Esmeraldas

Correlaciones

			TSA	PRE	TSM
Rho de Spearman	TSA	Coeficiente de correlación	1.000	.356	.571
		Sig. (bilateral)	.	.000	.000
		N	360	360	357
	PRE	Coeficiente de correlación	.356	1.000	.110
		Sig. (bilateral)	.000	.	.038
		N	360	360	357
	TSM	Coeficiente de correlación	.571	.110	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.038	.
		N	357	357	357

Matriz de correlaciones de Manta

Correlaciones

			TSA	PRE	TSM
Rho de Spearman	TSA	Coeficiente de correlación	1.000	.665	.828
		Sig. (bilateral)	.	.000	.000
		N	360	360	324
	PRE	Coeficiente de correlación	.665	1.000	.579
		Sig. (bilateral)	.000	.	.000
		N	360	360	324
	TSM	Coeficiente de correlación	.828	.579	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.
		N	324	324	324

Matriz de Correlaciones de Puerto Bolivar

Correlaciones

			TSA	PRE	TSM
Rho de Spearman	TSA	Coeficiente de correlación	1,000	,670	,818
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000
		N	432	432	432
	PRE	Coeficiente de correlación	,670	1,000	,590
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000
		N	432	432	432
	TSM	Coeficiente de correlación	,818	,590	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.
		N	432	432	432

DISCUSIÓN

Se compararon y revisaron los dos escenarios de comportamientos climáticos utilizando las recomendaciones del reglamento interno de la Guía de Prácticas Climatológicas (WCDMP-N°.61, 2007, p.2), en la reunión del ERFEN (abril, 2013) se socializó la aplicación de la metodología que indica la línea base con la que se debe comparar, el cual consiste en usar un periodo consecutivo de 30 años más reciente, es decir del periodo 1981-2010, donde se observa en cada variable de las diferentes estaciones escogidas para el estudio, comportamientos que presentan un incremento moderado de los resultados entre las líneas bases referenciales de las series de datos obtenidas en los registros históricos de dichas estaciones, visualizando un aumento moderado de calentamiento a lo largo del tiempo.

Se visualizaron escenarios de cambios en los comportamientos de las fluctuaciones de las series de datos de los diferentes elementos climáticos, utilizando las técnicas de observación de variabilidad en un periodo de tiempo recomendado de 30 años consecutivos en la división de Meteorología(2012-2013), con el objetivo de analizar los cambios climáticos mostrados en diferentes parámetros a lo largo de tiempo en la época húmeda, con ello se comprueba la actualización de las normales para el estudio comparativo en la red de estaciones meteorológicas del INOCAR, por lo que observándose en las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar que la media de referencia para comparaciones utilizada (1975-2000) comparada con el promedio recomendado actual (1981-2010), el indicador estadístico del promedio muestra un ligero aumento en precipitación como en la temperatura superficial del mar, mientras que se visualizó una ligera disminución en temperatura superficial del aire y la correlación de los parámetros meteorológicos en cada estación, indican que la relación entre las variables cuantitativas están dentro del valor permisible mostrando dependencia, con excepción en la variable de precipitación en Esmeraldas.

El régimen pluviométrico en la costa ecuatoriana, considerando el nuevo periodo de las normales dentro de los promedios normales (1981-2010) en la costa ecuatoriana se ha determinado que los meses donde se registraron los mayores acumulados de precipitación son los meses de enero, febrero y marzo, siendo febrero el mes con el más alto promedio de acumulado de precipitación, al acercarse a la finalización de la época húmeda meses de abril a mayo los acumulados fueron paulatinamente disminuyendo, en general durante la época húmeda en las costas norte y sur fueron donde se registraron las mayores precipitaciones.

El régimen termométrico correspondiente a la temperatura superficial del aire presenta un comportamiento donde los meses con los mayores promedios son febrero, marzo y abril,

registrándose las más altas temperaturas el mes de marzo. En general durante la época húmeda donde se registraron las más altas temperaturas fueron en la costa norte y sur.

REFERENCIAS

BLANDIN, INAMHI. 1989. Análisis y Estudios Climatológicos en el Ecuador, Ecuador

HENRY GALVEZ Y JUAN REGALADO, Acta Oceanográfica del Pacífico, 2009. Comportamiento de las precipitaciones en la costa Ecuatoriana en el 2008, Ecuador, vol. 15 n° 1

HERNANDEZ F. Y E. ZAMBRANO, Acta Oceanográfica. 2007. Inicio, duración y término de la estación lluviosa en cinco localidades de la costa ecuatoriana, Ecuador, vol. 14 n° 1

OMM, 2007. Función de las Normales Climatológicas en un clima cambiante, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, marzo 2007.

JOSÉ CREUS NOVAU, Y ÁNGEL FERNÁNDEZ CANCIO, EMILIO MANRIQUE MENÉNDEZ., HUESCA , 1996, Evolución de la temperatura y precipitación anuales desde el año 1400 hasta el año 1989 en el sector central de la depresión del Ebro.

SIEGEL, Sidney. 1970. Diseño Experimental No Paramétrico. Editorial Trillas S.A. 235 pp.

THOM, H C. 1966. Some Methods of Climatological Analisys. Technical Note Nº 81, WMO. Ginebra. 54 pp.

SANCHEZ C., Jesús. 1966. Interpretación y Uso de los Datos Climatológicos. Trabajo de Ascenso. UCV. Maracay. 32 pp.

LARA, A. 2011. Interpolación Spline, Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, México

AGRADECIMIENTO

A los Directivos de INOCAR y del departamento de Ciencias del Mar

Al personal técnico y observadores de la institución mencionada, que son la fuente de este trabajo

Al personal de profesionales Estadísticos Johny Pambabay, Mariela González, Freddy Vargas, Gabriel Shigla.

ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LOS AFLORAMIENTOS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL ESTE, DURANTE EVENTOS EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR*

Carlos Perugachi-Salamea [1]

RESUMEN

El re-análisis del océano Simple Ocean Data Assimilation SODA 2.2.4 es empleado para explorar cambios en los afloramientos en condiciones normales a condiciones de El Niño o La Niña. Las variables físicas y termodinámicas del re-análisis son usadas para investigar la estructura y comportamiento de eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Los resultados de este análisis muestran que la temperatura superficial del mar, velocidad de arrastre, estrés de viento, profundidad de la capa de mezcla, curl de estrés de viento, y anomalías de contenido calórico se comportan generalmente de acuerdo a la teoría de eventos ENOS. La distribución de los afloramientos evaluados en base a la velocidad de arrastre es bastante irregular, por lo que fue necesario explorar el comportamiento zonal y meridional de la velocidad vertical. Tres métodos han sido empleados para computar los cambios en los afloramientos durante eventos ENOS. El primer método computa los cambios en afloramientos circunscritos en las áreas en donde se sitúan las anomalías de temperatura superficial del mar durante eventos ENOS. Durante eventos El Niño los afloramientos presentan una prominente variabilidad decenal, mientras que durante eventos La Niña, la variabilidad decenal es menos significativa. Un nuevo índice de afloramientos es empleado para el segundo método de análisis, y los afloramientos son computados en las áreas donde se presentan las mayores anomalías de los afloramientos. La variabilidad de los afloramientos es mayor en periodos de afloramientos fuertes, que en los de afloramientos débiles. A pesar de que el nuevo índice es calculado independientemente, este se ajusta bastante bien al comportamiento en el tiempo del índice empleado para definir eventos ENOS usado para ésta investigación. Los primeros dos métodos empleados muestran que la amplitud de las anomalías de temperatura superficial del mar y las anomalías de afloramientos no tienen una relación directa, lo que sugiere que los afloramientos no explican en su totalidad el comportamiento de la temperatura superficial del mar. El tercer método de cómputo empleado, computa los cambios en afloramientos en la región Niño 1+2 durante eventos ENOS. En el Pacífico Este casi no existe una correlación entre los afloramientos y las anomalías de TSM, pero esto podría ser atribuido al hecho de que la región Niño 1+2 es relativamente pequeña en comparación a la región Niño 3.4 con la cual se definen eventos ENOS. En general el comportamiento de la TSM en el tiempo y los afloramientos se ajustan bastante bien únicamente en los casos cuando se presentan eventos ENOS prominentemente en el Pacífico Este.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5949 Guayaquil-Ecuador. Fax 59342 485166 (*) Síntesis de la Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía, realizado en Texas A&M University.

ABSTRACT

The ocean reanalysis Simple Ocean Data Assimilation (SODA) 2.2.4 is used to explore the changes in upwelling from normal conditions to either El Niño or La Niña conditions. Physical and thermodynamic variables from the reanalysis are used to explore the structure and behaviour of El Niño Southern Oscillation (ENSO) events. The results of this analysis show that sea surface temperature (SST), entrainment velocity, wind stress, mixed layer depth, wind stress curl, and heat content anomalies are in general agreement with ENSO theory. Interestingly, the distribution of upwelling based on the entrainment velocity is very patchy, which led us to explore zonal and meridional sections of vertical velocity. We used three methods to compute changes in upwelling during ENSO events. The first method computes upwelling within the áreas of SST anomalies during ENSO events. During El Niño events upwelling shows prominent decadal variability, while during La Niña the decadal variability is weaker. A new upwelling index is used for the second method, and upwelling is computed in the áreas of strong upwelling anomalies. The variability of upwelling is higher in periods of reduced upwelling than in periods of strong upwelling. Despite the fact that the new index is computed independently, it agrees in the timing of the index used to define ENSO events for this research. The first and second methods show that the amplitude of SST anomalies and upwelling anomalies do not have a direct relationship, suggesting that upwelling does not explain all of the variance in SST. The last method used is to compute changes in upwelling in the Niño 1+2 region during ENSO events. In the east Pacific there is almost no correlation between upwelling and SST anomalies during ENSO, but this might be attributed to the fact that the Niño 1+2 region is a relatively small region compared to the Niño 3.4 region that is used to define ENSO events. In general, the time series of SST and upwelling anomalies agree well just in the cases when ENSO events are prominently in the eastern Pacific.

INTRODUCCIÓN

El Niño oscilación del sur ENOS, es un fenómeno océano-atmosférico, y es considerado parte de las más importantes anomalías globales de energía en el clima de la Tierra. Fue denominado como El Niño por pescadores peruanos en el siglo XIX, quienes describieron el Niño como la corriente cálida que fluye a lo largo de la costa oeste de Sudamérica durante la época navideña. Debido a la fecha de ocurrencia se denominó a este fenómeno como El Niño. [*Cane*, 2005; *Philander*, 1990].

Sir Gilbert Walker inició el estudio de este fenómeno encontrando que la diferencia en presión atmosférica entre el océano Pacífico este y oeste estaba asociado al calentamiento y enfriamiento del océano. La diferencia de presión a nivel del mar fue denominada como la oscilación del Sur (SO) [*Walker*, 1923,1924;*Walker and Bliss*, 1932]. En 1969 el meteorólogo Jacob Bjerkness sugirió que El Niño y la oscilación del sur son parte del mismo fenómeno, y más tarde fueron denominados como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) [*Wang and Picaut*, 2004]. Por otra parte estableció que el calentamiento observado en el Pacífico central es derivado de un proceso de retroalimentaicón entre el océano y la atmósfera [*Wang and Picaut*, 2004; *Wang and Fiedler*, 2006], sin embargo este proceso positivo de retroalimentación causaría un calentamiento permanente del océano, y por lo tanto el cambio que detenía este calentamiento en algún punto, no era claro.

Más tarde se establecieron programas como el *Tropical Ocean-Global Atmosphere (TOGA)*, para tener un mejor entendimiento y predicción de los eventos ENOS. Después de 1980, fueron propuestos cuatro procesos de retroalimentación negativa para explicar el cambio de estado caliente a frío de este fenómeno que fue denominado como La Niña [*Philander*, 1990].

Es esperado que más de uno de estos osciladores o mecanismos de retroalimentación negativa operen al mismo tiempo. Ha sido sugerido un oscilador unificado o multimecanismo [*Wang* 2001; *Wang and Picaut*, 2004].

DATOS Y METODOLOGÍA

Para este análisis se empleó datos obtenidos de *Simple Ocean Data Assimilation (SODA)*, versión 2.2.4 [*Carton and Giese*, 2008], para explorar los cambios en los afloramientos durante eventos ENOS. El re-análisis usa el modelo *ParallelOceanProgram (POP)* [*Smith et al*., 1992], el mismo que tiene una resolución de 0.25° x 0.4° con 40 niveles verticales, y el software SODA para realizar el proceso de asimilación de datos. Para computar los procesos de mezcla vertical el modelo del océano emplea parameterización *K-Profile (KPP)*, mientras que para los procesos laterales de mezcla emplea un proceso bi-harmónico [*Carton and Giese*, 2008].

El modelo de circulación del océano es forzado usando el set de datos atmosféricos *20th Century Reanalysisversion 2 (20CRv2)* [*Whitaker et al*., 2004; *Compo et al*., 2006; *Compo et al*., 2008]. El modelo de circulación oceánica usa el estrés de viento del re-análisis atmosférico para computar los flujos de momento superficiales. Para el cómputo de flujos de calor y agua dulce el modelo del océano emplea datos del re-análisis atmosférico *20CRv2*. El re-análisis de la atmósfera emplea observaciones superficiales y un filtro *Kalman Ensemble* para la metodología de asimilación de datos [*Whitaker and Hamill*, 2002, *Whitaker et al*., 2004; *Anderson et al*., 2005; *Compo et al*., 2006]. La asimilación de las observaciones de temperatura y salinidad es realizada

cíclicamente cada 10 días. Las correcciones son introducidas en cada paso, y son calculadas siguiendo la metodología presentada por *Bloom et al.* [1996]. Los campos promedio de las salidas de temperatura, salinidad y velocidad son guardados cada 5 días, y luego son re-mapeados en una grilla horizontal de 0.5°x0.5° [*Jones*, 1999].

Los datos de la *WorldOceanDatabase 2009 (WOD09)* son empleados para obtener los perfiles de temperatura y salinidad [*Boyer et al*., 2009], y la temperatura superficial del mar es obtenida de la serie de datos *International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS 2.5)*. La corrección por rata de caída ha sido aplicada a los datos obtenidos por batitermógrafo expandible *(XBT)*, y batitermógrafo mecánico *(MBT)*, para corregir los errores de tendencia introducidos por estos instrumentos en las observaciones usadas en *SODA* [*Levitus et al.,* 2009].

ANÁLISIS Y RESULTADOS

El re-análisis del océano SODA 2.2.4 es empleado para explorar los cambios en los afloramientos en condiciones normales, y durante eventos ENOS. Se han explorado variables físicas y termodinámicas en el set de datos SODA 2.2.4.

Para este análisis se emplearon los eventos fuertes El Niño (CHI≥ 1.0), y La Niña (CHI ≤ -1.0), definidos de acuerdo al índice centro de calor (CHI) propuesto por Giese and Ray [2011]. (Figura 1).

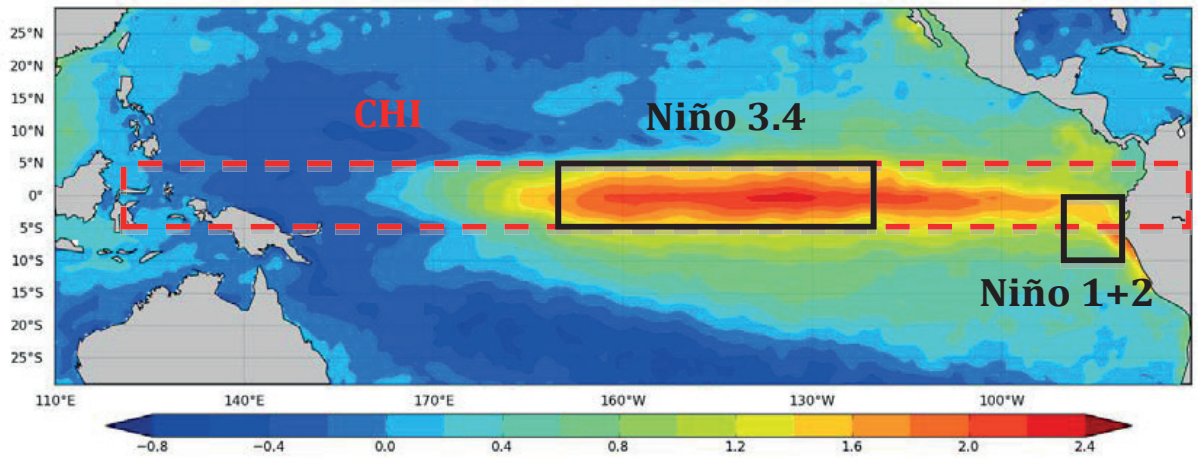

Figura 1.Figura compuesta de las anomalías de TSM para eventos El Niño. El recuadro en línea roja abarca el área en la que se analiza el índice CHI.

La región establecida para explorar el comportamiento de cada una de las variables comprende entre 170°O y 70°O en longitud, y entre 15°S y 15°N de latitud.

Los resultados de este análisis muestran que la temperatura superficial del mar, velocidad de arrastre, estrés de viento, profundidad de la capa de mezcla, curl de estrés de viento, y anomalías de contenido calórico se comportan generalmente de acuerdo a la teoría de eventos ENOS. (Figuras 2 y 3).

Los resultados obtenidos explorando las anomalías de velocidad de arrastre definida como la velocidad vertical en la base de la capa de mezcla presentan una distribucion bastante irregular, permitiendo confirmar además que durante años El Niño la velocidad de arrastre asociada con afloramientos decrece, mientras que durante los años La Niña esta variable incrementa.

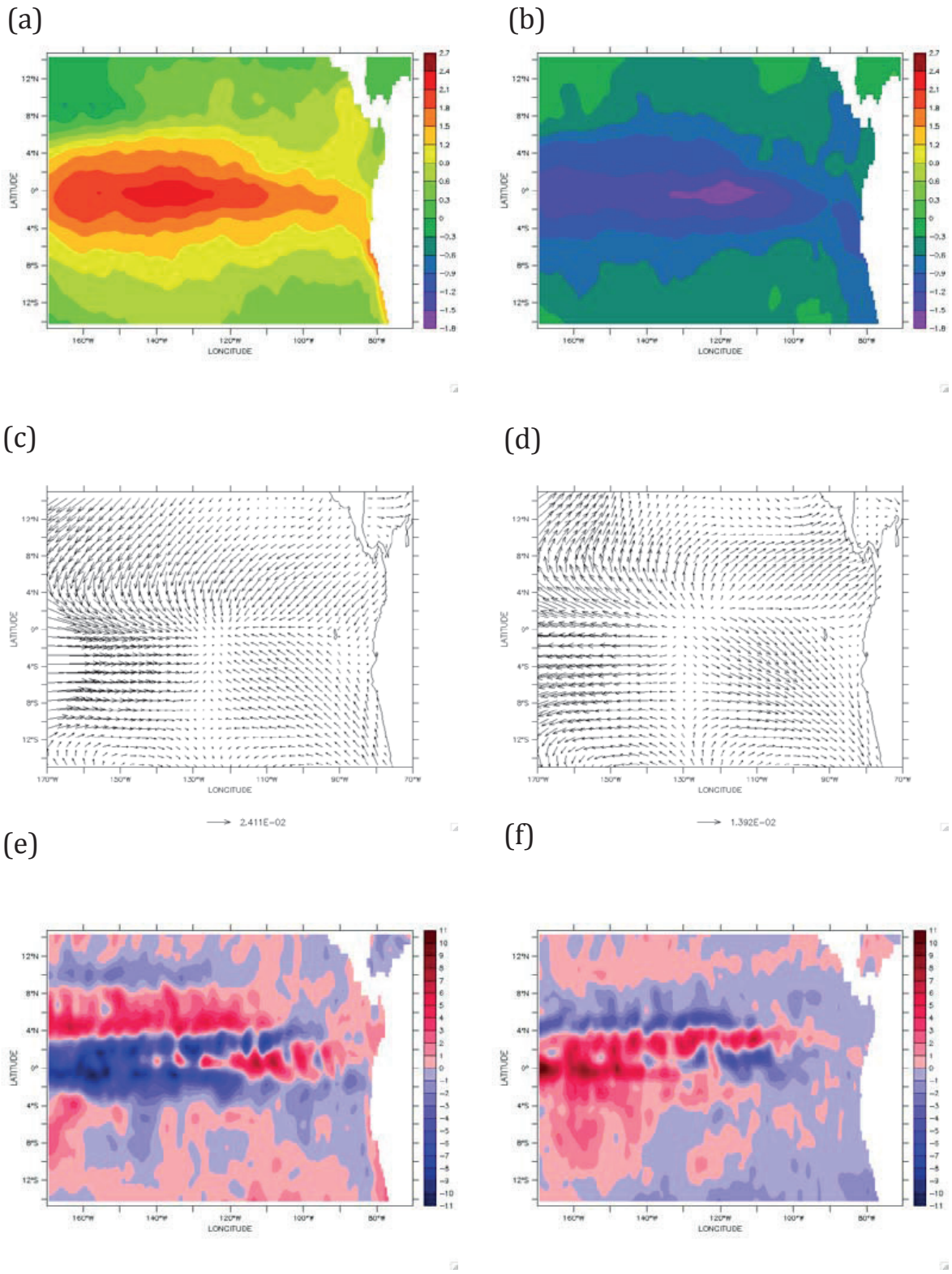

Figura 2.Figuras compuestas de las anomalías de El Niño (CHI≥1) de TSM (a), Estrés de viento (c), y velocidad de arrastre(e), y para La Niña (CHI≤-1) de TSM (b), Estrés de viento (d), y velocidad de arrastre (f) en SODA 2.2.4.

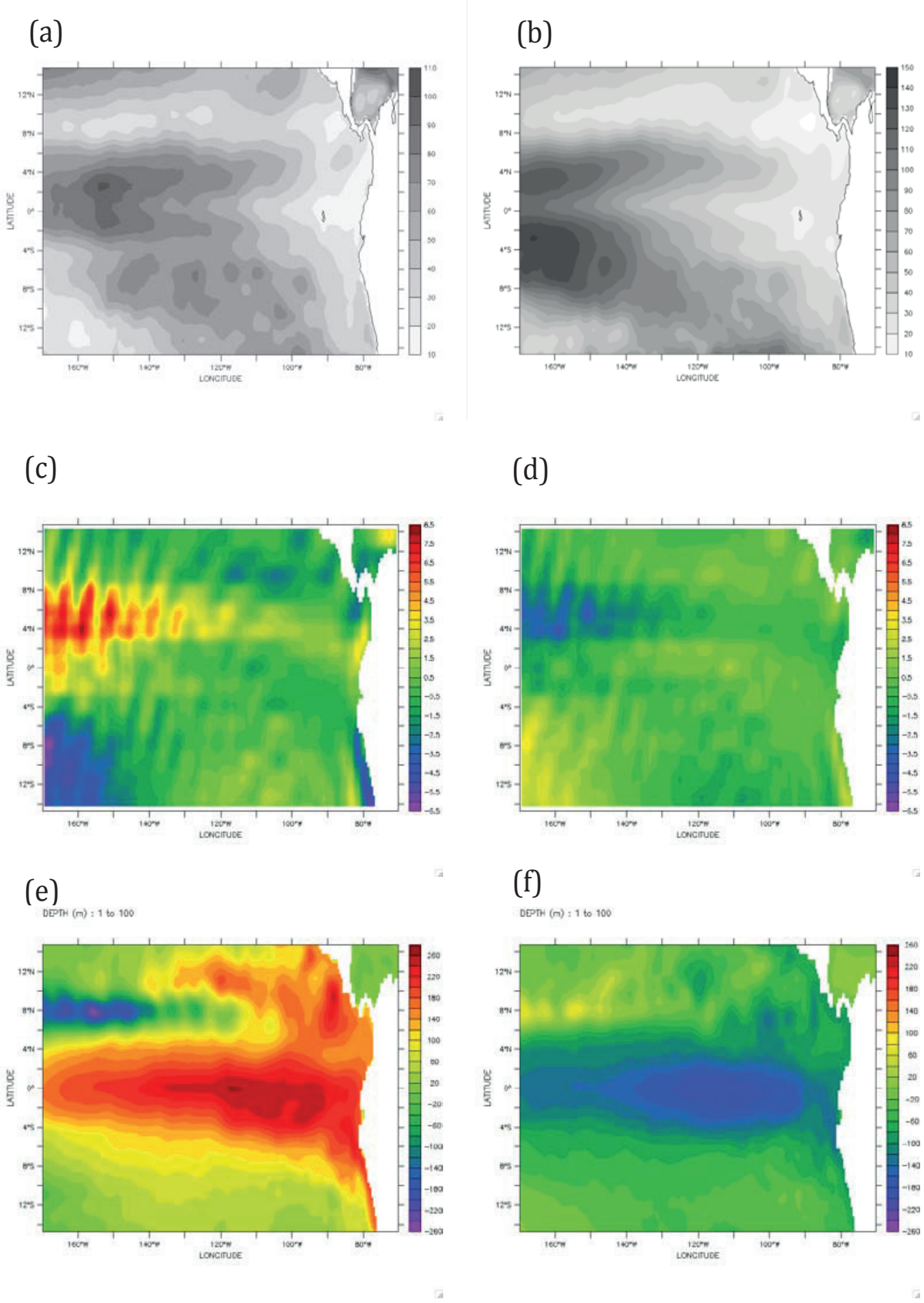

Figura 3. Figuras compuestas de El Niño (CHI≥1) de la profundidad de la capa de mezcla (a), anomalía del curl de estrés de viento (c), y anomalía de contenido calórico (e), y para La Niña (CHI≤-1) profundidad de la capa de mezcla (b), anomalía del curl de estrés de viento (d), y anomalía del contenido calórico (f) en SODA 2.2.4.

El análisis de las anomalías del estrés de viento durante eventos El Niño presenta anomalías de viento del oeste que son mayores durante eventos fuertes El Niño; durante La Niña los vientos del este son mayores debido a un alto gradiente de presión, en concordancia con la teoría de eventos ENOS.

El gráfico compuesto de anomalías de temperatura superficial del mar presenta un calentamiento de 2.7°C centrados en 140° O, consistente con previas descripciones de El Niño.

Debido al comportamiento irregular de la velocidad de arrastre se exploraron también secciones zonales y meridionales de velocidad vertical, mostrando la compleja distribución de los cambios en afloramientos en el Pacífico tropical durante eventos ENOS.

Los resultados del análisis de la profundidad de capa de mezcla presentaron durante eventos El Niño en el Océano Pacífico Este profundidades de 12 m, y en el Pacífico Oeste profundidades de alrededor de 104m. Durante La Niña la profundidad de la capa de mezcla en el Pacífico Ecuatorial del Este se sitúa cerca de los 5 metros de profundidad mientras que en el Pacífico Oeste se profundiza alcanzando los 145m. Para verificar el comportamiento de los afloramientos durante eventos ENOS, se aplicaron tres métodos de análisis. En el primer método se computaron los afloramientos circunscritos en las áreas de anomalías de TSM de acuerdo al índice de centro de calor (CHI), el segundo método calcula el índice de centro de afloramientos (CUI), y en el tercer método se calculan los afloramientos en la región Niño 1+2 durante eventos ENOS. La metodología aplicada en los tres métodos es similar, sin embargo las áreas y condiciones empleadas para calcular los parámetros en cada caso, son diferentes.

Empleando el primer método se calcularon las ratas de afloramiento en las áreas CHI. Los cambios de las ratas de afloramientos se calcularon empleando las anomalías de velocidad de arrastre. La amplitud de las anomalías de la velocidad de arrastre durante los años El Niño presenta prominente variabilidad decadal durante todo el registro que cubre el set de datos (1871-2008).

Los mayores picos de amplitud se presentan en la primera y última parte del registro, mientras que la parte media la variabilidad es menor. Este resultado es concordante con el presentado por Giese and Ray [2011], quienes mostraron un comportamiento similar para la temperatura superficial del mar. En el caso de La Niña se muestra también variabilidad decenal, sin embargo es inferior a la presentada durante eventos El Niño. Empleando este método también se determinó que durante eventos El Niño, las mayores anomalías negativas de velocidad de arrastre se sitúan entre 160°O y 140°O, mientras que durante eventos La Niña las anomalías ocurren sobre un rango más amplio de longitudes que abarcan entre 180°O y 110°O. Los resultados muestran que las amplitudes de las anomalías de TSM computadas para el cálculo del CHI, y las anomalías de amplitud de velocidad de arrastre no presentan una fuerte correlación, con valores de 0.13 durante eventos El Niño, y 0.19 durante eventos La Niña, sugiriendo que los afloramientos no explican de una forma significante los cambios observados en temperatura superficial del mar. En una comparación de las series de datos de amplitud del índice CHI, y la amplitud de las anomalías de la velocidad de arrastre se observa que durante eventos El Niño no presentan una relación directa con los cambios en las ratas de afloramiento. Durante eventos La Niña no existe una relación clara entre los picos de amplitud de los afloramientos y los picos de las anomalías de TSM, sin embargo cuatro picos mayores de afloramientos coinciden con los eventos La Niña más significativos. (Figura 4).

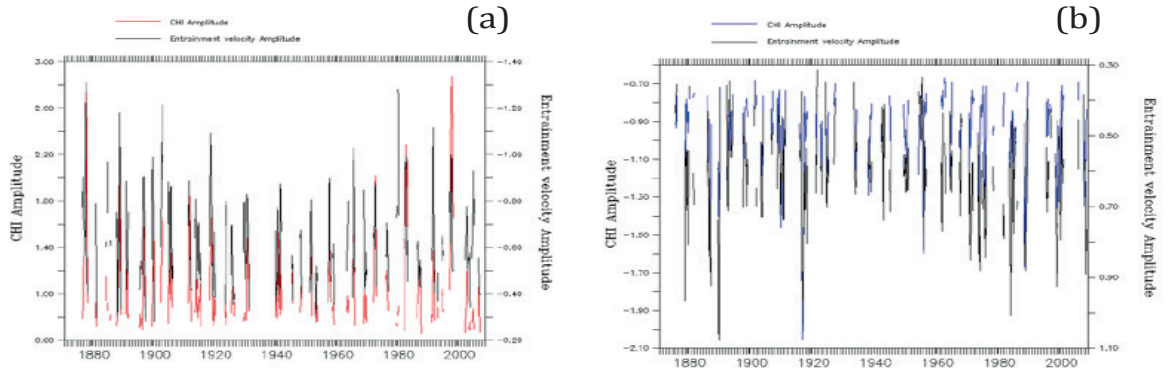

Figura 4. Series de tiempo de la amplitud de las anomalías de la velocidad de arrastre (negro), y amplitud CHI para eventos El Niño (a), y La Niña (b).

También se puede determinar que las anomalías de TSM están desplazadas al este de los centros de afloramiento durante eventos ENOS.

El segundo método emplea un nuevo Índice Centro de afloramientos (CUI) por sus siglas en inglés para computar los cambios en afloramientos circunscritos en las áreas de mayor anomalías de velocidad de arrastre o áreas CUI. Los resultados muestran que la amplitud de las anomalías durante periodos de reducido afloramiento presentan una variabilidad alta con valores picos en la primera y última parte del récord, mientras que durante periodos de afloramientos más fuertes la variabilidad es menor.

Los centros de los afloramientos se ubican entre 180ºO y 150º O para ambos estados (calientes y fríos). También se verifica que las anomalías negativas de velocidad de arrastre para la primera y última parte del récord se sitúan al este de las anomalías de la parte media del récord. El análisis de las anomalías positivas de velocidad de arrastre muestra que existe una alta ocurrencia del nuevo índice CUI en la última parte del récord. Los resultados obtenidos empleando este método muestran una débil correlación entre la amplitud de los índices CHI y CUI de 0.09 para los casos de eventos El Niño, y una correlación de 0.23 para eventos La Niña. Se enfatiza que a pesar del hecho que ambos índices son calculados independientemente, los tiempos de ocurrencia en los que se producen las mayores amplitudes concuerdan bastante bien, y es claro que el cambio en la rata de los afloramientos contribuye a la generación de anomalías de TSM para eventos El Niño y La Niña. Sin embargo, en eventos fuertes El Niño y La Niña, las anomalías de TSM no tienen una relación directa con los cambios en los afloramientos. Otros procesos como advección zonal, o flujos de calor deben ser considerados para explicar la magnitud de eventos calientes, y fríos. La distribución de las posiciones en longitud de la ocurrencia del índice CUI, es más compacta que para los casos de CHI, expandiéndose en el Pacífico Central desde 180º E a 155º O, y los centros de los afloramientos están generalmente al oeste de los centros de anomalías de TSM.

Adicionalmente, con este método se ha podido determinar que las áreas sobre las cuales se ubican las anomalías de TSM o CHI áreas son mucho mayores a las áreas de CUI para eventos ENOS . (Figura 5).

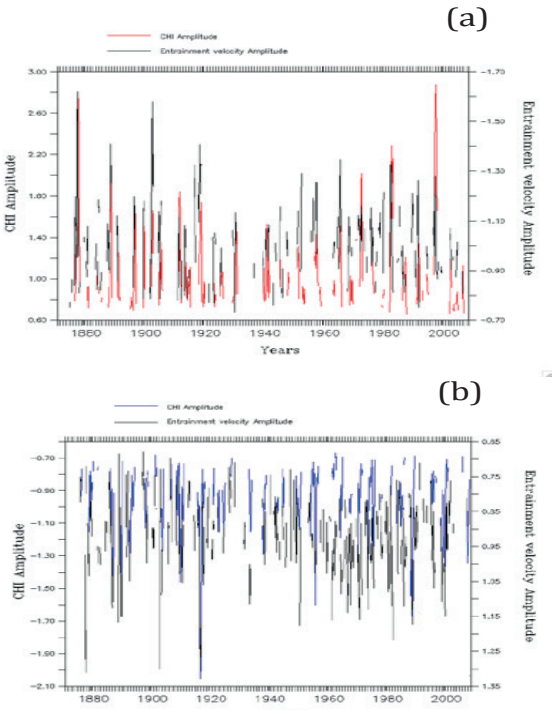

Figura 5.Series de tiempo de amplitud de CUI (negro), y amplitud CHI para eventos El Niño (a), y La Niña (b).

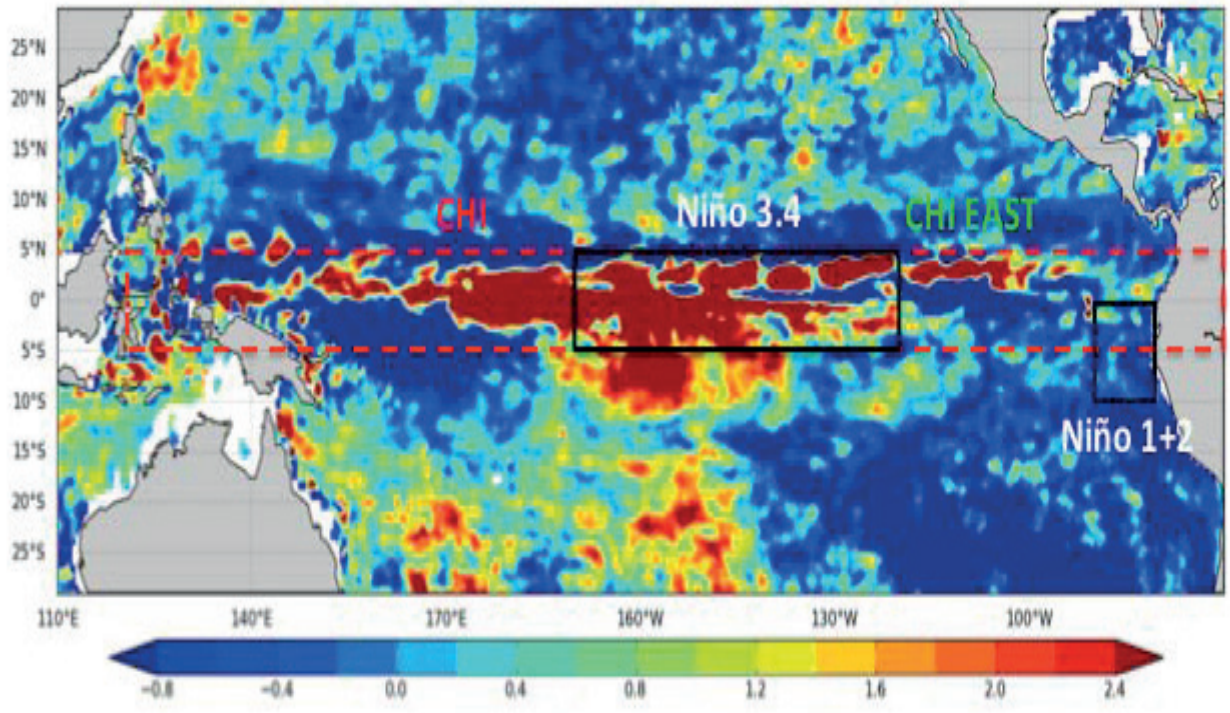

Figura 6.Figura compuesta de las anomalías de velocidad de arrastre durante eventos La Niña. Los recuadros de las regiones CHI y Niño 1+2 abarcan las regiones que se comparan para el análisis del comportamiento de los afloramientos.

Para el tercer método de cálculo se computaron los cambios en los afloramientos en la región Niño 1+2 durante eventos ENOS usando dos técnicas. (Figura 6). Para la primera técnica la ocurrencia del índice CHI es empleada, es decir que para cada ocurrencia de un evento CHI que define eventos ENOS, el cómputo de los afloramientos es realizado. La segunda técnica considera únicamente la ocurrencia de eventos El Niño y La Niña ubicados en el Océano Pacífico Este para identificar los cambios en los afloramientos. Aplicando la primera técnica de análisis en este tercer método se determinó que durante eventos El Niño la amplitud de las anomalías negativas de velocidad de arrastre muestra poca variabilidad durante la mayor parte del récord, mientras que para eventos La Niña la variabilidad de amplitud es mayor. Adicionalmente, existe una ligera tendencia de ocurrencia de eventos con fuertes afloramientos en el periodo desde 1960 hasta el 2000. Los resultados de los análisis de correlación entre en índice centro de calor CHI, y la amplitud de las anomalías de la velocidad de arrastre en la región Niño 1+2 presentan un valor de 0.23 para eventos El Niño, y de 0.0053 para eventos La Niña. Las bajas correlaciones podrían ser debido al hecho de que esta metodología compara eventos ENOS que ocurren sobre todo el rango de latitudes del océano Pacífico tropical, con cambios en afloramientos que ocurren en una región relativamente pequeña en el Pacífico Este.

Los resultados obtenidos las series de datos de amplitud del CHI y la amplitud de los afloramientos en la región Niño 1+2, muestran que únicamente para eventos ENOS en el periodo de 1960 a 1980 las series de tiempo se ajustan bastante bien , mientras que para los demás periodos del récord casi no existe una correlación. (Figura 7).

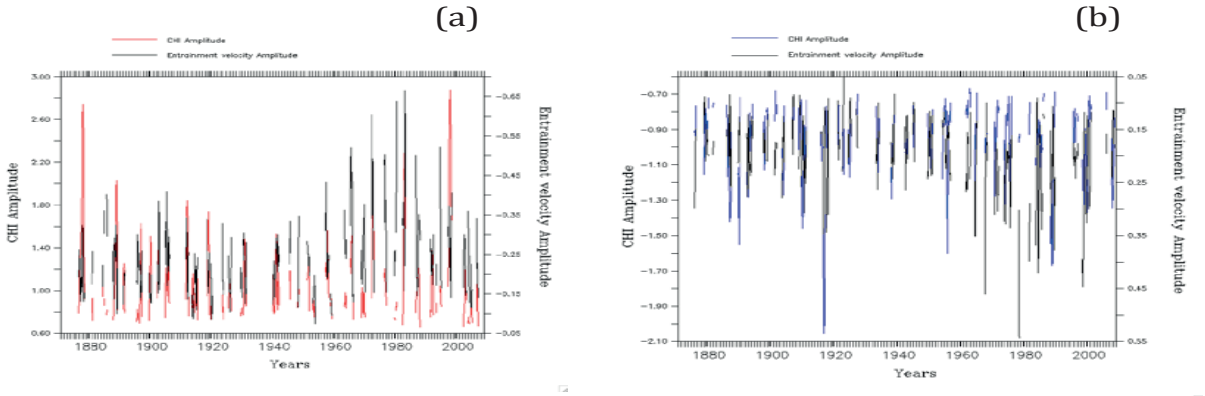

Figura 7.Serie de tiempo de amplitud de anomalías de velocidad de arrastre (negro) en la región Niño 1+2, y amplitud CHI para El Niño (a), y para La Niña (b) eventos

A través de la segunda técnica para determinar los cambios de los afloramientos en la región Niño 1+2 para eventos ENOS localizados en el Océano Pacífico Este, se determinó que durante eventos El Niño la distribución de la amplitud presenta una variabilidad moderada, mientras que para el caso de La Niña la variabilidad es poco significativa. Se esperaba una fuerte correlación entre eventos ENOS localizados únicamente en el Pacífico Este evaluados bajo una modificación del índice CHI este, y la velocidad de arrastre en la región Niño 1+2, sin embargo para eventos El Niño es de 0.024, y para La Niña casi no existe correlación. Analizando la amplitud de las series de datos del índice CHI Este, y los afloramientos en la región Niño 1+2, se pudo verificar que las amplitudes se ajustan únicamente en los años desde 1958 a 1982. Desde 1958 hacia delante se presentan eventos que prominentemente ocurren en el Pacífico Este (1957-1958, 1969-1970, 1972-1973, 1982-1983, y 1997-1998). El evento El Niño de 1969 presenta un comportamiento inusual en el que a pesar de existir fuertes anomalías de velocidad de arrastre existe relativamente poco calentamiento de la TSM.

Las amplitudes de eventos La Niña localizados en el este y evaluados con el índice CHI Este, y las amplitudes de los afloramientos se ajustan bastante bien durante tres específicos periodos entre (1889-1890, 1917-1918, y 1988-1989), que corresponden a tres eventos fuertes. (Figura 8).

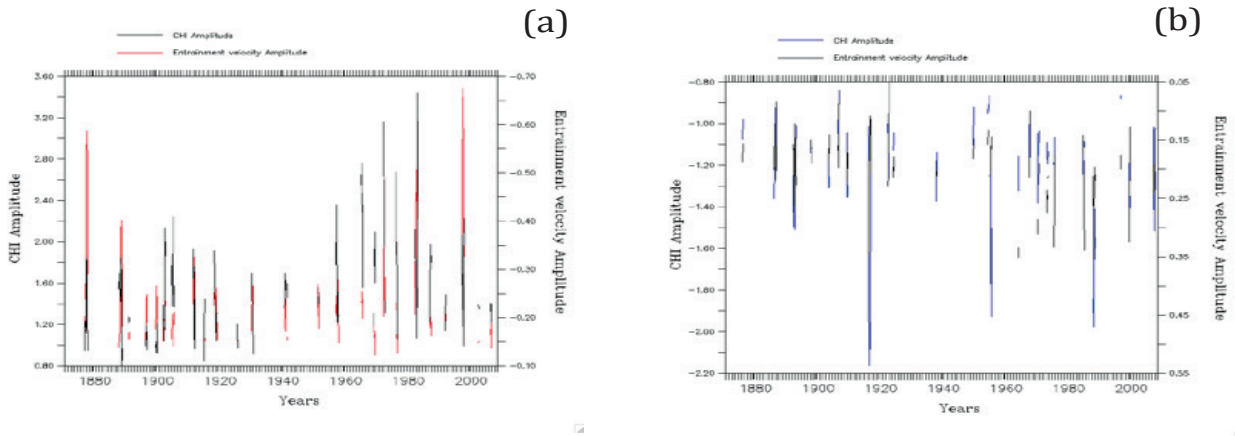

Figura 8.Serie de tiempo de amplitud de anomalías de velocidad de arrastre (negro) en la región Niño 1+2, y amplitud CHI Este, para El Niño (a), y para La Niña (b) eventos.

CONCLUSIONES

El re-análisis del océano SODA 2.2.4 que cubre un periodo de 140 años ha sido empleado para explorar los cambios en los afloramientos en condiciones normales, y durante eventos ENOS en el Océano Pacífico central y este. Para el análisis se verificó el comportamiento de variables físicas y termodinámicas del set de datos entre las que se encuentran: temperatura superficial del mar, velocidad de arrastre, estrés de viento, profundidad de la capa de mezcla, curl de estrés de viento, y anomalías de contenido calórico que se comportan generalmente de acuerdo a la teoría de eventos ENOS. Para la segunda parte de la investigación se analiza el comportamiento de los afloramientos representados para esta investigación con la velocidad vertical en la base de la capa de mezcla o velocidad de arrastre, y las anomalías de TSM calculadas para eventos ENOS definidos bajo el índice centro de calor CHI. En los tres métodos de análisis se verifica que no existe una directa correlación entre las anomalías de la velocidad de arrastre y las anomalías de TSM, lo que implica que el comportamiento y distribución de la TSM no responde directamente a los afloramientos, y se sugiere investigar procesos como advección zonal, y flujos de calor para entender mejor como contribuyen estos procesos al calentamiento o enfriamiento respectivamente. La investigación permite concluir además que los centros en los que se presentan los mayores afloramientos se ubican al oeste de los centros de anomalías de TSM durante eventos ENOS. Así mismo las áreas en las que se presentan las mayores anomalías de afloramientos son de menor tamaño que las áreas en las que se presentan las anomalías de TSM que definen los eventos ENOS bajo el índice CHI.

REFERENCIAS

Anderson, J. L., B. Wyman, S. Zhang, and T. Hoar (2005), Assimilation of surface pressure observations using an ensemble filter in an idealized global atmospheric prediction system, *J. Atmos. Sci.*, *62*, 2925–2938.

Bloom, S. C., L. L. Takacs, A. M. da Silva, and D. Ledvina (1996), Data assimilation using incremental analysis updates, *Mon. Weather Rev.*, *124*, 1256-1271, doi:10.1175/1520-0493(1996)124<1256:DAUIAU>2.0.CO;2.

Boyer, T. P., J. I. Antonov, O. K. Baranova, H. E. Garcia, D. R. Johnson, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, T. D. O'Brien, D. Seidov, I. V. Smolyar, and M. M. Zweng (2009), *World Ocean Database 2009*, *NOAA Atlas NESDIS*, vol. 66, edited by S. Levitus, 216 pp., DVDs, U.S. Govt. Print. Off., Washington, D. C.

Carton, J. A., and B. S. Giese (2008), A reanalysis of ocean climate using simple ocean data assimilation (SODA), *Mon. Weather Rev.*, *136*, 2999-3017, doi:10.1175/2007MWR1978.1.

Compo, G. P., J. S., Whitaker, and P. D. Sardeshmukh (2006), Feasibility of a 100-year reanalysis using only surface pressure data, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, *87*, 175-190, doi:10.1175/BAMS-87-2-175.

Compo, G. P., J. S., Whitaker, and P. D. Sardeshmukh (2008), The 20th century reanalysis project, paper presented at Third WCRP International Conference on Reanalysis, Univ. of Tokyo, Tokyo, 28 Jan. to 1 Feb. (Available at http://wcrp.ipsl.jussieu.fr/Workshops/Reanalysis2008/Documents/V5-511_ea.pdf).

Giese, B.S., and S. Ray (2011), El Niño variability in simple ocean data assimilation (SODA), 1871-2008, *J. Geophys. Res.*, *116*, C02024, doi:10.1029/2010JC006695.

Jones, P. W. (1999), First and second order conservative remapping schemes for grids in spherical coordinates, *Mon. Weather Rev.*, *127*, 2204-2210, doi:10.1175/1520-0493(1999)127<2204:FASOCR>2.0.CO;2.

Levitus, S., J. I. Antonov, T. P. Boyer, T. A. Locarnini, H. E. Garcia, and A. V. Mishonov (2009), Global ocean heat content 1955-2008 in light of recently revealed instrumentation problems, *Geophys. Res. Lett.*, *36*, L07608, doi:10.1029/2008GL037155.

Perugachi Salamea, Carlos (2011). Analysis of Upwelling Changes in the Eastern Equatorial Pacific during El Niño Southern Oscillation. Master's thesis, Texas A&M University. Available electronically from http : / /hdl .handle .net /1969 .1 /ETD -TAMU -2011 -12 -10374.

Philander, S. G. (1990), *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, 289pp., Academic Press, London.

Smith, R. D., J. K. Dukowicz, and R. C. Malone (1992), Parallel ocean general circulation modeling, *Physica D*, *60*, 38-61, doi:10.1016/0167-2789(92)90225-C.

Walker, G. T. (1923), Correlation in seasonal variations of weather. VIII. A preliminary study of world weather, *Mem. Indian Meteorol. Dep*., *24*, 75-131.

Walker, G. T. (1924), Correlation in seasonal variations of weather. IX. A further study of world weather, *Mem. Indian Meteorol. Dep*., *24*, 275-332.

Walker, G. T., and E. W. Bliss (1932), World weather, V. *Mem. R. Meteorol. Soc*., *4*, 53-84.

Wang, C. (2001), A unified oscillator model for the El Niño-Southern Oscillation, *J. Clim*., *14*, 98-115.

Wang, C. and P. Fiedler (2006), ENSO variability and the Eastern Tropical Pacific: A review, *Prog. in Oceanog.*, *69*, 239-266, doi:10.1016/j.pocean.2006.03.004.

Wang, C. and J. Picaut (2004), Understanding ENSO Physics-A review, In: Wang, C., Xie, S. P., Carton, J. (Eds), Earth's Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction, *Geophysical Monograph Series*, *147*, 21-48, doi:10.1029/147GM02.

Whitacker, J. S., and T. M. Hamill (2002), Ensemble data assimilation without perturbed observations, *Mon. Weather Rev.*, *130*, 1913-1924, doi:10.1175/1520-0493(2002)130<1913:EDAWPO>2.0.CO;2.

Whitacker, J. S., G. P. Compo, X. Wei, and T. M. Hamill (2004), Reanalysis without radiosondes using ensemble data assimilation, *Mon. Weather Rev*., *132*, 1190-1200, doi:10.1175/1520-0493(2004)132<1190:RWRUED>2.0.CO;2.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS MASAS DE AGUAS COSTERAS ECUATORIANAS, DURANTE EL EVENTO "LA NIÑA" 1999-2000

Paulina Carrillo[1]

RESUMEN

El objetivo de este artículo es aportar al conocimiento de las características químicas de las masas de agua en un evento frío como "La Niña", que en los años 1999-2000 se manifestó con más fuerza.

Se efectuó la ubicación de las masas de agua, en las estaciones fijas La Libertad y Manta, la caracterización de las mismas con parámetros como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y micronutrientes inorgánicos (fosfatos, silicatos, nitritos y nitratos), estableciéndose la presencia de las masas de agua ATS, AES, ACP, AESS y se comparó con un año considerado como normal, 1994 en ambas estaciones costeras ecuatorianas.

Se determinó que las diferentes masas de agua se presentaban más oxigenadas y ricas en nutrientes, durante el desarrollo del fenómeno "La Niña", que en el año neutro.

Palabras Claves: La Niña, características químicas, masas de agua.

ABSTRACT

The objective of this article was to show the impact of a cold phenomenon such as "La Niña" during a multi-year period. The study was conducted by measuring the chemical characteristics of masses of water and comparing them to the characteristics shown in 2000 where the activity of this phenomenon was the strongest.

The masses of water were located based on their characterization with parameters such as temperature, salinity, dissolved oxygen and inorganic micronutrients (phosphates, silicates, nitrites, and nitrates). These parameters were measured in 1994, a year considered as normal activity and in those years where "La Niña" was observed with greater intensity. The masses of water ATS, AES, ACP, AESS were established during the years of analysis

The different water masses had more oxygenated, nutrient rich, during the development of "La Niña", that in neutral year.

Key Words: La Niña, chemical characteristics, masses of water

1 Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Departamento de Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador.
Email: pcarrillo@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

El clima mundial siempre ha experimentado la influencia de la interacción entre la atmósfera de la Tierra y los océanos, y fenómenos como "El Niño" y "La Niña" forman parte intrínseca del mismo y se han documentado durante siglos. Sin embargo, hoy en día se habla más de ellos que en el pasado porque, gracias a la investigación, ahora se entienden mejor estos fenómenos y sus consecuencias en el clima mundial (Camilo de Meló 1998).

Se han realizado varios estudios referentes al comportamiento de parámetros físicos químicos durante la ocurrencia de eventos ENOS, y de acuerdo a "Okuda et-al 1983, tomando en cuenta la descripción de las masas de agua en el Pacífico oriental por Wyrtki, 1967, Zuta y Guillen en Perú 1970 y Enfield 1976, en la región norte del Frente ecuatorial 1976, se determinó la distribución de nutrientes en las aguas frente a Ecuador para la época entre 1975 y 1980; Valencia, Rodríguez 1996, caracterizaron químicamente las masas de agua costeras ecuatorianas durante ENSO 1993-1998" (Valencia et al 1998), Palacios, Burgos 2007, con el Estudio de la Calidad del agua en el área marino-costera estaciones fijas, siendo necesario contribuir con el estudio y caracterización de las masas de agua en eventos fríos como "La Niña" presentado con mayor intensidad en nuestro país los años de 1999-2000.

Por lo general, "La Niña" provoca un aumento de las precipitaciones en el noreste de Brasil, Colombia y en la zona septentrional de América del Sur, así como la deficiencia de las precipitaciones en Uruguay y en algunas zonas de Argentina. Generalmente, se observan condiciones más secas de lo habitual a lo largo de la costa de Ecuador y en el noroeste de Perú.

Los episodios de "La Niña" se caracterizan por un flujo de la corriente en chorro de tipo ondulatorio sobre Estados Unidos de América y Canadá durante el invierno boreal. Además, en el norte el frío es más intenso y la actividad tormentosa es superior a la normal, mientras que en el sur hace más calor y se producen menos tormentas.

El propósito del presente trabajo es contribuir al conocimiento del origen y desarrollo del evento "La Niña" mediante la determinación de las características hidroquímicas de las masas de agua presentes en el evento 2000, y compararlos con 1994 año considerado por varios autores como normal, utilizando para ello la información obtenida en los monitoreos realizados en las dos estaciones fijas ecuatorianas ubicadas a 10 y 8 millas en las ciudades de La Libertad y Manta respectivamente.

ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en base a la información obtenida en dos estaciones fijas costeras ecuatorianas, cuya ubicación es 10 y 8 millas costa afuera frente a las ciudades de:

La Libertad Lat. 02º03´55", Long 81º 07´15".

Manta a Lat. 0º 52´60", Long 80º49´60", (Figura 1)

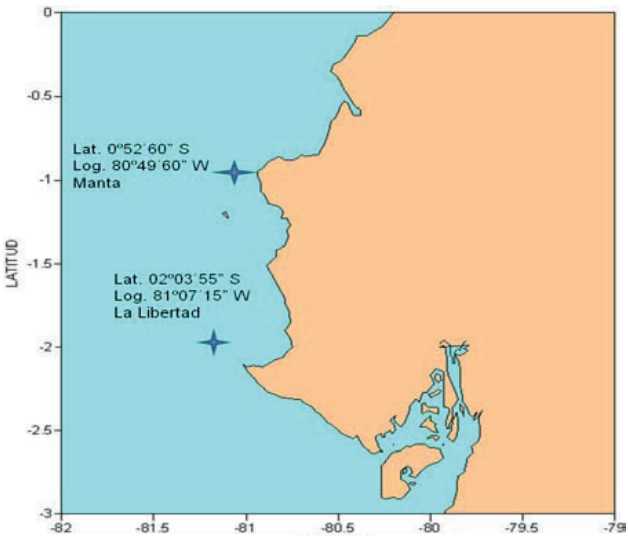

Figura 1 Área de Estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

- Los recursos empleados para la realización del presente trabajo fueron:

- Base de datos de los monitoreos en estaciones La Libertad y Manta fijas a 10 y 8 millas costa afuera respectivamente, desde marzo 1999 hasta febrero 2001, período donde "La Niña" se manifestó con mayor fuerza, según lo establece la tabla de la NOAA 2011 de variaciones térmicas en la región Niño 3.4 (tabla 1).

- Programas estadísticos para procesamiento de datos y gráficos.

- Equipos informáticos.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1994	0.2	0.2	0.3	0.4	**0.5**	**0.5**	**0.6**	**0.6**	**0.7**	**0.9**	**1.2**	**1.3**
1999	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.8**	**-0.8**	**-0.8**	**-0.9**	**-0.9**	**-1.0**	**-1.1**	**-1.3**	**-1.6**
2000	**-1.6**	**-1.4**	**-1.0**	**-0.8**	**-0.6**	**-0.5**	**-0.4**	**-0.4**	**-0.4**	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**
2001	**-0.6**	**-0.5**	**-0.4**	**-0.2**	**-0.1**	**0.1**	**0.2**	**0.2**	**0.1**	**0.0**	**-0.1**	**-0.1**

Tabla 1. VARIACIONES TÉRMICAS EN LA REGIÓN NIÑO 3.4
En rojo eventos cálidos en negro neutros y en azul eventos fríos.
Fuente: NOAA 2011

Metodología de campo:

Para la toma de las muestras de agua para los diferentes parámetros químicos (oxígeno disuelto, nutrientes inorgánicos) se utiliza una botella Van Dorn, la misma que se lanza de forma manual desde la superficie hasta los 100 m. de profundidad cerrándose a los niveles estándares (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m). Las muestras de agua para el análisis químico son separadas en dos alícuotas, para oxígeno disuelto y nutrientes. Los valores de salinidad y temperatura son obtenidos mediante la utilización de CTD SEA BIRD el instrumento colecta los resultados al subir desde los 100 m. de profundidad hacia la embarcación y la información es registrada luego de bajar los datos del programa SEASOFT de la SeaBird.

Metodología de laboratorio:

Las muestras de oxígeno disuelto deben ser procesadas lo más rápido posible y su contenido se determina por el método Iodométrico.

Las muestras para nutrientes son filtradas con filtros de 0.45µm y conservadas por congelamiento a -20ºC, por los métodos descritos según el manual de Strickland & Parsons.

Frecuencia de muestreo.

Las estaciones costa afuera de La Libertad y Manta se vienen ejecutando desde diciembre de 1988 y 1991 respectivamente con muestreos cada 30 días, y en los últimos años se realizan en los primeros meses del año cada 15 días, para el presente documento se ha utilizado los datos de meses donde el evento "La Niña" se manifestó con mayor intensidad desde marzo 1999 hasta febrero 2001 y los resultados obtenidos en el año 1994 declarado año neutro de acuerdo a (Valencia, De Morán 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

RESULTADOS

Mediante análisis de parámetros tales como: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, micronutrientes inorgánicos (nitrito, nitrato, fosfato y silicato), se clasifican las masas de agua de las dos estaciones fijas La Libertad y Manta en el evento "La Niña" 1999 - 2000, basándose en las características citadas por (Okuda et-al, 1983).

LA LIBERTAD:

Los monitoreos realizados desde marzo 1999 hasta febrero 2001 suman un total de 21 muestreos, obteniendo los siguientes resultados Tabla 2.

MASAS DE AGUA	ESTADÍSTICO	T °C	SALINIDAD ‰	OXÍGENO ml/l	NITRATO ugat/l	NITRITO ugat/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l
ATS	PROMEDIO	25,80	32,80	5,13	0,69	0,04	0,27	4,67
	MAXIMO	26,30	34,56	5,93	4,36	0,13	0,52	14,00
	MINIMO	25,04	25,97	4,74	0,05	0,00	0,05	1,34
AES	PROMEDIO	21,98	33,98	4,55	4,20	0,14	0,64	6,59
	MAXIMO	24,74	35,11	5,93	16,88	0,73	1,39	21,55
	MINIMO	19,01	32,26	2,47	0,02	0,00	0,05	0,10
ACP	PROMEDIO	16,74	34,94	2,84	13,91	0,41	1,51	14,90
	MAXIMO	18,99	35,29	4,02	25,37	0,98	2,33	28,70
	MINIMO	15,03	34,30	1,30	3,01	0,00	0,50	0,78
AESS	PROMEDIO	14,25	34,95	2,00	22,60	0,26	1,93	21,35
	MAXIMO	15,00	35,02	2,82	29,25	0,87	2,70	32,28
	MINIMO	13,47	34,86	1,34	15,48	0,00	1,30	2,37

Tabla 2. CONTENIDO FÍSICO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA "LA NIÑA" 1999-2000.

ATS: Se observa ésta masa de agua a nivel superficial, solo en mayo del 99 se lo aprecia hasta 20 metros de profundidad.

AES: Se encuentra a nivel superficial hasta un promedio de 20 metros de profundidad, únicamente en los meses de abril del 2000 y febrero del 2001, se aprecia hasta 40 metros.

ACP: Aparece en todos los monitoreos realizados, pero nivel superficial únicamente se lo encuentra en el primer trimestre de 1999 y el 2000, la mayor distribución se manifiesta a los 50 metros de profundidad de los meses de estudio, y se presenta hasta 100 metros de profundidad los meses de mayo, julio, agosto y septiembre del 99 así como mayo junio del 2000.

AESS: Presente en el 47,6% de los monitoreos motivo de estudio, manifestándose a nivel más superficial (40 metros de profundidad) a fines del 99 e inicios del 2000, su mayor distribución se encuentra a los 100 metros de profundidad.

MANTA:

Los monitoreos realizados desde marzo 1999 hasta febrero 2001 suman un total de 11 muestreos, obteniendo los siguientes resultados Tabla 3.

MASAS DE AGUA	ESTADÍSTICO	T °C	SALINIDAD ‰	OXÍGENO ml/l	NITRATO ugat/l	NITRITO ugat/l	FOSFATO ugat/l	SILICATO ugat/l
ATS	PROMEDIO	26,28	32,81	4,98	0,63	0,08	0,26	3,74
	MÁXIMO	27,10	34,97	6,01	3,87	0,36	1,13	9,56
	MÍNIMO	25,03	31,24	4,15	0,04	0,02	0,04	0,96
AES	PROMEDIO	22,55	33,89	4,62	4,78	0,16	0,43	6,13
	MÁXIMO	24,71	35,03	5,80	14,42	0,48	1,33	17,06
	MÍNIMO	19,17	32,17	3,53	0,02	0,00	0,03	0,40
ACP	PROMEDIO	16,64	34,97	3,02	15,98	0,51	1,37	15,37
	MÁXIMO	18,76	35,12	4,47	37,56	1,60	3,24	39,15
	MÍNIMO	15,07	34,68	2,12	4,10	0,00	0,07	0,79
AESS	PROMEDIO	14,20	34,95	2,17	20,94	0,45	1,95	18,96
	MÁXIMO	14,95	34,99	3,85	37,92	0,94	3,28	38,45
	MÍNIMO	13,61	34,91	1,58	2,14	0,02	0,64	4,06

Tabla 3 CONTENIDO FÍSICO QUÍMICO DE LAS MASAS DE AGUA "LA NIÑA" 1999-2000

ATS: Se observa ésta masa de agua a nivel superficial, solo en enero 2001 se lo encuentra hasta 20 metros de profundidad.

AES: Se encuentran a nivel superficial hasta 20 metros de profundidad promedio, únicamente en los meses de Mayo de 1999 y Junio del 2000, se los aprecia hasta 40 metros de profundidad, esta masa de agua aparece en la mayoría de los monitoreos realizados.

ACP: Aparece a nivel superficial únicamente en marzo de 1999 y del 2000, la mayor distribución se manifiesta a los 50 metros de profundidad de los meses de estudio, y se presenta hasta 100 metros de profundidad los meses de marzo, mayo, julio, y septiembre del 99 así como mayo, junio del 2000 y febrero del 2001.

AESS: Se encuentra a fines del 99, febrero y marzo del 2000 y en enero del 2001, se observa a 30 metros de profundidad, en febrero del 2000, y enero 2001, su mayor distribución se encuentra a los 100 metros de profundidad debido a su baja temperatura y alta salinidad.

EN "LA NIÑA" 1999-2000. En orden decreciente en el porcentaje de manifestación de las masas de agua el evento frío "La Niña", encontramos en la estación fija La Libertad ACP, AES, AESS y ATS tabla 4.

ESTACIÓN FIJA	MASA DE AGUA	%
La Libertad	ATS	42,8
MANTA		45,4
La Libertad	AES	95,2
MANTA		90,9
La Libertad	ACP	100
MANTA		81,8
La Libertad	AESS	47,6
MANTA		36,4

Tabla 4. PRESENCIA DE LAS MASAS DE AGUA POR MONITOREO REALIZADO EN "LA NIÑA" 1999-2000.

En el mismo orden en la estación fija Manta el porcentaje de presencia de las masas de agua es AES, ACP, ATS y AESS.

DISCUSIONES

Se realizó una representación de los parámetros químicos utilizando las concentraciones máximos mensuales obtenidos en los años de análisis y en las áreas de estudio, se observan las diferencias entre el comportamiento presentado en un año neutro NE como 1994 y en el período donde el evento frío "La Niña" se manifestó determinando:

LA LIBERTAD.

"LA NIÑA" 1999-2000 VS AÑO NEUTRO 94.

Durante el evento frío se aprecian concentraciones de oxígeno disuelto más elevadas al compararlas con las masas de agua registradas en el 94. En "La Niña" en las ATS y AES, las concentraciones de oxígeno disuelto son similares, disminuyendo en ACP hasta alcanzar la concentración más baja en AESS.

En "La Niña", los valores más bajos registrados de micronutrientes se presentaron en las ATS, y los máximos en las AESS, a excepción de los nitritos cuyo máximo valor se apreció en las ACP. Durante el año neutro del 94 se aprecian que las AES, presentan concentraciones de nitritos mayores a las registradas en las AES del evento frío, el resto de micronutrientes se encuentran en concentraciones menores durante el año normal que en evento "La Niña".

En el año neutro se observan que las concentraciones de los micronutrientes son similares en las diferentes columnas de agua, a excepción de las ACP donde los fosfatos presentan el triple de concentración que los nitritos, Figura 2.

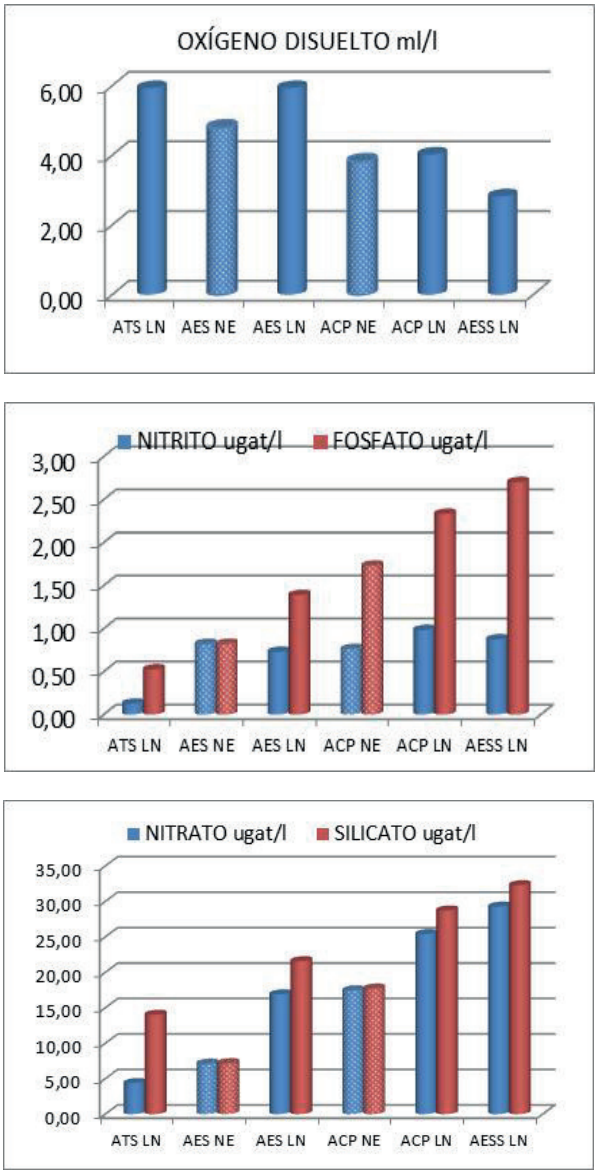

Figura 2. Promedio de máximos mensuales marzo 99- febrero 2001 vs 94.

MANTA

"LA NIÑA" 1999-2000.

Las concentraciones de oxígeno disuelto registran los valores mayores en las ATS y las más bajas AESS, durante el evento "La Niña", mientras que en el año neutro del 94 las AES mostraron mayor concentración que las ATS, Figura 3.

Durante la manifestación de "La Niña", las concentraciones más bajas de micronutrientes se presentan en las ATS, y las concentraciones mayores en las AESS, a excepción de los nitritos donde el valor más alto se observa en las ACP, no así en el 94 donde se registran concentraciones más elevadas de silicatos, que las determinadas en AES.

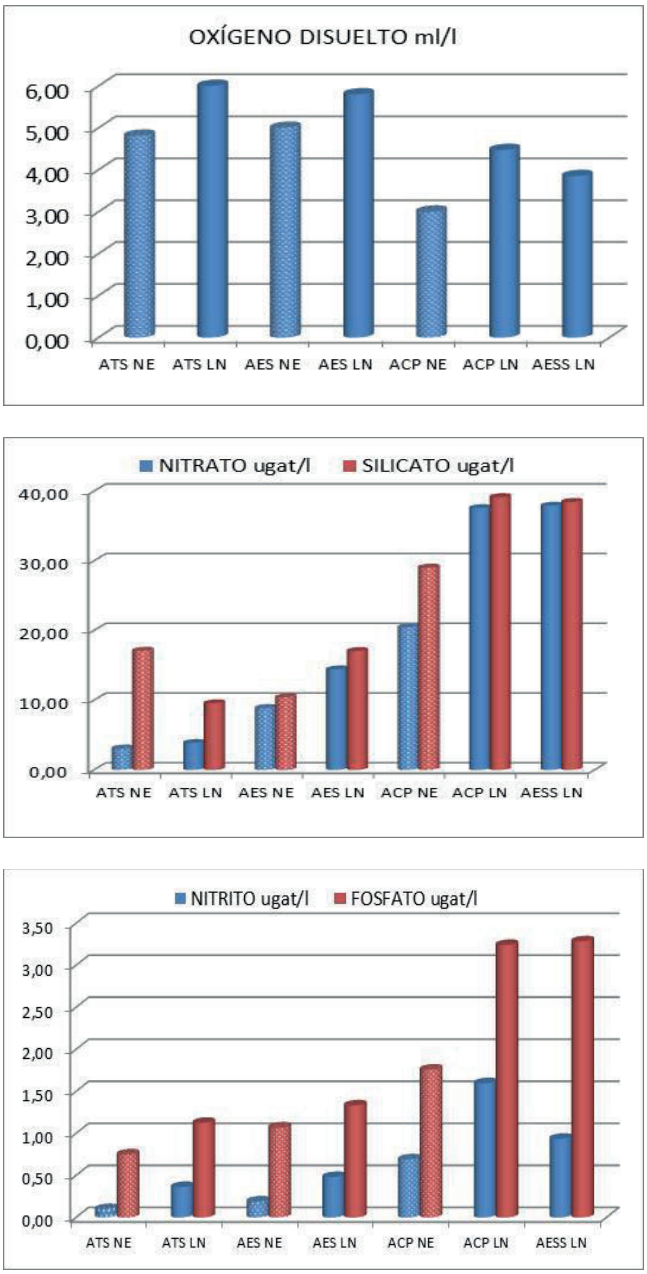

Figura 3. Promedio de máximos mensuales marzo 99- febrero 2001 vs 94.

CONCLUSIONES

- Durante la manifestación del evento "La Niña" se registran aguas mas oxigenadas a nivel superficial que en el año neutro.

- Los micronutrientes de manera general se aprecian en mayor concentración durante el fenómeno "La Niña", que los registrados en el año neutro, en las diferentes masas de agua.

- Se aprecia que durante el evento frío las masas de agua que predominan son ACP en la estación La Libertad, mientras que en la estación fija Manta es AES, sin embargo se debe tener en cuenta que la cantidad de monitoreos en Manta es inferior al de La Libertad, por lo que la tendencia podría cambiar.

- Las ATS y en las AES, tanto en la estación fija La Libertad, como en la de Manta presentan concentraciones similares de oxígeno disuelto. La concentración más baja de oxígeno disuelto se la aprecia en las AESS.

- Las AESS se manifiestan cuando el evento "La Niña" está presente, mientras que en el año neutro no se registra esta masa de agua en ninguna de las dos estaciones fijas, dicha masa de agua presentan su mayor distribución a 100 m. de profundidad, en ambas estaciones, debido a su baja temperatura y alta salinidad.

- A pesar que las AESS tiene una mayor presencia en la estación fija La Libertad, en la estación Manta se manifiestan a menor profundidad 30 m.

- Las ATS presentan las más bajas concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos.

- Las mayores concentraciones de fosfatos, nitratos y silicatos se encuentran en las AESS.

- Las concentraciones más elevadas de nitritos se localizan en las ACP.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a las autoridades del INOCAR que facilitaron la realización del presente artículo.

Mi reconocimiento a la Dra. Lisa Mannella que colaboró con la traducción.

BIBLIOGRAFÍA

Burgos, L. 2004. *Estudio Temporo Espacial de las condiciones hidroquímicas en el mar ecuatoriano: Valor pronóstico de eventos climático.* Tesis de Doctorado, Universidad de Guayaquil, p.2, 24-28.

Camilo de Meló, J. 1998. *El Niño y las sequías en el Nordeste de Brasil,* Revista semestral de la red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina, Especial El Niño en América Latina N.9 Año 6., La Red. p. 64, 75.

Carrillo, P. 2011. *Comportamiento del Oxígeno y Micronutrientes en dos Estaciones Costeras La Libertad y Manta, como aporte al Conocimiento del Fenómeno El Niño,* Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil. p.9, 53-95.

Okuda T., Valencia T., Trejos R. 1983. *Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente a Ecuador.* Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 2, No. 1, p. 31-51.

Palacios C., Burgos L., 2007. *Estudio Comparativo de la Calidad del Agus en el área Marino Costera de Bahía Academia, Caleta Aeolian y Puerto Villamil – Islas Galápagos*. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 15, No. 1, p. 165-173.

Valencia M., y De Morán 1996. Características químicas de las masas de aguas costeras ecuatorianas en estaciones fijas Península de Santa Elena y Puerto de Manta-Ecuador. 1990-1995. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 8 (1): 29-38.

Zambrano, E., 1998. Un análisis de la Estructura termal de la Estación Costera "La Libertad" y su relación con los Eventos ENOS. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 8 (I): I – 8.

COMPORTAMIENTO DEL OXÍGENO DISUELTO EN LA COLUMNA DE AGUA DE LAS ESTACIONES FIJAS ECUATORIANAS 1988-2013

Paulina Carrillo[2]

RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito aportar al conocimiento del comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Columna de agua que se presentó en las estaciones fijas ecuatorianas ubicadas en La Libertad y Manta, se obtuvieron valores mensuales promedios, así como los máximos y mínimos en las diferentes profundidades monitoreadas y se demostró que a 75 metros en los años en que se manifestaron eventos "El Niño", se encontraron las mayores concentraciones mensuales, en las dos estaciones fijas, lo que permitió aportar con tendencias de comportamiento de un parámetro químico, para advertir el inicio de un evento cálido.

Palabras Claves: Oxígeno disuelto, comportamiento, estaciones fijas.

ABSTRACT

This article was intended to contribute to the knowledge of the behavior of dissolved oxygen in the water column that appeared in the Ecuadorian fixed stations in La Libertad and Manta, average monthly values were obtained and the maximum and minimum at different depths monitored and shown to be 75 meters in the years when "El Niño" events appeared, the highest concentrations were found monthly in the two fixed stations, allowing behavioral tendencies contribute to a chemical parameter, to warn the start of warm event.

Key Words: Dissolved Oxygen, behavior, fix station.

2 Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Departamento de Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador.
Email: pcarrillo@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

Para obtener una adecuada valoración de las condiciones de las costas ecuatorianas, la CPPS recomendó la recolección de información periódica del comportamiento del ecosistema marino mediante monitoreos costeros en estaciones fijas localizadas, la primera a 10 millas costa afuera, frente a La Libertad, y la segunda frente al puerto de Manta, las cuales se instituyeron en 1988 y 1991 respectivamente, con el objetivo de obtener información mensual de las características Físico-Químico–Biológicas de la columna de agua, de 100 metros de profundidad hasta la superficie, para analizar la evolución de la estructura termohalina (temperatura y salinidad), variaciones temporales de los parámetros hidroquímicos (fosfato, nitrato, silicato, nitrito y oxígeno disuelto) y las condiciones biológicas encaminadas al estudio de bioindicadores (CPPS 2007)

El oxígeno tiene un comportamiento cíclico en el océano, se encuentra como componente de la atmósfera y llega al mar al disolverse en el agua, de donde lo toman los vegetales y los animales para su respiración. Con las corrientes y el oleaje la cantidad de oxígeno en el agua aumenta, pero los vegetales verdes también contribuyen a incrementar su cantidad, que durante el proceso de fotosíntesis, fijan el carbono y desprenden el oxígeno, como resultado de las reacciones químicas que efectúan, completándose el ciclo del oxígeno en el mar. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua del mar es inversamente proporcional a la profundidad, encontrándose en los grandes fondos marinos áreas carentes de este gas. (Cifuentes y Torres 2003).

Continuando con el trabajo de (Carrillo 2011), se profundiza el análisis mensual del oxígeno disuelto en cada una de las profundidades en las que se realizan los muestreos realizados en las estaciones fijas ecuatorianas.

ÁREA DE ESTUDIO

Las estaciones fijas ecuatorianas se monitorearon a 10 millas costa afuera frente a las ciudades de La Libertad Lat. 02º03´55”, Long 81º 07´15” y Manta a Lat. 0º 52´60”, Long 80º49´60”, (Figura 1)

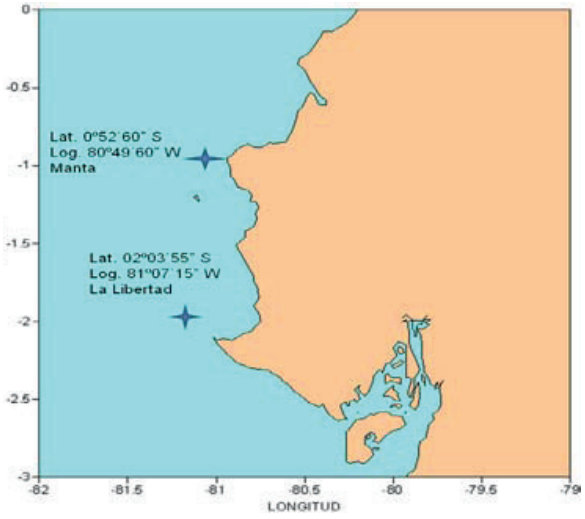

Figura 1 Área de Estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

- Los recursos empleados para realizar el presente trabajo fueron:
- Base de datos de los monitoreos en estaciones fijas 10 millas costa afuera La Libertad y Manta desde 1988 y 1991 respectivamente, hasta marzo del 2013.
- Programas estadísticos para procesamiento de datos y gráficos.
- Equipos Informáticos.

Frecuencia de muestreo. Las estaciones costa afuera de La Libertad y Manta han sido monitoreadas desde diciembre de 1988 y 1991 respectivamente con muestreos cada 30 días, y en los últimos años se han realizado en los primeros meses del año cada 15 días.

Metodología de campo: Para la toma de las muestras de agua para oxígeno disuelto, se utilizó una botella Van Dorn, la misma que se lanzó de forma manual desde la superficie hasta los 100 m. de profundidad cerrándose a los niveles estándares (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m). A bordo se tomaron alícuotas de las diferentes profundidades en botellas para Oxígeno Disuelto de 300 ml.

Metodología de laboratorio: Las muestras de oxígeno disuelto fueron procesadas lo más rápido posible y su contenido se determina por el método Iodométrico; éste consiste en la oxidación del hidróxido de manganeso por el oxígeno del agua del mar, cuando se les añade ácido; el manganeso oxidado reacciona con yoduro de potasio y pone en libertad una cantidad de yodo equivalente a la cantidad de oxígeno que se titula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Se partió de una base de datos obtenida en la estación fija La Libertad desde 1988, mientras que en la estación fija Manta en 1991, hasta marzo del 2013 se obtuvieron valores promedios en cada mes y a cada profundidad, se detalló en qué año se obtuvieron los mencionados máximos y mínimos, con los siguientes resultados:

La Libertad.

0 Metros: A nivel superficial en un promedio de 28 monitoreos por mes que fueron realizados desde el año 1988 hasta marzo del 2013, se destacaron el mínimo en febrero 1999 (4,41 ml/l), y en el mes de diciembre la concentración máxima se registró en 1997 (5,59 ml/l), tabla 1.

De 10 a 40 metros: No destacó la presencia de años en que los eventos climáticos se manifestaron con fuerza, en un promedio de 28 monitoreos por mes en cada una de éstas profundidades, en la tabla 2 se detallaron los valores máximos y mínimos mensuales en las mencionadas profundidades.

CONCENTRACIÓN DE OD A 0 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	28	5,01	5,77	1990	4,24	1996
FEB	29	4,97	5,93	2001	4,41	1999
MAR	35	5,05	5,70	1992	4,09	2005
ABR	29	5,10	5,79	2009	4,54	2012
MAY	29	5,02	5,92	2006	4,08	1989
JUN	32	5,03	5,74	1991	4,39	1995
JUL	30	4,93	5,64	1990	4,27	1991
AGO	26	5,14	5,93	1999	4,13	1995
SEP	24	5,05	5,75	1992	4,07	1995
OCT	28	5,03	5,90	2005	4,35	1990
NOV	27	5,03	5,64	1992	4,22	1995
DIC	16	4,97	5,59	1997	4,18	1994

TABLA 1

CONCENTRACIÓN DE OD DE 10 A40 METROS			
MES	MONITOREOS REALIZADOS	MAX (ml/l)	MIN (ml/l)
ENE	28	5,66	1,60
FEB	29	5,67	1,50
MAR	35	5,52	1,98
ABR	29	5,49	2,18
MAY	29	5,84	1,86
JUN	32	5,63	1,93
JUL	29	5,20	1,90
AGO	28	5,73	2,04
SEP	24	5,64	2,09
OCT	28	5,66	1,50
NOV	27	5,52	1,97
DIC	16	5,50	1,36

TABLA 2

A 50 metros: Los años en que eventos cálidos se registraron lideraron los máximos mensuales, así febrero, marzo, mayo, junio y septiembre, tabla 3.

CONCENTRACIÓN DE OD A 50 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	28	2,76	3,97	2010	1,63	1996
FEB	28	2,76	3,98	1992/1997	1,64	1995
MAR	35	2,65	3,98	1992	1,76	1989/2009
ABR	29	2,83	4,35	2011	1,31	1993
MAY	29	2,80	3,98	1997/1998/2000	1,83	2007
JUN	32	2,76	3,89	1997	1,83	2007
JUL	29	2,60	3,85	2011	1,8	1992
AGO	27	2,60	3,73	1993	1,82	2010
SEP	23	2,40	3,5	2002	1,31	1995
OCT	28	2,40	3,96	2003	1,31	1992
NOV	27	2,55	3,98	2001	1,31	1992/1994
DIC	15	2,77	4,13	2009	1,35	2010

TABLA 3

A 75 metros: Los años en que eventos "El Niño" se manifestaron con más fuerza (1997-1998), obtuvieron las concentraciones máximas encontrándose en 8 de los 12 meses, tabla 4.

CONCENTRACIÓN DE OD A 75 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	28	2,17	3,42	1998	1,19	2011
FEB	25	2,23	3,37	1997	1,04	1995
MAR	35	2,35	3,50	1997	1,48	2013
ABR	29	2,31	3,34	1997	1,24	1994
MAY	27	2,47	3,63	2011	1,52	1993
JUN	32	2,46	3,56	1997	1,42	1994
JUL	29	2,37	3,40	1997	1,59	1996
AGO	26	2,22	3,06	1997	1,10	1994
SEP	23	2,15	2,91	1998	1,25	1992
OCT	28	1,99	3,02	2002	1,28	1995
NOV	27	2,20	3,38	2002	1,24	1992
DIC	15	2,35	3,65	2009	1,26	2010

TABLA 4

A 100 metros: Los años en que eventos cálidos se registraron lideraron los máximos mensuales (tabla 5), así se observaron en 7 meses, del promedio de 24 monitoreos realizados por mes, a la profundidad señalada, tomando en cuenta que en los meses de enero y marzo del 97 no se poseían valores a ésta profundidad.

CONCENTRACIÓN DE OD A 100 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	23	1,98	2,61	2003	1,14	2011
FEB	23	2,00	3,10	2002	0,96	1995
MAR	31	2,05	3,09	1992	1,06	1996
ABR	25	1,98	2,93	1997	0,85	1993
MAY	26	2,10	3,54	2011	0,99	1993
JUN	28	2,13	3,35	1997	1,30	2000
JUL	27	2,09	3,25	1997	1,38	2010
AGO	23	2,04	2,90	1999	1,13	1995
SEP	20	1,94	2,54	2009	0,85	1992
OCT	22	1,83	2,85	2002	1,12	1995
NOV	24	1,85	3,04	2002	0,85	1992
DIC	15	2,04	2,99	2005	1,01	1993

TABLA 5

Manta

0 Metros: A nivel superficial en un promedio de 19 monitoreos a nivel superficial por mes, que se realizaron desde 1991 hasta marzo del 2013, se destacó el valor mínimo obtenido en el evento La Niña de marzo 2000 (4,08 ml/l), también se apreció el mínimo de el año en que se manifestó "El Niño" con mayor fuerza, los meses de agosto y octubre tabla 6.

CONCENTRACIÓN DE OD A 0 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	22	4,95	**5,64**	1993	**4,08**	1996
FEB	21	4,82	**5,41**	2002	**4,19**	1993
MAR	22	4,88	**5,96**	2009	**4,08**	2000
ABR	13	5,13	**5,79**	2009	**4,55**	1992
MAY	20	4,91	**5,68**	1994	**4,08**	1995
JUN	18	4,94	**5,65**	2006	**4,64**	2012
JUL	18	4,93	**5,41**	2010	**4,55**	2012
AGO	19	5,03	**5,41**	1991	**4,56**	1997
SEP	18	4,86	**5,13**	2001	**4,05**	1992
OCT	18	4,88	**5,36**	2008	**4,55**	1997
NOV	18	5,00	**5,74**	2008	**4,27**	1995
DIC	15	4,95	**5,36**	1992	**4,75**	2011

TABLA 6

De 10 a 40 metros: No destacó la presencia de años en que los eventos climáticos se han manifestado con mayor fuerza, en los 19 monitoreos mensuales que se han realizado hasta la fecha; en la tabla 7 se detallaron los valores máximos y mínimos mensuales en las mencionadas profundidades.

CONCENTRACIÓN DE OD DE 10 A 40 METROS			
MES	MONITOREOS REALIZADOS	MAX (ml/l)	MIN (ml/l)
ENE	22	5,64	1,88
FEB	22	5,80	1,89
MAR	22	5,66	1,90
ABR	13	5,40	2,34
MAY	20	5,68	1,19
JUN	18	5,61	2,13
JUL	18	5,26	2,11
AGO	19	5,41	2,23
SEP	18	5,15	1,77
OCT	18	5,25	1,95
NOV	18	5,47	1,45
DIC	15	5,36	1,78

TABLA 7

A 50 metros: Del promedio de 19 monitoreos por mes que se posee en la base de datos (tabla 8), se resaltó la concentración mínima en febrero de 1999 (1,82 ml/l).

CONCENTRACIÓN DE OD A 50 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	22	2,74	**4,43**	1993	**1,75**	2006
FEB	22	2,76	**3,91**	2001	**1,82**	1999
MAR	22	2,85	**3,74**	2010	**1,81**	1994
ABR	13	3,24	**3,85**	2012	**2,04**	2006
MAY	20	2,78	**3,82**	2008	**1,19**	1994
JUN	18	2,99	**4,18**	2004	**1,96**	2007
JUL	18	2,75	**4,25**	2001	**1,80**	2007
AGO	19	2,96	**4,61**	1996	**2,11**	2004
SEP	18	2,74	**4,72**	2002	**1,75**	1992
OCT	18	2,81	**4,68**	2003	**1,43**	1995
NOV	18	2,87	**4,89**	2005	**1,42**	1992
DIC	15	2,90	**4,54**	2009	**1,71**	2011

TABLA 8

A 75 metros: Los máximos mensuales de la base de datos se registraron en los años donde un evento cálido se manifestó, tabla 9.

CONCENTRACIÓN DE OD A 75 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	22	2,43	**4,38**	1993	**1,44**	2011
FEB	22	2,46	**3,49**	1997	**1,78**	1999
MAR	22	2,52	**3,36**	1992/2002	**1,53**	1994
ABR	13	2,68	**3,36**	2011	**1,99**	2006
MAY	20	2,48	**3,27**	2006	**1,02**	1994
JUN	18	2,60	**3,44**	2004	**1,73**	2007
JUL	18	2,44	**3,19**	1999	**1,72**	2007
AGO	19	2,50	**3,58**	1997	**1,62**	2009
SEP	18	2,27	**2,89**	2004	**1,47**	1991
OCT	18	2,08	**2,86**	1997	**1,33**	1995
NOV	18	2,21	**3,59**	1997	**1,16**	1992
DIC	15	2,49	**3,90**	1997	**1,02**	1992

TABLA 9

A 100 metros: Los valores máximos en el 97 se apreciaron los meses de agosto, noviembre y diciembre, el evento "El Niño" del 92 presentó su concentración máxima en febrero; en los meses de marzo a julio y el mes de septiembre del 97 lamentablemente no se poseía información por no haberse monitoreado en esta estación fija,

En octubre se aprecia la concentración mínima detectada de oxígeno disuelto en La Niña del 2000, tabla 10.

CONCENTRACIÓN DE OD A 100 METROS						
MES	MONITOREOS REALIZADOS	PROMEDIO (ml/l)	MAX (ml/l)	AÑO	MIN (ml/l)	AÑO
ENE	18	1,97	**2,90**	2004	**0,95**	1996
FEB	21	2,22	**2,94**	1992	**1,39**	2013
MAR	22	2,12	**2,89**	2010	**1,21**	2009
ABR	12	2,33	**2,78**	2001	**1,69**	2006
MAY	18	2,20	**3,18**	2006	**0,91**	1994
JUN	18	2,18	**3,20**	2006	**1,41**	1996
JUL	18	2,26	**2,73**	2009	**1,37**	2007
AGO	17	2,25	**3,37**	1997	**1,48**	2009
SEP	17	1,97	**2,76**	1999	**1,07**	1991
OCT	16	1,67	**2,37**	1993	**0,77**	2000
NOV	17	2,06	**3,14**	1997	**1,33**	1995
DIC	14	2,18	**3,38**	1997	**0,96**	1992

TABLA 10

DISCUSIONES

LA LIBERTAD:

Se comparan los resultados obtenidos con la distribución subsuperficial en la mencionada estación tomada de (Carrillo 2011), Fig 2. donde se evidencia que durante los años donde se manifestaron eventos "El Niño", el oxígeno disuelto se profundiza en la columna de agua.

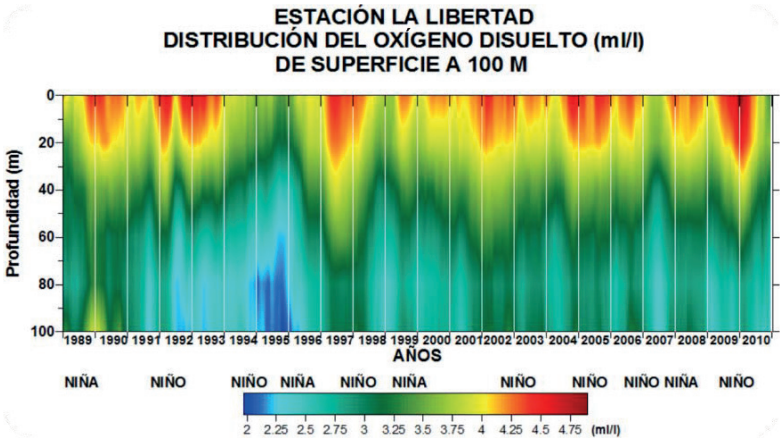

Figura 2. Tomado de Carrillo 2011

El presente trabajo analiza cada una de las profundidades en que se estratifica la columna de agua en esta estación fija, donde se cuenta con datos mensuales desde 1988 y hasta marzo del 2013, se apreció que en el mes de mayo el valor máximo se presentó en el año 2011, el valor siguiente en el mencionado mes es de 3.45 ml/l y se lo obtuvo en 1997, de la misma manera en septiembre, los máximos valores se manifestaron en 1998 (2.91 ml/l), y el dato que le sigue en intensidad se manifestó en 1997 (2.88 ml/l), y en octubre, el año donde se obtuvo el máximo valor fue en el 2002, el segundo valor más alto fue el registrado en 1997 (2.66 ml/l), es decir que en esta estación fija en 10 de los 12 meses se presentaron los máximos mensuales en años donde eventos "El Niño" fuerte ocurrieron. Figura 3.

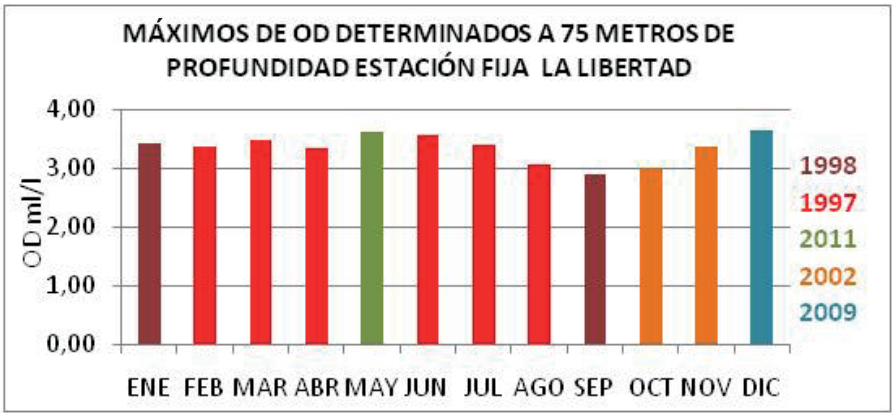

Figura 3. Distribución mensual de Oxígeno Disuelto.

MANTA:

Manifiesta la misma tendencia que su estación homóloga, pero en menor concentración, figura 4.

Al revisar la base de datos desde 1991 hasta marzo del 2013, notamos que las concentraciones máximas por mes las tenemos en Enero del 93, sin embargo el segundo valor en intensidad corresponde al 98 (3.77 ml/l), en los meses de marzo a Julio y el mes de septiembre del 97, no se posee

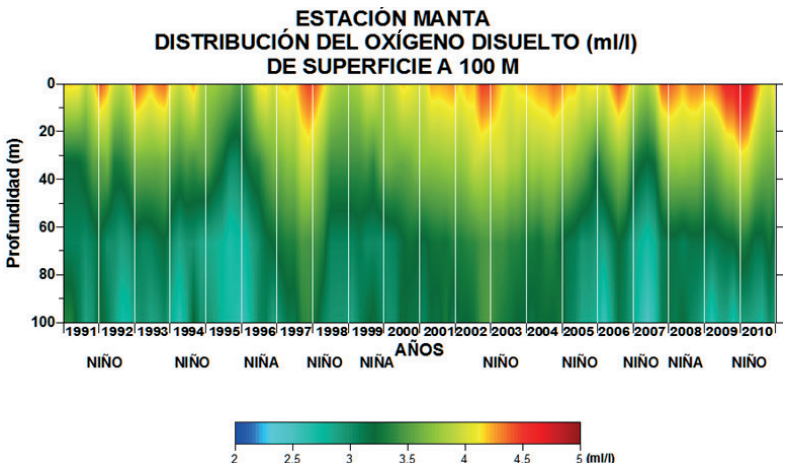

Figura 4. Tomado de Carrillo 2011

información por no haberse monitoreado en esta estación fija, (ya que de poseer datos en los mencionados meses, se mantenía la tendencia presentada en la estación fija La Libertad), en el resto de meses, los valores máximos se los observa en 1997, figura 5.

El oxígeno disuelto en la estación fija Manta a 75 metros de profundidad, presenta el mayor valor máximo en comparación con la estación La Libertad, así mismo en Manta se aprecia el valor mínimo más bajo, sin embargo el promedio de las dos estaciones es similar, tabla 11.

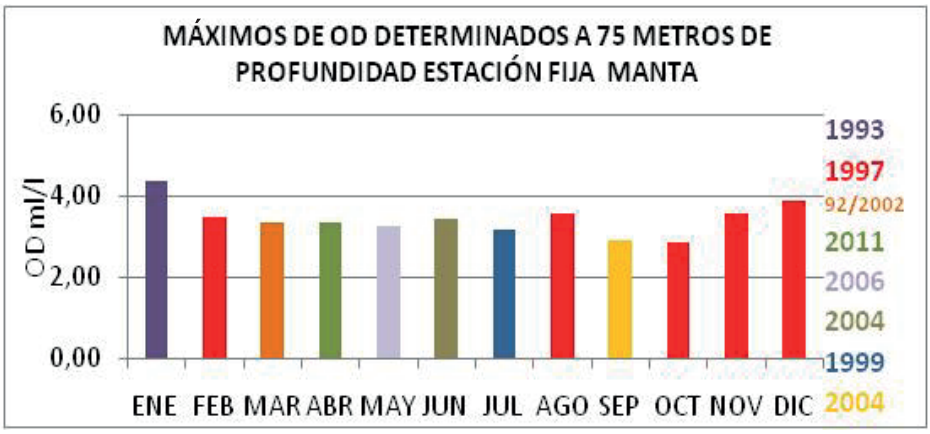

Figura 5. Distribución mensual de Oxígeno Disuelto.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO OD A 75 m DE PROFUNDIDAD			
ESTACIÓN FIJA	**MAX (ml/l)**	**MIN (ml/l)**	**PROMEDIO (ml/l)**
LA LIBERTAD	3,65	2,91	3,35
MANTA	4,38	2,86	3,44

TABLA 11

CONCLUSIONES

La ejecución de un análisis de la concentración de oxígeno disuelto, en la columna de agua a las profundidades estándares, demuestra que a 75 metros en los años en que se manifestaron eventos "El Niño", se encuentran las mayores concentraciones mensuales, en las dos estaciones fijas, lo que permite aportar con tendencias de comportamiento de un parámetro químico, para advertir el inicio de un evento cálido.

Este análisis permite determinar que el promedio de los máximos mensuales de oxígeno disuelto a 75 metros de profundidad en las dos estaciones fijas es 3,4 ml/l, por lo que la isolínea de 2,5 ml/l, se presenta profundizada en los años "El Niño" fuerte.

El seguimiento que se realiza al comportamiento químico de las estaciones fijas ecuatorianas posibilita indicar que a 75 metros de profundidad en la estación fija Manta las concentraciones del oxígeno disuelto presentan los valores máximos y mínimos extremos, dejando sentada su importancia como punto geográfico ideal para registrarla manifestación de eventos climáticos.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a las autoridades del INOCAR que facilitaron la realización del presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Carrillo, P. 2011. *Comportamiento del Oxígeno y Micronutrientes en dos Estaciones Costeras La Libertad y Manta, como aporte al Conocimiento del Fenómeno El Niño,* Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil. p.9, 53-95.

Cifuentes, J. Torres, M. 2003. *El Océano y sus recursos II.* Las Ciencias del Mar, México, Segunda Edición, Editorial Fondo de Cultura Económica. p.9, 130-154.

Comisión Permanente del Pacífico Sur. 2007. *Programa del Estudio Regional del Fenómeno El Niño.* Perú. p.5.

Palacios, C. Burgos, L. 2007.*Estudio Comparativo de la Calidad del agua en el área marino-costera estaciones fijas.* Acta Oceanográfica INOCAR-Ecuador. p. 43.

Zambrano, E., 1986. *El Fenómeno El Niño y la Oscilación del Sur (ENSO),* Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, Tomo 3(1) p.195-201.

Zambrano, E., 1996. El Niño, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, Tomo 8(1) p.110-113.

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA DE JARAMIJÓ - PROVINCIA DE MANABÍ DURANTE EL AÑO 2008

Ana Rodríguez de Morán [(1)]

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la Bahía de Jaramijó de la provincia de Manabí durante el año 2008, como parte del macro proyecto "Caracterización de la Costa Ecuatoriana" que viene desarrollando el INOCAR, con la finalidad de contribuir en el uso adecuado de los recursos y el medio ambiente.

Se caracteriza y evalúa los resultados obtenidos en el estudio de calidad de agua de la Bahía de Jaramijó, tomando en consideración los promedios y su comportamiento en cada nivel estudiado en las dos épocas del año (húmeda – seca) y en los dos estados de marea (flujo – reflujo) de los diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Durante el estudio se estableció que, las aguas marino costera de la bahía de Jaramijó, no presentan contaminación de origen orgánica ni peligro significativo al ecosistema ya que sus características químicas y microbiológicas mostraron buena oxigenación lo que está relacionado directamente con las bajas concentraciones de DBO_5, rangos aceptables del pH, casi ausencia de nitrito, valores relativamente bajos de fosfato y nitrato a excepción del silicato que mostró las mayores concentraciones en la época seca lo que probablemente estuvo relacionado con la abundancia de la biomasa celular específicamente de las especies *Coscinodiscus excentricus*.

La carga bacteriana (Coliformes totales y fecales) no reportó problemas de contaminación por microorganismos patógenos, a excepción de un sitio muy puntual donde se registraron concentraciones superiores al nivel permisible establecido en la Legislación Ambiental Ecuatoriana.

A pesar de que se evidencia la presencia de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos del petróleo (HDD) en la época seca durante el flujo, tales concentraciones se encuentran muy por debajo del nivel permisible establecido en la Norma UNESCO 1976, no ocasionando problemas de contaminación de este tipo de contaminante.

Palabras Claves: *contaminación, concentración, oxígeno, nutrientes*

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR.- P.O.Box, 5940, Guayaquil-Ecuador

ABSTRACT

The current research was developed in Bahia of Jaramijo in the province of Manabí during 2008, as part of the major project: "Characterization of the Ecuadorian Coast" that has been developing by INOCAR, in order to contribute to the proper use of resources and the environment.

It characterized and assesses the results obtained in the research of the quality of water of Bahia of Jaramijo, taking into consideration the averages and their behaviour in each level studied in two different season in the year(wet- dry) and in two tide condition(ebb and flow) of the different parameter: physical, chemical and microbiological.

During the research was established that coastal marine waters of Bahía of Jaramijo, not show pollution of organic origin neither significant risk to the ecosystem as their chemical characteristics and microbiological showed good oxygenation that is related directly with low concentration of DBO_5, acceptable ranks of PH, nearly nitrite absence, relatively low values of phosphate and nitrate except for silicate that showed the highest concentration in dry period which was probably related with the abundance of cellular biomass specifically of the *Coscinodiscus excentricus* species.

Bacterial load (total coliform and faecal) not reported microorganism pathogen contamination problems, except for a very specific site where was registered concentration above the permissible level, established in the Ecuadorian environmental legislation.

Despite it evidence the presence of dissolved and dispersed hydrocarbon from petroleum (HDD) in dry period during the flow, such concentrations are below the permissible level established in UNESCO Standard 1976, causing no pollution problems of this kind of pollutant.

Key Words: Pollution, concentration, oxygen, nutrient.

INTRODUCCIÓN

La franja costera ecuatoriana es una zona de un ancho variable de 20 a 200 Km. y con una longitud de 530 Km, se ubica paralela y muy próxima a la línea de costa. Es un área en la cual se sitúan las más importantes aglomeraciones urbanas del país, siendo sus principales puertos Esmeraldas, Manta, Guayaquil y Puerto Bolívar, en la zona costera se realizan diferentes actividades como pesca comercial e industrial, agricultura, acuicultura, turismo, recreación, distribución de combustibles, explotación de gas, entre otras, algunas de ellas como la pesca se han visto afectadas por la presencia de eventos climáticos tales como El Niño y/o La Niña, donde el problema más grave es el aumento de la temperatura lo cual ha generado una disminución de ciertas especies marinas.

La gran diversidad de recursos existentes a lo largo de la franja costera considerada una zona altamente productiva, la existencia de una gran cantidad de industrias que operan a lo largo de la misma y los muchos asentamientos poblacionales que no cuentan con un buen sistema de evacuación de aguas servidas y que algunas tienen una salida directa al medio marino lo que sobrepasa su capacidad de descarga provocando problemas graves de contaminación deteriorando el ecosistema, es necesario que cada una de ella tengan un plan de manejo ambiental, para el cual deberán contar con información de línea de base ambiental que les ayuden y guíen en el desarrollo de los mismos.

La Bahía de Jaramijó forma parte de esta gran extensión de la franja costera ecuatoriana y dentro de ella se encuentra la población de su mismo nombre, la misma que excede los 10.000 habitantes y sobrepasa los 50.000 con todas las comunidades rurales, su desarrollo poblacional ha permitido que tenga una gran producción pesquera artesanal e industrial, que en unión a su gran fortaleza turística poseen una base económica sólida que le permite vivir de sus propios recursos. Sus grandes bondades geográficas lo perfilan como polo de desarrollo residencial, turístico e industrial. El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), con la finalidad de contribuir en el uso adecuado de los recursos y el medio ambiente durante el año 2008 desarrollo el Macro Proyecto ***"CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA DE LA COSTA ECUATORIANA",*** el mismo que lleva implícito la componente calidad de agua en la Bahía de Jaramijó - provincia de Manabí**.**

ANTECEDENTES

En cuanto a la calidad de las aguas en el área de la Bahía Jaramijó estas han sido poco estudiadas.

El Instituto Oceanográfico de la Armada (NOCAR), Dirección General de Intereses Marítimos (DIGEIM), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil. 1984–1985, participaron en el Programa de Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marino por Hidrocarburos del Petróleo en el Pacífico Sudeste, el mismo que emitió un informe técnico sobre el primer monitoreo de hidrocarburos del petróleo entre el Puerto de Manta y Punta Jaramijó, el mismo que menciona que los valores detectados fluctuaron entre 40 y 197.5 ug/l en la parte Sur Oeste del área, por otra parte se apreció que la tendencia del contaminante fue disminuir conforme se aleja de la costa.

INOCAR, en agosto del 2007 realizó el estudio Diagnóstico Ambiental de la Base Naval de Jaramijó, el mismo que emitió un informe sobre la condiciones hidroquímicas de las aguas en el ámbito marino costero de la bahía, el mencionado estudio concluye que no existe ningún tipo de alteración importante a excepción en el área sur frente a la ciudad de Jaramijó se determinó un foco de contaminación

del grupo coliformes que alertan el deterioro de la calidad de las aguas ya que en el mencionado lugar existe de forma permanente un canal de drenaje que estaría asociado con el lavado de las excretas de los asentamiento humanos, de aguas domésticas municipales y además es área de anclaje y achiques de sentina de las embarcaciones menores.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la bahía Jaramijó desde el faro hasta el norte de la Base Naval, entre las coordenadas (0°55'28¨S, 80°39´15¨W) y (0°54',80°35'50¨W), las estaciones fueron ubicadas en perfiles perpendiculares a la línea de costa hasta alcanzar el veril de los 10 metros en la parte sur; mientras que en el norte alcanzó hasta los 20 metros. Figura 1.

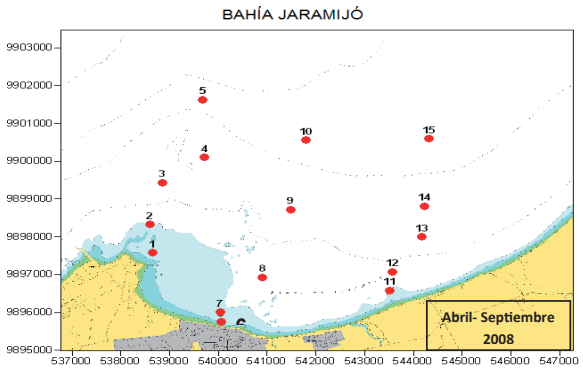

Figura 1. Ubicación del área de estudio

FUENTE DE DATOS

La información utilizada para la presente investigación se origina del Macro Proyecto del INOCAR "CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA DE LA COSTA ECUATORIANA" durante el 2008.

METODOLOGÍA

Considerando el área marino costera frente a la Bahía Jaramijó y su área de influencia para el presente estudio se efectuaron dos campañas, en abril (época húmeda) y septiembre (época seca) del 2008, en los estados de marea (flujo y reflujo) a 3 niveles de profundidad (0, 10 y 20 metros) en las 15 estaciones preestablecidas. Las muestras de agua fueron recolectadas utilizando botella VAN - DORN de 4 litros de capacidad, de la cual se tomaron alícuotas para la determinación IN-SITU de oxígeno disuelto, así como para las mediciones de temperatura, pH y salinidad, utilizándose potenciómetro y salinometro marca WTW, los mismos que estuvieron previamente calibrados con soluciones Buffer certificados y Estándar de Cloruro de Sodio 35 ppm respectivamente; mientras que las muestras para los análisis de micronutrientes inorgánicos fueron envasadas en botellas de polietileno previamente tratadas, para los análisis microbiológicos se utilizaron envases de vidrio esterilizadas y para el análisis de hidrocarburos del petróleo se usaron botellas de vidrio ámbar de 4 litros previamente tratadas con solventes orgánicos.

Para los análisis de parámetros químicos se aplicaron metodologías descritas en el Standard Methods, 2005, Manual de Análisis de Agua de Mar de Strickland and Parsons y Manual de CARIPOL para la vigilancia de la Contaminación por petróleo 1980.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Características Físico-Químicas y Microbiológicas Época Húmeda / Época Seca.

Los datos obtenidos fueron promediados por cada nivel para establecer una comparación entre la época húmeda (abril/2008) y seca (septiembre/2008), con la finalidad de caracterizar y evaluar la calidad de las aguas que se presentan en la Bahía Jaramijó.

Tomando en consideración la descripción de las masas de agua en la región del frente ecuatorial por Enfield 1976, en Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. En las aguas muy superficiales de la bahía en forma general en la época húmeda durante el flujo y reflujo se nota la presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) con valores promedios de 26.3°C, acompañados de salinidades de 33.7 UPS; mientras que las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se evidenciaron

a partir de los 10 metros de profundidad con valores de temperatura comprendidos entre 19.8 – 24.8°C y salinidades con rangos de 34.04 – 34.67 UPS. Fig. 2.

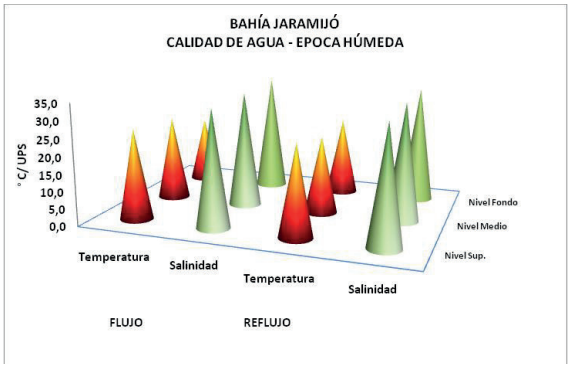

Fig. 2. Promedios de Temperatura/Salinidad Flujo / Reflujo

Durante la época seca en todos los niveles estudiados se mostró la presencia de (ATS) con valores de temperatura y salinidades ligeramente más bajos 25.6 °C y 32.7 UPS que en la época húmeda ubicados en sentido noroeste, los mismos que se van incrementando conforme avanza hacia el sur de la línea costera hasta alcanzar los máximos de 26.2° C y 33.0 UPS respectivamente. Fig. 3.

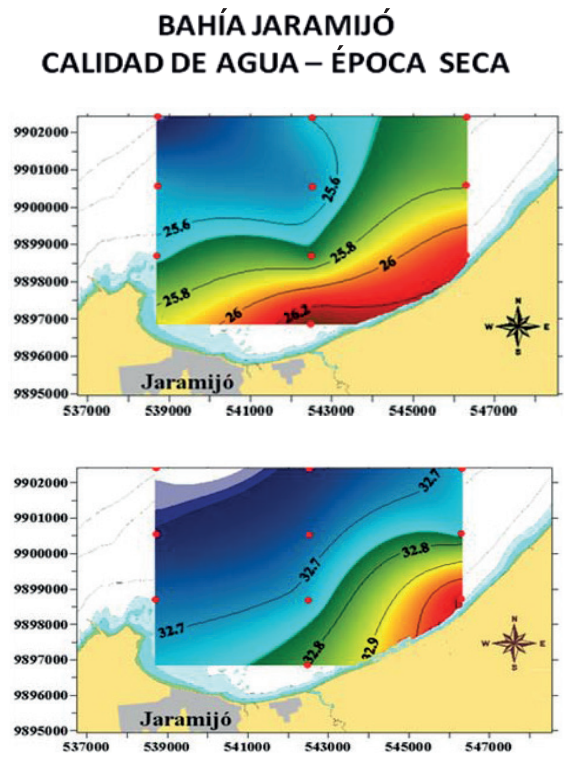

Fig.3. Distribución Superficial de Temperatura y Salinidad °C - UPS

No se observa anomalías en el pH en las aguas superficiales, medias y fondo de la Bahía en los dos estados de marea y en las épocas estudiadas, registrándose valores comprendidos entre 8.2 - 8.4 y promedios de 8.3 UpH para la época húmeda; mientras que para la época seca disminuyeron ligeramente mostrando concentraciones entre 8.16 - 8.32 y promedios de 8,24, los mismos que se encuentran dentro de los rangos permisibles para aguas marinas establecidos en la Legislación Ambiental Ecuatoriana. Tabla 1.

	Época Húmeda		Época Seca	
	pH Flujo	pH Reflujo	pH Flujo	pH Reflujo
Nivel Superficial	8,33	8,33	8,24	8,24
Nivel Medio	8,33	8,30	8,24	8,24
Nivel Fondo	8,30	8,30	8,24	8,33

Tabla 1. Promedios Estacionales del pH

El oxígeno disuelto en toda el área de estudio tanto para la época húmeda como seca registró un buen grado de oxigenación en los diferentes niveles de profundidad estudiados, con variaciones promedios poco significativas comprendidas entre 6.08 - 6.69 mg/l y 6.50 – 6.82 en las épocas húmeda y seca respectivamente, valores que se encuentran por encima del nivel máximo permisible (5mg/l) establecido en la Legislación Ambiental Ecuatoriana para aguas naturales. En cuanto a la DBO (5), los valores promedios registrados a nivel superficial fue para la época seca de 0,58mg/l (flujo y reflujo), siendo esta concentración menor a los observados en la época húmeda que se mostraron entre 1,05 y 1,15mg/l (flujo y reflujo) respectivamente, valores relativamente bajos que se correlaciona con la buena oxigenación de sus aguas, permitiendo inferir que no existe contaminación orgánica en toda el área de estudio, como se detalla en la Tabla 2.

Comparando los valores de oxígeno y DBO_5

Profundidad	Época Húmeda		Época Seca		Época Húmeda		Época Seca	
	Oxígeno Disuelto (mg/l)				DBO (mg/l)			
	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo
Nivel Superficial.	6,46	6,62	6,82	6,72	1,05	1,15	0,58	0,58
Nivel Medio	6,69	6,69	6,76	6,69	-	-	-	-
Nivel Fondo	6,56	6,08	6,67	6,50	-	-	-	-

Tabla 2. Promedios Estacionales de Oxígeno Disuelto/DBO

obtenidos en la época seca en el año 2007, reportados en el informe final del estudio " Diagnostico Ambiental de la Base Naval de Jaramijó ", con el presente estudio en la misma época se puede observar que los datos obtenidos concuerdan que existió una buena oxigenación de las aguas de la Bahía, registrándose valores que fluctuaron entre 6.32 - 6.78mg/l, y un promedio de 6.61mg/l, destacándose que los valores más altos se ubicaron al norte del área de estudio y los más bajos en la parte central y ligeramente al sur, acompañados de valores de DBO_5 entre 0.15 -1.5 mg/l y promedio de 0.67 mg/l, el mismo que es ligeramente superior a los detectados en el presente estudio. Fig. 4.

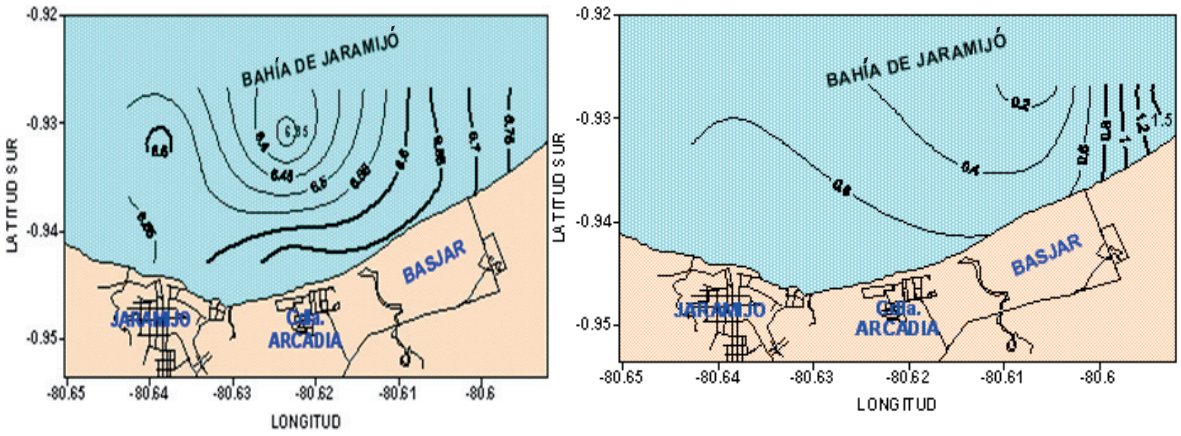

Fig.4. Oxígeno disuelto / DBO5 superficial (mg/l) bahía Jaramijó. Agosto 2007

En términos generales no se encontró un gradiente de concentración de nutrientes entre las aguas superficiales, medias y de fondo estudiadas en las dos épocas del año, ya que fue notoria desde la casi ausencia del ion nitrito en las dos épocas de estudio que se manifiestó con concentraciones bajas entre 0.02 - 0.4 ugat/l con el máximo ubicado en aguas de fondo en la época húmeda, seguida de los promedios de fosfatos que fueron relativamente bajos 0.1- 0.8 ugat/l, valores congruentes con la naturaleza de las aguas estudiadas; a continuación los promedios para los nitratos durante las dos épocas estudiadas registraron valores entre 0.2 – 2.0 ugat/l con el mínimo y máximo ubicados en la época húmeda; el ion silicato según sus promedios presentaron las mayores concentraciones entre 4.2 - 6.6 ugat/l en la época húmeda con el mínimo en reflujo a nivel medio; en comparación con la época seca que se incrementaron con valores que fluctuaron entre 6.8 – 17.05 ugat/l con el máximo ubicado en reflujo en aguas de fondo, lo que probablemente estaría relacionado con la abundancia de la

biomasa celular específicamente de las especies *Coscinodiscus excentricus* cuya caparazón grande es de estructura de Silicio, reportada por E. Galancañay et al., 2008. Fig. 5.

en flujo sus valores se incrementan en toda el área de estudio hasta alcanzar su máximo 3,165 ug/l ubicado al sureste (estación 14) del área de estudio. Fig. 6.

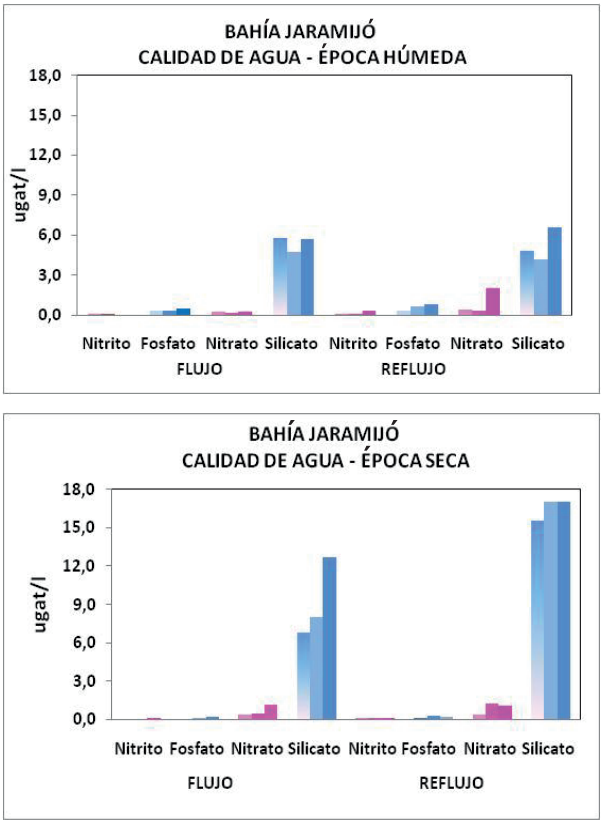

Fig. 5. Promedios de Nutrientes Flujo /Reflujo

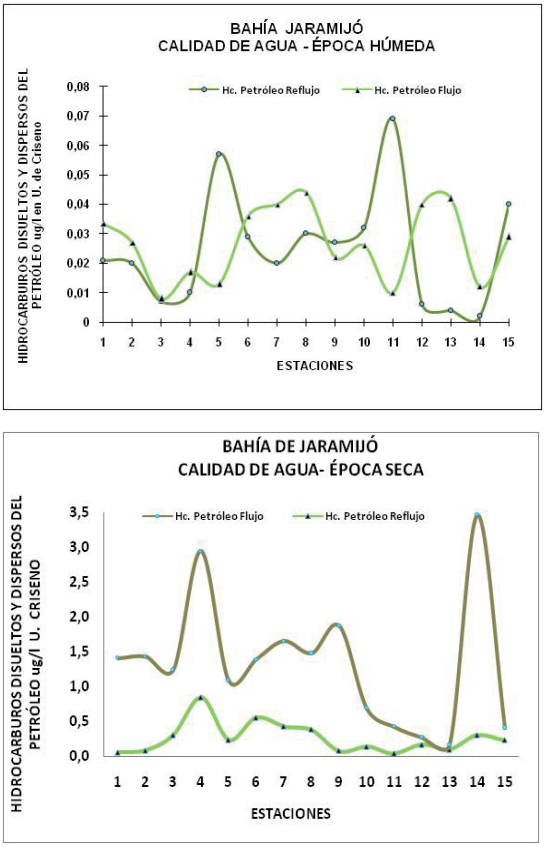

Fig. 6. Distribución superficial de HDD Flujo /Reflujo

En las aguas superficiales de la Bahía para las dos épocas del año se encontraron concentraciones < a 3.5 ug/l de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HDD), los mismos que se encuentran muy por debajo de 10 ug/l límite permisible según criterios de UNESCO (1976), como máximo para aguas superficiales no contaminadas.

En particular para la época húmeda, su distribución es un tanto irregular en los dos estados de marea con los menores valores comprendidos entre 0.02 -0.069ug/l y un promedio de 0.025 y 0.027 ug/l para el reflujo y flujo respectivamente, similar comportamiento se observa en la época seca que a pesar de mantenerse con los menores valores en el reflujo se incrementan levemente alcanzando una concentración de 0.85 ug/l y su promedio igual a la época húmeda; mientras que

En general se nota la ausencia de coliformes totales y fecales en casi toda el área de estudio excepto en algunas estaciones de los perfiles 1 y 2 ubicadas cerca de la línea de costa que durante las dos épocas del año sus concentraciones fluctúan 3 - 150 UFC/100ml, valores que no presentan un peligro significativo al ecosistema, por encontrarse debajo del nivel permisible establecido en la legislación ambiental ecuatoriana, diferente comportamiento se aprecia en un sitio muy puntual estación 6, donde se presenta la mayor carga bacteriana 440 -200 UFC/100ml, lo cual es probablemente provocado por las descargas de aguas servidas que la población vierte al entorno, valores que están muy por encima del límite máximo permisible (200 NMP/100ml) establecidos en la norma indicada anteriormente. Tabla. 3.

	ÉPOCA HÚMEDA				ÉPOCA SECA			
ESTACIÓN N°	COLIFORMES TOTALES FLUJO	REFLUJO	COLIFORMES FECALES FLUJO	REFLUJO	COLIFORMES TOTALES FLUJO	REFLUJO	COLIFORMES FECALES FLUJO	REFLUJO
	UFC/100ml				UFC/100ml			
1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	10	30	Ausencia	Ausencia
2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	40	90	Ausencia	Ausencia
3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	3	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
5	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
6	96	62	78	34	440	200	20	10
7	42	10	22	6	24	150	Ausencia	4
8	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
9	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
11	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
12	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
13	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
14	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
15	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Tabla.3. Parámetros Microbiológicos Superficiales Flujo/Reflujo

Según el informe final del estudio " Diagnóstico Ambiental de la Base Naval de Jaramijó " 2007, reportó que en el ámbito marino costero de la bahía durante la época seca los valores en forma general no rebasan el nivel máximo permitido, mostrando concentraciones entre 0 – 72 UFC/100ml, los mismos que son menores a los obtenidos en el presente estudio.

CONCLUSIONES

Los valores registrados de temperatura y salinidad en la época húmeda (abril/2008) y época seca (agosto/2008) evidencian la presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y Aguas Ecuatoriales Superficial respectivamente (AES).

Las aguas marino costeras de la Bahía de Jaramijó mostraron de manera general buen grado de oxigenación, lo que se correlaciona con los valores bajos de DBO_5, lo cual es congruente con la naturaleza de sus aguas permitiendo inferir que no existe contaminación orgánica en toda el área de estudio, así mismo el pH se manifiesta con valores dentro de los rangos aceptables, por lo que se encuentran dentro de los niveles permisibles de acuerdo a la legislación ambiental ecuatoriana aplicado para aguas marinas lo cual crea un ambiente saludable para el desarrollo de las especies marinas.

El contenido de nutrientes de las aguas marino costeras de la Bahía no mostró un gradiente de concentración entre las profundidades estudiadas, notándose la casi ausencia del ion nitrito, valores relativamente bajo de fosfato y nitrato; mientras que el silicato registro las mayores concentraciones en la época seca con el máximo en reflujo lo que probablemente esté relacionado con la abundancia de la biomasa celular específicamente de las especies *Coscinodiscus excentricus* cuya estructura es de Silicio.

Las aguas superficiales de manera general tanto para la época seca y húmeda no reportan un grado de contaminación fecal en el área de estudio. A pesar de que la población bacteriana presente se radica en algunas de las estaciones que se encuentran cerca de la línea de costa sin embargo los valores reportados no presentan un peligro significativo al ecosistema por encontrarse por debajo del nivel permisible establecido en la Legislación Ambiental Ecuatoriana, excepto en un sitio puntual donde

la carga bacteriana alcanza valores por encima del nivel indicando anteriormente.

Se evidencia presencia de Hidrocarburos del petróleo (HDD) en el área de estudio, sobre todo en la época seca; sin embargo, las concentraciones encontradas no evidencian problemas de contaminación por este tipo de contaminante, ya que las concentraciones se ubican muy por debajo del nivel permisible establecidos en la Norma UNESCO 1976.

AGRADECIMIENTO

La autora deja constancia de su agradecimiento al señor Director del INOCAR y al señor Jefe del departamento de Ciencias del Mar, por el apoyo brindado para la ejecución de las investigaciones y la utilización de la información para la realización de este artículo.

A la señorita Ana Belén Morán R. por la traducción del resumen.

BIBLIOGRAFÍA

Gualancañay, E., M.E. Tapia, C. Naranjo, M. Cruz y F. Villamar. 2010 - 2011. Caracterización Biológica de la Bahía Jaramijó en la Costa Ecuatoriana, 2008. Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR. Vol.16 (1). 33- 52.

INOCAR, 2007. Informe Final del estudio " Diagnostico Ambiental de la Base Naval de Jaramijo".

INOCAR, DIGEIM, ESPOL y Facultad de Ciencias Químicas, 1985. Informe Técnico del Programa de Investigación y Vigilancia de la Contaminación

IOCARIBE, 1980. Manual de CARIPOL para la vigilancia de la Contaminación por petróleo.

J.D.H. Strikland and T. R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis.

Ministerio del Ambiente, 2003. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria actualizada a junio del 2008. Corporación de Estudios y Publicaciones.

Okuda, T., M.Valencia y R.Trejos. 1983. Nutrientes en las aguas superficiales y subsuperficiales en el Área Frente al Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR. Vol.2 (1). 31 - 51.

UNESCO. 1976, 1984. Guía de Procedimientos Operacionales para el Proyecto Experimental de Vigilancia de la Contaminación del mar como parte de IGOSS, Manuales y Guías N° 7,13 COI/OMN.

DISTRIBUCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL ÁREA MARINA DE LA COSTA ECUATORIANA EN LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS Y MANABÍ, 2008-2013

Carmen Palacios [1]

RESUMEN

Se describe una evaluación del estado de contaminación por bacterias coliformes fecales en las provincias de Esmeraldas y Manabí en el área marino-costera ecuatoriana, entre los meses de marzo a mayo del 2008 al 2013, de una muestra de n=109 datos. De los resultados obtenidos se evidencia contaminación bacteriana en sitios muy puntuales como desembocadura del río Esmeraldas, estuario del río Chone y frente a las poblaciones de Esmeraldas, La Chorrera en Pedernales, Bahía de Caráquez, Jaramijó y Manta. Se establece un criterio de evaluación en base al límite máximo permisible de 200 NMP/100ml para aguas de mar y estuarianas, descritas en el libro VI anexo 1 del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), dando como resultado que las estaciones más alejadas de la costa representan el 65% de áreas no contaminadas por bacterias, por lo que son consideradas como ambientes saludables, y que el 35%, localizadas muy cerca de las poblaciones, presentan contaminación consideradas de moderadas a severas.

ABSTRACT

Here, we describe an evaluation of fecal coliform bacteria contamination state in the ecuadorian river side area in the provinces of Esmeraldas and Manabí, between march and may from 2008 to 2013, from an n = 109 data samples. From the results, it is pretty obvious the bacteria contamination in very specific places such as Esmeralda's river mouth, Chone's river estuary and the opposite side of the main population from the studied areas such as Esmeraldas, La Chorrera in Pedernales, Bahia de Caraquez, Jaramijo and Manta. It provides an evaluation based on the maximum limit allowed of 200 NMP/100 ml for estuarine and sea waters as it's described on the chapter VI annex 1 of Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), as a result the 65% of the stations far away from the offshore don't show bacterial contamination, been considered healthy environments, and the 35% located in close proximity from population show from moderate to severe contamination.

Palabras claves: coliformes fecales, número más probable (NMP), límite máximo permisible (LMP), Texto Unificado de la Legislación Secundario del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

1 Instituto Oceanográfico de la Armada. Base Naval Sur-Vía a Pto. Marítimo-Av. 25 de Julio. Guayaquil-Ecuador
e-mail: carmen.palacios@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

La población asentada a lo largo de la zona costera ecuatoriana está dedicada a actividades de pesca, turismo, agrícola, industrial, entre otras, producto de lo cual se generan aguas residuales que son descargadas directa o indirectamente los cuerpos de agua cercanos como ríos, estuarios o al mar. Esto conlleva a que los ecosistemas se afecten de manera negativa con problemas de contaminación ambiental.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), en el 2010 la proporción de viviendas ecuatorianas con acceso a servicio de recolección de basura fue de 77% a nivel nacional, aunque con grandes diferencias en detrimento de las poblaciones de zonas rurales, donde apenas 45% de las viviendas cuentan con dicho servicio. La principal fuente de contaminación de los ríos son –además del vertido incontrolado de residuos industriales que aún no está cuantificado– los residuos sólidos de origen doméstico, que en 23% de los hogares no es recolectado, mientras que las aguas servidas de origen doméstico, en un 10% de los hogares no tiene servicio higiénico y descargan directamente al mar, río, lago o quebrada. A esto se suma que de las aguas servidas que sí son eliminadas a través de la red de alcantarillado (66,6%), solo 5% efectivamente recibe tratamiento (OPS. 2012).

Existen muchos parámetros indicadores de calidad de agua, siendo uno de los más importantes el grupo coliforme, que son microorganismos relativamente inofensivos que viven en grandes cantidades en los intestinos de seres humanos y animales de sangre caliente o fría. Dentro de este grupo, existe un subgrupo que son los coliformes fecales, donde su bacteria principal es la *Escherichia coli*. La presencia de estas bacterias en el agua nos indica contaminación fecal, siendo su fuente principal las descargas de aguas residuales domésticas e industriales y la presencia de basura (Orellana, J. 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 109 estaciones durante los años 2008 al 2013 correspondientes al proyecto Caracterización Oceanográfica en el área marino-costera frente a las provincias de Esmeraldas y Manabí durante los meses de marzo a mayo, de las cuales 33 se localizaron frente a Esmeraldas, y 76 distribuidas frente a Pedernales, Bahía de Caráquez, Jaramijó y Manta. Tabla No.1.

Provincia	Lugar	Fecha	No. Estaciones
Esmeraldas	Frente a la población	Mayo 2012	13
Esmeraldas	Desembocadura de río Esmeraldas y frente a población	Marzo 2010	20
Manabí	Pedernales	Abril 2013	21
Manabí	Bahía de Caráquez	Marzo 2012	25
Manabí	Bahía de Jaramijó	Abril 2008	15
Manabí	Manta	Marzo 2011	15
	Total de datos		**109**

Tabla No. 1. Áreas estudiadas durante 2008 a 2013

Para la obtención de las muestras de agua superficial se realizó un muestreo simple y directo en envases limpios y estériles, luego fueron preservadas en refrigeración y transportadas al laboratorio. Para el análisis se utilizó el método de Tubos Múltiples por Fermentación (9221E) descrito en el Standard Methods más los respectivos controles de calidad para blancos, medios de cultivos y ambiente.

RESULTADOS

En Esmeraldas, se aprecian concentraciones bajas de coliformes fecales en las estaciones más lejanas a la costa en un rango de <3 NMP/100ml (mínimo detectable, prácticamente ausencia de coliformes), mientras que las concentraciones más altas se localizaron cercanas a la población y desembocadura del río Esmeraldas con valores que fluctúan entre 93 a 4600 NMP/100ml. El Puerto Artesanal Pesquero de Esmeraldas conocido como PAPES, presentó también concentraciones altas de coliformes entre 400 a 11000 NMP/100ml.

En la provincia de Manabí se recolectó información en cuatro poblaciones importantes, asentadas a lo largo del perfil costanero:

Pedernales.- se registraron concentraciones entre <3 hasta 150 NMP/100ml en toda el área estudiada no evidenciando contaminación por coliformes fecales, a excepción del punto muestreado frente a Punta La Chorrera donde se obtuvo una concentración de 1200 NMP/100ml, cabe indicar que en esta área se asienta una población pequeña (La Chorrera) dedicada a la pesca por lo que en el sector se acoderan embarcaciones menores.

Bahía de Caráquez.- las concentraciones más bajas entre <3 a 150 NMP/100ml se ubicaron lejanas a la costa y en los perfiles extremos del área estudiada, mientras que las más altas fluctuaron entre 240 a 2400 NMP/100ml encontrándose muy cerca a las poblaciones de Bahía de Caráquez, San Vicente, y en el Estuario del río Chone hasta la altura de la Isla Corazón, sitio donde se ubicaron las últimas estaciones estudiadas en esta área.

Jaramijó.- Esta área se presentó casi libre de coliformes fecales con valores mínimos de <3 a 40NMP/100ml, a excepción de dos estaciones muy puntuales localizadas frente a la población con concentraciones de 1200 NMP/100ml y 240 NMP/100ml.

Manta.- Las concentraciones de coliformes fecales estuvieron entre <3 a 120 NMP/100ml, a excepción de dos estaciones muy puntuales localizadas cercana al muelle de la Autoridad Portuaria (1200 NMP/100ml) y otra más distante al muelle (240 NMP/100ml).

En la Figura No. 1 se presenta una distribución de coliformes fecales, utilizando dispersión de datos, que nos permite identificar los sitios puntuales contaminados por estas bacterias, observando una tendencia de rangos altos a bajo de norte (Esmeraldas) a sur (Manabí).

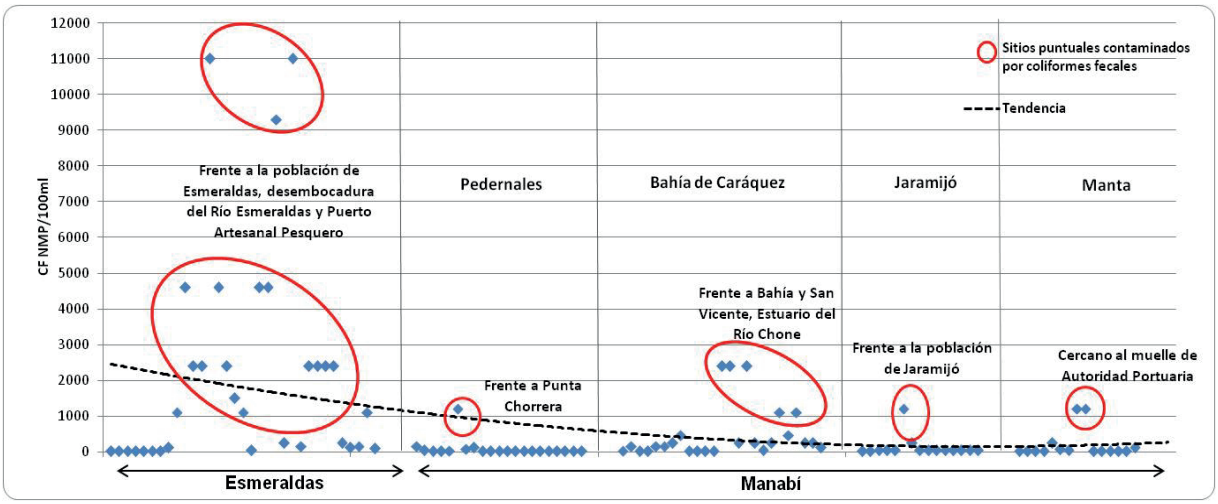

Figura No. 1. Distribución de coliformes fecales y determinación de sitios contaminados por esta bacteria. Fuente: Datos INOCAR 2008 a 2013.

DISCUSIÓN

Los ambientes marino-costeros están sujetos a procesos continuos de contaminación por aguas servidas debido al aumento de la población a nivel mundial y al incremento en la demanda de los recursos marinos para usos turísticos (Herrera, A. y P. Suárez. 2005).

En Ecuador, el 92% de las aguas residuales generadas en viviendas e industrias son descargadas de manera directa a los cuerpos de agua sin tratamiento previo, que en algunos casos como los ríos son la fuente de abastecimiento del líquido vital para la población, causando un aumento significativo en el número de enfermedades por infecciones estomacales. A pesar de que en estos últimos años, se ha trabajado bastante en el mejoramiento de servicio

de alcantarillado, el problema de contaminación del agua por bacterias es latente (Ortega, G. y S. Poveda. 2012).

La estimación de las bacterias del grupo de los coliformes en los cuerpos de agua se ha utilizado a nivel mundial durante varias décadas como indicadoras de su calidad bacteriológica. Uno de los fundamentos para establecer este parámetro como indicador de calidad, es que estos microorganismos provienen principalmente de los tractos digestivos de animales de sangre caliente, por lo que su presencia está relacionada con descargas muy recientes de aguas residuales no tratadas, de tipo doméstico y pecuario, además que están relacionadas con varios patógenos más difíciles de detectar, como son *Salmonella, Shigella y Vibrio*. La Organización de las Naciones Unidas considera a los coliformes fecales entre sus Indicadores de Desarrollo Sustentable (ONU. 2004; AWWA. 2002).

En Ecuador, se tiene un criterio de calidad para aguas de mar y estuarianas descrito en el libro VI Anexo 1, Tabla 3 del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, con un límite máximo permisible de 200 NMP/100ml, lo que permitió establecer un criterio de evaluación para este estudio definido en la tabla No.2. y graficado en la Figura No.2.

Coliformes Fecales NMP/100 ml	Escala de colores	Criterio de evaluación
>3 a 100		Aguas no contaminadas
100 a 200		Aguas no contaminadas, con tendencia a sobrepasar el LMP
200	**LMP**	**Límite máximo permisible. Criterio de calidad para aguas marinas y estuarianas (TULSMA. 2003)**
200 a 1100		Aguas contaminadas
<1100		Aguas muy contaminadas

Elaborado: Palacios C., 2013.

Tabla No. 2.- Criterio de evaluación para calidad microbiológica
Elaborado: Palacios C., 2013.

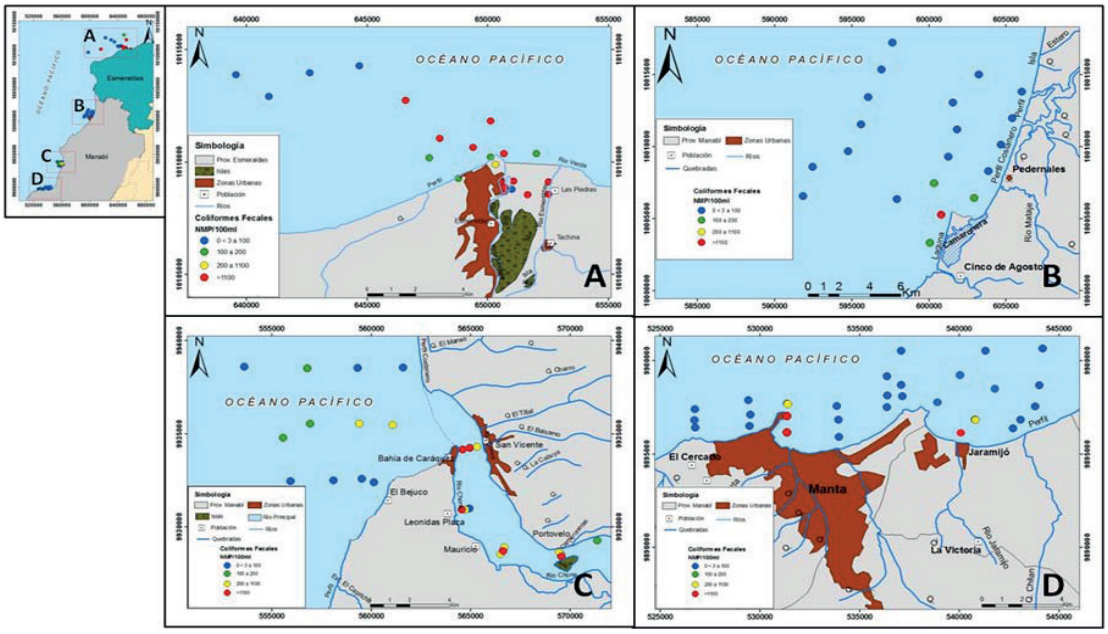

Figura No. 2.- Evaluación de calidad microbiológica en las áreas: Provincia de Esmeraldas: A) Frente a la población y río Esmeraldas; Provincia de Manabí: B) Pedernales; C) Bahía de Caráquez y río Chone; D) Jaramijó y Manta.
Fuente: Datos INOCAR 2008 a 2013.

La evaluación de calidad microbiológica de un número de 109 mediciones, indica que en las áreas estudiadas el 53% no presenta contaminación por coliformes fecales (rango de <3 a 100 NMP/100ml), un 12% a pesar de no estar contaminadas tiene una tendencia a sobrepasar el límite máximo permisible (rango de 100 a 200 NMP/100ml), un 10% presenta contaminación por bacterias moderadas (rango de 200 a 1100 NMP/100ml) y un 25% indica una alta contaminación por bacterias, considerada como severa.

CONCLUSIONES

Se concluye que las áreas más alejadas de la costa no presentan contaminación, pero al tener un acercamiento a las mismas, se evidencia una tendencia a sobrepasar el límite máximo permisible de 200 NMP/100ml. Se identifican sitios puntuales que registran valores superiores al límite máximo permisible, localizados muy cercanos a la costa, siendo de norte a sur en el perfil costero estudiado: frente a la población de Esmeraldas, desembocadura del río Esmeraldas y Puerto Artesanal Pesquero (Provincia de Esmeraldas), frente a punta La Chorrera en Pedernales, frente a las poblaciones de Bahía de Caráquez y San Vicente, estuario del río Chone, frente a la población de Jaramijó, frente al muelle de Autoridad Portuaria en Manta (Provincia de Manabí).

Los datos máximos obtenidos fueron producto del aporte antropogénico de las poblaciones principales en las áreas estudiadas, además de la influencia del ríos o estuarios, cabe indicar que a esto se suma que las fechas de muestreos realizados fueron en la época húmeda, coincidentes con la temporada vacacional y feriados como Carnaval y Semana Santa, cuando aumenta considerablemente la afluencia de turistas hacia las playas de estas localidades.

De la evaluación de calidad microbiológica realizada en las áreas marino costeras estudiadas, se concluye que el 65% no presenta contaminación por bacterias considerando estos ambientes como saludables, mientras que el 35% con sitios muy puntuales presenta contaminación de moderada a severa.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a los Directivos del INOCAR por el apoyo brindado en las campañas de muestreo, a la Lcda. Evelina Peña por la traducción del abstract, y a la Ing. Geo. María Fernanda Quiñónez por la elaboración de los mapas.

BIBLIOGRAFÍA

AWWA American Water Works Association. 2002. "Calidad y tratamiento del agua". Manual de suministro de agua comunitaria". 5ta Edición. Madrid.

Herrera, Antonio y Paula Suarez. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. Revista Interciencia ISSN 0378-1844.

INOCAR. 2008. Datos de coliformes fecales del Informe técnico de calidad de agua en el área de Jaramijó. Proyecto Caracterización Oceanográfica.

INOCAR. 2010. Datos de Memorias técnicas del puerto de Esmeraldas- Calidad de agua.

INOCAR. 2011. Datos de coliformes fecales del Informe técnico de calidad de agua en el área de Manta. Proyecto Caracterización Oceanográfica

INOCAR. 2012. Datos de coliformes fecales de la campaña marzo 2012 en el área de Bahía de Caráquez, proyecto Caracterización Oceanográfica.

INOCAR. 2012.- Datos de coliformes fecales del Informe de calidad de agua y sedimento del área de Esmeraldas.

INOCAR. 2013. Datos de coliformes fecales de la campaña abril 2013 en el área de Pedernales, proyecto Caracterización Oceanográfica.

ONU. 2004. Indicadores de los aspectos sociales del desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas.

OPS. 2012. Salud en las Américas. Publicación científica y técnica No.636 Organización Panamericana de la Salud. Situación de la salud ambiental en el Ecuador (referencia del Ministerio de Salud Pública, 2009).

Orellana, Jorge. 2005.- Ingeniería Sanitaria-UTN – FRRO. Contaminación Versión: 2005.

Ortega, Glenda y Sylvia Poveda. 2012. La calidad y el tratamiento a paso lento. Artículo revista Vistazo.

TULSMA. 2003. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, actualizado a Diciembre 2008. Corporación de Estudios y Publicaciones. Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516, publicado en el Registro Oficial N° E 2, de 31 de marzo de 2003.

VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL PLANCTON EN LA BAHÍA DE MANTA EN LA COSTA ECUATORIANA, DURANTE EL 2011

Christian Naranjo [1]
María Elena Tapia[1]

RESUMEN

Durante el año 2011, en la Bahía de Manta se presentó una elevada diversidad de especies de fitoplancton, determinándose un total de 75 especies, 29 grupos correspondientes al zooplancton, de los cuales se identificaron a nivel de especies: el Phyllum Quetognatos del cual se identificaron 6 especies y Cladóceros con 2 especies.

La época estacional durante el 2011, no influyó en la medias de abundancias de las especies dominantes del fitoplancton y zooplancton, empleando la prueba estadística de T student con un 95 % de confianza. Sin embargo se realizaron pruebas específicas entre diferentes estaciones que tienen una mayor diversidad de especies y en estaciones con menor diversidad, mostrando una diferencia significativa en la media de la población del fitoplancton.

Las condiciones oceanográficas registradas en la región del Pacífico Ecuatorial señala un enfriamiento principalmente durante enero a abril de la época húmeda, la cual nuevamente se intensificó durante septiembre y se mantuvo hasta diciembre de 2011, por lo tanto se puede asociar a la continuidad de las especies dominantes del plancton durante las 2 épocas estacionales, en el fitoplancton fueron: Rhizosolenia imbricata, Chaetoceros affinis, y Ch curvisetu; con relación a los quetognatos fueron Sagitta bedoti, S. enflata, S. peruviana y en los cladóceros se encontraron las especies Penillia aviarrostris y Evadne tergestina.

La mayor producción de clorofila a y biomasa de zooplancton se presentó durante la época húmeda, siendo los sitios de mayor clorofila en la estación 4 y las de mayores biomasas de zooplancton se observaron en las estaciones 12 y 13 en comparación a la época seca, estos cambios de productividad del plancton posiblemente estén asociados a las condiciones oceanográficas locales observadas en la Bahía de Manta durante el 2011.

Palabras claves: Variabilidad, época, plancton, diversidad, especies.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR Av. 25 de julio vía Pto Marítimo, Base Naval Sur.
Email: christian.naranjo@inocar.mil.ec- maria.tapia@inocar.mil.ec

ABSTRACT

In 2011, in the Bay of Manta was presented a high diversity of phytoplankton species, determining a total of 75 species, 29 groups for the zooplankton, which were identified to species level the Phylum Chaetognatha identified 6 species and Cladocera with 2 species.

The seasonal time during 2011, did not influence the average abundances of the dominant species of phytoplankton and zooplankton, using the student t test statistic with 95% confidence. However specific tests were performed between different stations have a greater diversity of species and stations with less diversity, showing a significant difference in the mean of the population of phytoplankton.

The oceanographic conditions recorded in the Equatorial Pacific states mainly cooling during January to April wet season, which again intensified in September and continued until December 2011, therefore can be associated with the continuity of the species dominant plankton during the 2 seasons seasonal in phytoplankton were Rhizosolenia imbricata, Chaetoceros affinis, and Ch curvisetus, regarding Chaetognaths Sagitta were bedoti, S. enflata, S. peruviana and cladocerans were found the species Penillia aviarrostris and Evadne tergestina.

The increased production of chlorophyll a and zooplankton biomass occurred during the wet season, being the sites of major chlorophyll at station 4 and higher biomass of zooplankton were observed at stations 12 and 13 compared to the dry season, these changes plankton productivity may be associated with local oceanographic conditions observed in the Bay of Manta in 2011.

Key words: Variability, season, plankton, diversity, species.

INTRODUCCIÓN

La distribución espacial y composición del plancton en una zona determinada, está relacionada principalmente al modelo de circulación, propiedades físicas, químicas y biológicas relacionadas a las fases oceanográficas de diferentes escalas (Mullin 1993).

Las investigaciones han determinado que en áreas de alta productividad pesquera, el plancton es muy abundante; por lo tanto es necesario conocer la distribución y composición del mismo. De esta forma se conoce la disponibilidad del alimento, y la trama de la cadena alimenticia o la transferencia de energía entre los diferentes organismos (Parsons, R., M. Takahashi & B. Margrave, 1984).

La variabilidad en la distribución y abundancia de organismos en los ecosistemas marinos demanda una gran cantidad de energía que fluye a través de la cadena trófica. El conocimiento en los cambios de las variables ambientales, permite desarrollar modelos para determinar cambios ecológicos en los ecosistemas marino- costeros (Prado & Cajas, 2010).

Tapia (2007), menciona que en Manta durante el año 1999 registró especies de afloramientos: *Hemiaulus sinensis, Rhizosolenia imbricata, Thalassiosira subtilis, Leptocylindrus danicus* y *Chaetoceros affinis*.

En la Bahía de Jaramijó durante el 2008 registró un total de 66 especies distribuidas en 38 diatomeas, 24 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 2 tintínnidos (Tapia 2008).

De un análisis de plancton en tres estaciones fijas de Esmeraldas, Punta Galera y Puerto López, y se determinó que la mayor productividad fitoplanctónica y menor densidad zooplanctónica se encontró en Esmeraldas durante el 2008. En cambio en Punta Galera y Puerto López se registraron densidades fitoplanctónicas menores y altas concentraciones de zooplancton debido a la acción del pastoreo, confirmado por los valores significativos de correlación negativa existente entre los Copépodos herbívoros y la diatomea *Cylindrotheca closterium* (Prado y Cajas 2009).

El fitoplancton y zooplancton fueron muy abundantes en la época lluviosa y menos abundante en la estación seca del año 2008. Las especies *Bacteriastrum hyalinum*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Chaetoceros affinis* y *Ch. curvisetus* del grupo de diatomeas fueron abundantes. La mayor abundancia de zooplancton se observó en flujo, durante la época húmeda, características pocos usuales a las condiciones de los patrones típicos, favorecidos por las condiciones frías que se presentó durante la época húmeda del año 2008, (Gualancañay, Tapia, Naranjo, Cruz, & Villamar, 2010-2011).

MATERIALES Y MÉTODOS.

En la Bahía de Manta se realizaron arrastres planctónicos en la capa superficial en 15 estaciones ubicadas en 5 perfiles paralelos a la costa durante las fases de marea de flujo y reflujo. Los arrastres superficiales se efectuaron durante 10 minutos a una velocidad de 2 nudos, para ello se emplearon redes con características cilindro cónica simple, de 30 cm de diámetro de la boca de la red y con una abertura de malla de 50u y 335u para colecta de fitoplancton y zooplancton respectivamente (Figura 1).

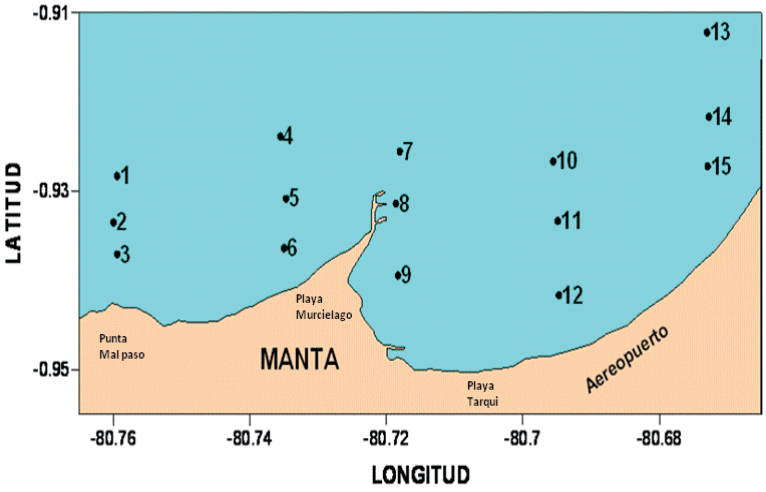

Figura 1.- Ubicación de las estaciones en la Bahía de Manta, durante el 2011.

Las muestras de plancton colectadas fueron fijadas con solución de formaldehído al 4% previamente neutralizado con tetraborato de sodio (Bórax).

Para la identificación de las taxa del zooplancton se utilizaron los Manuales de zooplancton de Tregouboff & Rose (1957), Boltovskoy (1981) y Gasca & Suárez (1996); De Boyd, (1977).

Con la finalidad de establecer la variabilidad estacional en la composición y abundancia de las especies del plancton se aplicó la prueba estadística de t de student, con un 95% de confianza, de tal manera establecer si existe diferencia en la media de la abundancia de las especies de fitoplancton, zooplancton comparando la estacionalidad de la época húmeda y seca frente a la Bahía de Manta durante el 2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

ÉPOCA HUMEDA (Marzo-2011)

En el perfil 2, ubicado al frente de la playa del Murciélago correspondientes a las estaciones 4 y 5 se observó la mayor producción primaria a nivel superficial, durante reflujo. Los valores de clorofila *a* registrados en las E-4 y E-5 fueron 0.78 y 0.42 mg/m^3, (Fig. 2). Esta elevada producción primaria coincidió con la mayor biomasa celular localizada en la E-4 durante reflujo en aguas superficiales y esta elevada productividad primaria se debe a la asociación de las especies observadas en red que fueron el grupo de las diatomeas: *Chaetoceros affinis*, *Ch. curvisetus*, *Rhizosolenia imbricata* y *Climacodium frauenfeldianum.*

Las mínimas concentraciones de clorofila *a* en la capa superficial se observaron en las estaciones E-6 y E-1 durante flujo y reflujo respectivamente, con un valor de 0.05 mg/m^3.

Gualancañay *et al*.,(2010-2011), menciona en su estudio de la caracterización ambiental en Jaramijó efectuado en el 2008, durante la época húmeda se presentó una alta concentración de clorofila *a* con rangos entre 0.84-1.22 mg/m^3 en la fase de flujo y entre 0.82-1.14mg/m^3 en la fase de reflujo. Actualmente la producción primaria registrada en la Bahía de Manta es inferior, siendo el valor máximo de 0.78 mg/m^3 en la E-4 durante la época húmeda.

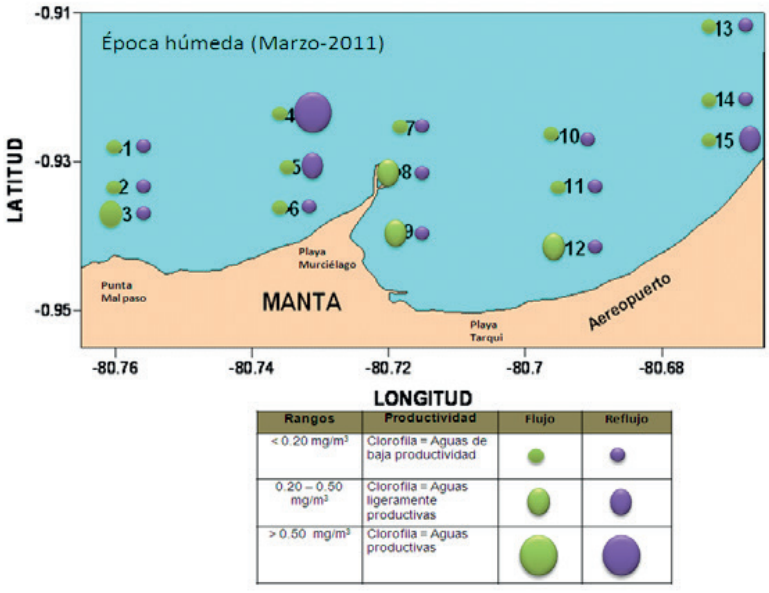

Figura 2. Distribución superficial de la clorofila a durante marzo-2011 en la Bahía de Manta.

Del análisis de muestras de red de fitoplancton, se mostró que durante flujo la mayor diversidad de especies de fitoplancton se registró en la capa superficial, en la estación 6 ubicada en la playa Murciélago y se registraron las especies Chaetoceros affinis, Gonodioma polyedricum, Rhizosolenia imbricata, Protoperidinium depressum y en la estación 8 localizada en la playa de Tarqui, se caracterizó por el dominio de las especies Rhizosolenia imbricata, R. stolterfothii, y Hemiaulus sinensis, que son típicas de ambientes neríticos, encontrándose en estas estaciones la mayor abundancia de los grupos cladóceros especialmente por las especies Penillia avirrostris, en menor abundancia Evadne tergestina y también los copépodos herbívoros, que se alimentan principalmente de fitoplancton.

En la capa superficial durante reflujo, la comunidad del fitoplancton las mayores abundancias relativas encontradas se observó en las estaciones 12 y 14 localizadas en el Estero Salitral y frente al aeropuerto Eloy Alfaro respectivamente, siendo las especies dominantes en la estación 12 *Chaetoceros affinis*, *Ch. curvisetus*, *Dactyosolen mediterraneus*; y en la estación 14 se presentaron las especies *Leptocilindrus danicus, Dactyosolen mediterraneus, R. stolterfothii, Cerataulina bergonii.* Estas especies pertenecen al grupo de Diatomeas, y principalmente son típicas de ambientes nerítico y costero. Estas especies se distribuyeron con temperaturas entre 27º y 28º C y salinidad entre 33.9 y 34.2 UPS en la capa superficial.

En un estudio realizado en la costa ecuatoriana, Prado & Cajas (2010), señalan que *Dactyosolen mediterraneus* es una especie nerítica y cosmopolita.

Con relación al zooplancton las mayores biomasas, se registraron en las estaciones 12 y 13 ubicados en el Estero Salitral y frente al aeropuerto Eloy Alfaro respectivamente, durante la fase de flujo, esta elevada biomasa del zooplancton estuvo conformado principalmente por un mesozooplancton eminentemente nutritivo, y que sirve de alimento para los niveles tróficos superiores. La elevada productividad zooplanctónica con valor de biomasa fue de 1852872 y 1714631 Org/100 m^3 en las estaciones 12 y 13 respectivamente (Fig. 3).

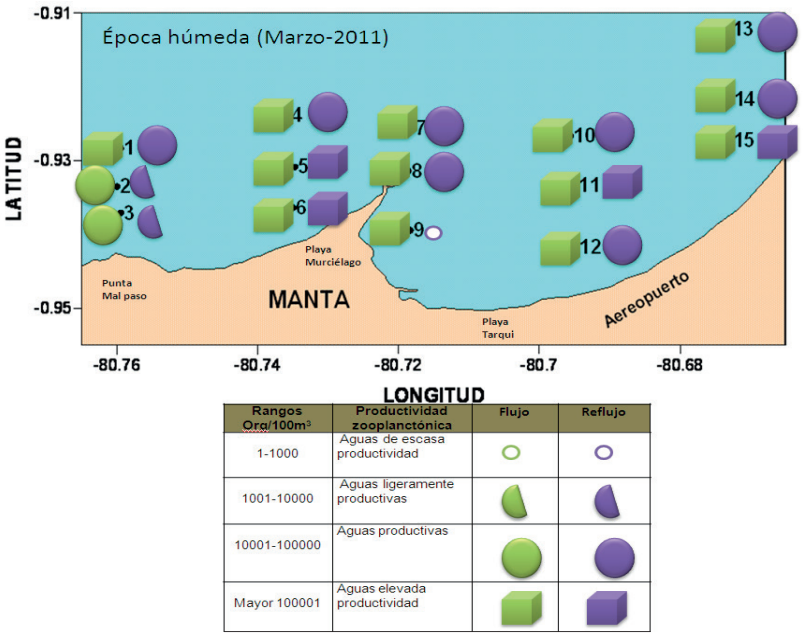

Figura 3. Distribución superficial de la biomasa de zooplancton durante marzo-2011 en la Bahía de Manta.

De acuerdo a la distribución de la producción primaria y secundaria en la bahía de Manta, se determinaron que los sitios donde se encontró la menor clorofila *a* fueron los sitios en que se registraron las mayores agregaciones de biomasa de zooplancton, y especial cladóceros, copépodos que son organismos de régimen alimenticio herbívoro. Estos patrones de distribución de plancton se confirma con el estudio de Prado & Cajas (2007), que confirma con la correlación negativa que existe entre los diferentes grupos, debido a la condición de consumo que existe entre estos dos niveles tróficos, observado en Puerto López, situación que considera como una dinámica natural del ecosistema.

Esta biomasa zooplanctónica estuvo conformada por las taxas: Cladóceros y Copépodos, quienes fueron los más abundantes durante flujo con una abundancia relativa de 74.3 % y 22.1% respectivamente. Las 2 especies de cladóceros presentes en la Bahía de Manta fueron *Penillia avirrostris* y *Evadne tergestina.*

La menor biomasa de zooplancton se registró en la estación 9 localizadas en la playa Tarqui con valor de 930 Org/100 m^3 durante reflujo. La comunidad del zooplancton estuvo representada en la categoría de dominantes los grupos Copépodos 38.6%, Huevos de peces 32.5%, Cladóceros 9.6%, Zoeas de brachiuras 7%.

La abundancia del Phylum Quetognatos con relación al total de la fauna zooplanctónica fue inferior al 2% de la abundancia relativa en toda la bahía de Manta.

Con relación a las especies de Quetognatos durante la época húmeda, se determinaron un total de 6 especies durante flujo y 5 especies durante reflujo. Durante flujo se registraron las siguientes especies: *Sagitta sp. S. bedoti, S. enflata, S. peruviana, S. neglecta* y *S. minima*, la asociación de estas especies caracterizaron una mezcla de aguas frías y cálidas en la Bahía de Manta.

Durante reflujo se registraron las especies de quetognatos antes citadas, excepto la especie *S. minima*.

ÉPOCA SECA (Septiembre-2011)

En la bahía de Manta, la zona de mayor producción de clorofila se registró en la estaciones 12 y 15 localizados en los perfiles 4 y 5, durante reflujo, y en estas estaciones coincidió que a nivel subsuperficial se encontró una elevada biomasa celular (Fig. 4).

El mínimo valor producción primaria se observó a nivel superficial en la estación 2 ubicada en Punta Mal Paso, durante la fase de reflujo.

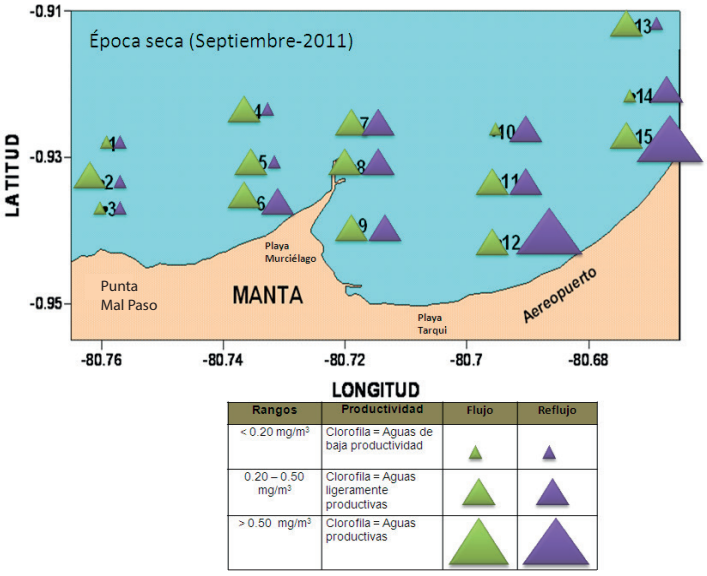

Figura 4. Distribución superficial de la clorofila *a* durante septiembre-2011 en la Bahía de Manta.

Las mayores densidades poblacionales de fitoplancton durante flujo se encontraron en las estaciones 1 y 11 ubicadas en Punta Mal Paso y Estero Salitral, presentando una similitud en la composición de las especies del fitoplancton representadas por *Rhizosolenia imbricata, Leptocylindrus danicus, Dactyosolen mediterraneus, Chaetoceros affinis* y *Coscinodiscus sp,* que son especies típicas de ambientes costeros y cosmopolitas, por lo cual se consideran normal para la presente época. Estas especies de fitoplancton estuvieron asociadas a valores de temperatura de 25.9º C y salinidades de 34 UPS, en la E-1.

En la capa superficial durante reflujo las mayores abundancias de fitoplancton se encontraron en las estaciones 8 y 14 localizadas en la Playa Tarqui y frente al aeropuerto Eloy Alfaro, las principales especies de esta biomasa fueron *Rhizosolenia imbricata, R. setigera, Chaetoceros curvisetus,* y *Eucampia zoodiacum*. Prado & Cajas (2007), en un estudio realizado en Puerto López encontraron que la abundancia fitoplanctónica por estratos de los 10 m de profundidad fueron las densidades más altas, y fueron menores en superficie, exceptuando en junio que presentó una distribución homogénea en la columna desde la superficie hasta los 30 m.

Así, también en las E- 10, 11 y 12 , ubicado en el Estero Salitral, se observó la presencia de *Oscillatoria sp,* y *Ulotrix aequalis* que pertenecen a las cianobacterias, causando alteraciones en el olor y el sabor del agua, además estas especies de cianobacterias son típicas de áreas contaminadas y alcanzan relevancia cuando sus poblaciones se incrementan debido a los procesos de eutrofización de las aguas, sin embargo su densidades son relativamente bajas con valor de 44 cel/m^3 en el perfil 4.

Tapia (2008 b), determinó en un trabajo efectuado sobre el estado actual del fitoplancton en aguas ecuatorianas previo a la prospección sísmica en el litoral ecuatoriano observó que a nivel subsuperficial, la máxima diversidad de fitoplancton se registró en la Región Central de Manabí determinándose un total de 56 especies en dicha área, comparando con el actual estudio se presentó en la bahía de Manta un total de 75 especies de fitoplancton, 29 taxas que corresponden al zooplancton y de estos 6 especies de Quetognatos y 2 especies de cladóceros que caracterizaron considerable diversidad planctónica.

Se determinó una menor productividad de zooplancton durante la época seca registrándose en las estaciones 1 y 2 localizado en Punta de Mal Paso, la mayor biomasa con valor entre 586045 y 137089 Org/100 m^3 respectivamente durante reflujo y la escasa biomasa de zooplancton se observó en la estación 8 con 2207 Org/100 m^3. La productividad registrada durante la época seca fue menor a la biomasa zooplanctónica registrada en la época húmeda (Fig. 5).

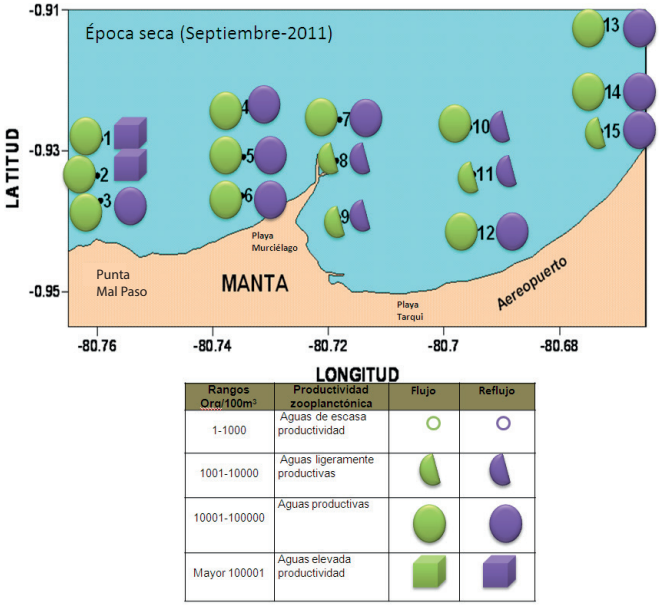

Figura 5. Distribución superficial de la biomasa de zooplancton durante septiembre-2011 en la Bahía de Manta.

Las especies de quetognatos registradas durante la época seca, presentó una composición similar con las especies de quetognatos observadas en la época húmeda, las especies más abundantes durante septiembre fueron: *Sagitta sp*, *Sagitta bedoti, S. enflata, S. neglecta, S. minima y S. peruviana*, durante la fase de flujo y con ligeros cambios en la abundancia durante reflujo, asociado a temperaturas con valores entre 23.3 °C y 26.1º C, las salinidades entre 33.9 y 34.2 UPS durante la época seca.

A nivel subsuperficial se determinó la presencia muy abundante de especies de cladóceros como: *Penillia avirrostris* y una escasa abundancia de *Evadne tergestina.* Estas especies son típicas de aguas costeras y se caracterizan por adaptarse a amplio rangos de temperatura (euritérmicas) y fueron observadas durante las 2 épocas estacionales.

¿LA ESTACIONALIDAD INFLUYÓ EN LA ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE LAS ESPECIES DEL PLANCTON, EN LA BAHÍA DE MANTA DURANTE LAS ÉPOCAS HÚMEDA Y SECA?

Aplicando la prueba estadísticas de t student con 95% de confianza, se determinó la media de las abundancias en la comunidad de zooplancton y en las especies de quetognatos no presentaron diferencias significativas debido al cambio estacional, posiblemente a la baja diversidad de especies y grupos reportados durante las estaciones de muestreo, y cuya composición fue relativamente similar durante marzo y septiembre de 2011.

En la comunidad de fitoplancton que tiene una mayor riqueza de especies, y por lo tanto una mayor diversidad de especies se presentaron diferencias significativas entre distintas estaciones analizadas estadísticamente dentro de la misma época húmeda. Esto permite sugerir que comparando con medias poblacionales entre diferentes épocas del año existan cambios en las abundancias de las poblaciones del fitoplancton.

Tapia (2007), menciona en un estudio realizado en las estaciones de La Libertad durante 1999 en superficie un total de 113 especies, con un promedio para La Libertad durante el año 2000 de 162 especies, en Manta durante 1999 un total de 109 especies y para Manta del año 2000 un promedio de 119 especies.

Comparando con los datos obtenidos durante el año 2011, en la bahía de Manta, se presentaron un total de 75 especies de fitoplancton, y un total de 6 especies de Quetognatos, y 2 especies de Cladóceros identificados en la población de zooplancton, por lo tanto se sugiere que las condiciones ambientales y en especial los parámetros oceanográficos en tiempo y en el espacio influyen en la distribución, agregación, composición y abundancias de las especies del plancton, debido a la dinámica permanente que tiene el océano a nivel local y regional, siendo el principal factor la presencia permanente durante todo el año 2011 el enfriamiento de sus aguas debido a las anomalías negativas registradas en el Pacífico Ecuatorial (Tabla.1).

Los valores de TSM durante marzo y septiembre de 2011 en la Región Niño 3.4 en el Pacífico Ecuatorial fueron entre 27.3 º y 26.8º C respectivamente, por lo tanto estas condiciones oceanográficas de una fase fría influyeron frente a las aguas ecuatorianas, en vista que se encontraron valores de TSM similares en la Bahía de Manta durante los meses de monitoreo.

	MESES DEL 2011											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ºC	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.6**	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	**-0.6**	**-0.8**	**-1.0**	**-1.0**

Tabla 1.- Valores de las anomalías en el Pacífico Ecuatorial en la región Niño 3.4 durante el año 2011, (Fuente: www.cpc.ncep.noaa.gov, recuperado 12 de junio-2013).

CONCLUSIONES

Durante marzo de 2011, se encontraron las mayores concentraciones de clorofila *a* en las estaciones 4 y 5 ubicado frente a la Playa El Murciélago, asociado a altas biomasas celulares y cuyos valores fueron superiores al observado en la época seca de septiembre de 2011.

Las especies que contribuyeron con esta alta producción primaria fueron el grupo de las diatomeas y las especies *Chaetoceros affinis*, *Ch. curvisetus*, *Rhizosolenia imbricata,* y *Climacodium frauenfeldianum.*

En el segundo nivel trófico se encontraron 2 núcleos de elevada productividad zooplanctónica localizados en las estaciones 12 y 13 durante flujo correspondientes a los perfiles 4 y 5 ubicados frente al Estero Salitral y como referencia frente al aeropuerto Eloy Alfaro respectivamente, siendo mucho mayor esta productividad zooplanctónica coincidentemente en la época húmeda.

Las especies dominantes del zooplancton fueron el grupo Cladóceros con las especies *Penillia avirrostris*, *Evadne tergestina*, y en el phyllum de los Quetognatos se registraron 6 especies pertenecientes al género *Sagitta*, y las especies fueron *S. bedoti, S. enflata, S. peruviana, S. neglecta* y *S. minima*, la asociación de estas especies caracterizan una mezcla de aguas frías y cálidas en la Bahía de Manta.

La estacionalidad durante el año 2011, no influyó en las medias poblacionales de la abundancia del plancton principalmente a nivel de grupos y especies de zooplancton, sin embargo dentro de una misma época estacional se presentaron diferencias entre una estación que presentó una mayor diversidad de especies y otra estación con una baja riqueza de especies del fitoplancton, lo que permite dejar una ventana a posibles cambios cualitativos y cuantitativos del plancton, a través de un análisis estadístico más profundo a un largo período de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA:

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

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

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

Gualancañay, E., M Tapia, C. Naranjo, M. Cruz, & F. Villamar, 2010-2011. Caracterización biológica de la bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana, 2008. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol 16 (1): 34-64.

Mullin, M. 1993. Webs and scales: Physical and ecological processes in marine fish recruitment. Washington Sea Grant. University of Washington Press: 135

Parsons, R., M. Takahashi & B. Margrave. 1984. Biological oceanographic processes. Pergamon Press. London: 330.

Prado, M. y J. Cajas. 2009. Variabilidad del plancton en las estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante el 2008. Boletín Científico y Técnico Vol. XX (5):24-43.

Prado M., y J. Cajas. 2010. Variabilidad del Plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2007. Rev. de Ciencias del Mar y Limnología. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil – Ecuador. 4(3):59-69.

Tapia M., 2007. Variabilidad temporal del Fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento" La Niña 1999-2000". Acta oceanográfica del Pacifico. INOCAR, Vol.14 (1): 37-48.

Wyrtki, K. 1982. El Niño- La reacción dinámica del océano Pacífico Ecuatorial al forzamiento atmosférico. Compendio de Ciencias de Galápagos, Estación Científica Charles Darwin, Isla santa Cruz Galápagos: 41-55.

Zar, J. 1996. Biostatiscal Analysis. III editions. Prentice Hall, New Jersy. 1996. Capitulo 13. Data Transformation: 277-284.

Consulta en Internet:

www.cpc.ncep.noaa.gov, Obtención de datos consultado el 12 de junio de 2013.

COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON DURANTE LA PROSPECCIÓN SÍSMICA EN LA COSTA ECUATORIANA, DICIEMBRE DE 2008

María Elena Tapia[1]

RESUMEN

Este trabajo comprende la composición y distribución del fitoplancton en la región costera. Para el efecto se establecieron 23 estaciones distribuidas en tres regiones y seis secciones divididas desde la región norte de Esmeraldas hasta la región sur de Puerto Bolívar, este estudio se llevó a cabo en el Buque de Investigación Orión durante diciembre de 2008.

La mayor diversidad de la comunidad fitoplanctónica en la capa superficial, se observó en la Región Central, específicamente en la sección 4 con un total de 84 especies, destacándose las especies de Diatomeas dominantes como *Rhizosolenia stolterfothii, Thalassiosira subtilis, R. imbricata, Proboscia alata, Chaetoceros affinis,* y en el grupo Dinoflagelados se observaron abundantes *Gonyaulax polyedra y Goniodoma polyedricum* características de la región costera.

Las diatomeas fueron dominantes y en menor concentración se observaron los dinoflagelados, coccolitofóridos, silicoflagelados, cianobacterias y tintinnidos.

La mayor biomasa celular se registró en la Región Central (Sección 3), localizadas en la E-9 y E-12 en la capa superficial respectivamente.

Palabras Claves: Prospección sísmica, productividad, ecosistema, diversidad, especies.

1Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur.

ABSTRACT

This work includes the composition and distribution of phytoplankton in the coastal region. For this purpose were established 23 stations on three regions and six sections divided from the northern region of Esmeraldas to the south of Puerto Bolívar, this work was carried out at the Research Vessel Orion in December 2008.

The greater diversity of the phytoplankton community in the surface layer was observed in the Central Region, specifically in Section 4 with a total of 84 species, highlighting the dominant species of diatoms as *Rhizosolenia stolterfothii, Thalassiosira subtilis, R. imbricata, Proboscia alata, Chaetoceros affinis*, and in the group there were abundant dinoflagellates *Gonyaulax polyedra and Goniodoma polyedricum*. characteristics of the coastal region.

Diatoms were dominant and in lower concentrations were observed dinoflagellates coccolitofóridos, silicoflagellates, cyanobacterias and tintinnidos. Most cell biomass was recorded in the Central Region (Section 3), located in the E-9 and E-12 in the surface layer, respectively.

Key Words: Prospecting seismic, productivity, ecosystem, diversity, species.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema pelágico regional está tipificado por una alta productividad biológica debido a condiciones oceanográficas únicas que se caracterizan por la presencia de aguas superficiales frías y ricas en nutrientes, producto de intensos procesos de surgencia costera (CPPS, 2000).

Los métodos de prospección sísmica marina consisten en la emisión de ondas acústicas, desde un buque en movimiento, que viajan a través del agua y alcanzan la superficie del fondo marino, posteriormente estas ondas son reflejadas hacia la superficie del mar donde el mismo buque las capta, registra e interpreta obteniendo datos acerca de las discontinuidades del fondo y subsuelo marino, de esta manera se determina la existencia de depósitos de combustibles fósiles.

Es necesario afrontar una etapa de transición, en cuanto al aprovechamiento de las fuentes de energía, para conseguir alcanzar un modelo social en el que la obtención de energía no dependa mayoritariamente de las extracciones de hidrocarburos y se centre en las energías renovables. El primer paso sería el de primar la conservación de los hábitats, la integridad de los ecosistemas y sus especies frente a los meros intereses económicos de la explotación de hidrocarburos.

Se conoce que los efectos de la prospección sísmica producen efectos negativos a la fauna marina en los aspectos físicos, fisiológicos y de comportamiento principalmente a los mamíferos marinos y peces, por esa razón, una de las primeras preocupaciones fue considerar la fecha más recomendable para desarrollar el proyecto sobre Prospección Sísmica en la Plataforma Continental del Ecuador. Se analizó la época en que existe el menor número de mamíferos marinos frente a la costa de Ecuador, que coincida con la época de menor intensidad de los afloramientos producidos por el Ecosistema de Humboldt y que influyen en la productividad que hay en la costa ecuatoriana y alrededor de la Isla La Plata, esta isla, es área protegida, que está dentro del Parque Nacional Machalilla (PNM), por lo que se recomendó ampliar la distancia de protección de 10 km a 15 km, para minimizar los efectos de la prospección sísmica a la biodiversidad de este ecosistema marino insular (Cruz, 2010-2011).

Otro aspecto analizado fue determinar la fecha en que existe la menor biomasa planctónica del fitoplancton y zooplancton que coincida con la existencia del menor número de peces, con la finalidad de minimizar el daño a estos recursos. Se consideró también la época de reproducción del camarón en su medio natural y la época donde ocurren sus mayores migraciones al ecosistema del manglar, así como la época de reclutamiento a las zonas de pesca.

Los cambios climáticos globales tienen una conexión con la variabilidad en la tasa de disturbancia ecológica en áreas cercanas a la costa y en ambientes oceánicos, procesos que han sido involucrados para explicar la declinación del coral y la presión relacionada a impactos antropogénicos, tales como sobrexplotación de pesca y otros niveles tróficos, contaminación marina y eutrofización costera son enunciados por (Marshall, Bonaventura, Mitchell, Sherman, Shinn, Dolah y Barber 2000).

Esta investigación describe el comportamiento del primer nivel trófico en el ecosistema costero del mar ecuatoriano, conocer la incidencia de las principales especies que se encuentran formando núcleos de mayor productividad e interrelacionadas con las condiciones ambientales durante el crucero realizado en diciembre de 2008.

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio comprende la franja costera del mar ecuatoriano, que va desde 0° norte a 3° sur donde se realizarán 23 estaciones distribuidas en

tres regiones y seis secciones divididas desde el norte de Esmeraldas hasta el sur de Puerto Bolíva , este trabajo se llevó a cabo en el Buque de Investigaciones Orión (Figura 1).

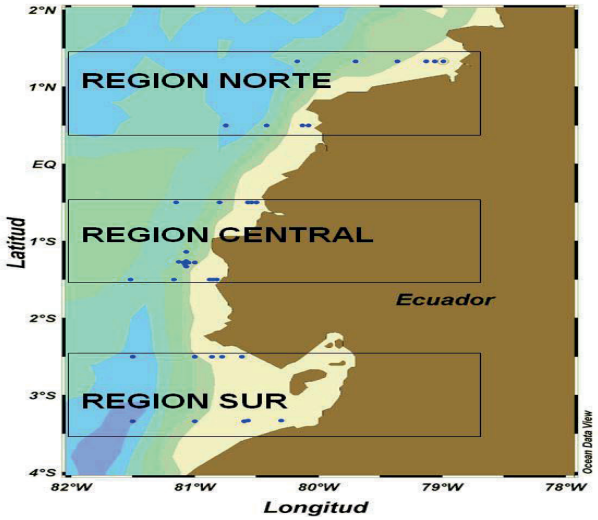

Figura 1. Ubicación de las estaciones de estudio establecidas en 3 regiones:Norte, Central y Sur, durante diciembre de 2008.

Para efecto de interpretación de los resultados obtenidos, se detallan a continuación las áreas de muestreos desarrollados para el estudio:

1. Región Norte:

Sección 1: Estaciones 1, 2, 3, 4
Frente a la costa de Esmeraldas.

Sección 2: Estaciones 5, 6, 7
Frente a Mompiche - Esmeraldas.

2. Región Central:

Sección 3: Estaciones 8, 9, 10
Frente a Bahía de Caráquez.

Estaciones 11,12,13,14
Isla de La Plata.

Sección 4: Estaciones 15,16,17
Frente a Puerto López.

3. Región Sur:

Sección 5: Estaciones 18,19,20
Golfo de Guayaquil.

Sección 6: Estaciones 21,22,23
Puerto Bolívar (Golfo de Guayaquil).

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología de Campo:

A continuación se detalla el protocolo de cada uno de los parámetros que fueron analizados:

Clorofila a*:* Se colectaron muestras de agua con la botella Van Dorn en ocho niveles de profundidad (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 metros). Se colectó un litro de agua marina para análisis de clorofila *a*, las muestras fueron filtradas con una bomba al vacío a través de filtros de fibra de vidrio Whatman (0.40 micras) adicionándole 2 ml de carbonato de magnesio, posteriormente fueron envueltos con papel aluminio y dejando en refrigeración por 24 horas.

Biomasa celular: Para realizar los contajes celulares se colectaron muestras de agua con la botella Van Dorn en ocho niveles de profundidad (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 metros). Las muestras fueron colocadas en frascos de 250 ml y posteriormente se preservaron con solución de Lugol.

Fitoplancton (Red 50 u): Se obtuvieron muestras de fitoplancton mediante lances de arrastres superficiales, con redes simples cónicas de 30 cm. de diámetro con una abertura de malla de 50m. los arrastres superficiales se efectuaron por 10 minutos a una velocidad de 2 nudos, las muestras fueron preservadas con formaldehído al 4% neutralizado con bórax y para el cálculo del volumen de agua filtrada se utilizaron flujómetros previamente calibrados.

Método de Laboratorio:

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

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

Tabla 1. Escala de Clorofila a : Producción Primaria, expresado en mg/m^3, Tapia (2006).

Contajes celulares: Se homogenizaron y se colocaron en cámaras de sedimentación de 25 ml por un período de 24 horas y examinadas en un microscopio invertido a 400 X de magnificación, mediante formulación los datos son convertidos en cel/l. Utilizando el método de Uthermohl en aguas superficiales y subsuperficiales (Tabla 2).

Escala	Ponderación
Mayor 3000 ce/l	Muy abundante
1000 - 3000 ce/l	Abundante
500-999 cel/l	Moderado

Tabla 2. Escala de biomasa celular : Contajes celulares, expresado en cel/l, Tapia (2006).

Fitoplancton (Red 50 u): Para los análisis de las muestras de redes, se obtuvieron 2 alícuotas homogenizadas, colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 20 x 20 mm, en un microscopio óptico binocular, recorriendo toda el área del cubreobjeto, los datos son expresados en cel/m^3 .

En la identificación de especies fitoplanctónicas, adicionalmente se anotaron los ciliados, silicoflagelados, cianobacterias y tintinnidos, siguiendo los trabajos de Jiménez (1983), Peribonio (1981), Pesantes (1983), Zambrano (1983), autores que han investigado las especies del Golfo de Guayaquil; y otros textos como Cupp (1940), Balech (1988), Moreno, Licea y Santoyo (1996), Semina (1967), Tomas (1997). Cronberg y Annadotter (2006). Con los valores absolutos obtenidos se calculó el número de células por metro cúbico de agua filtrada por la red utilizando la siguiente fórmula:

$$N=[(DV/SV)\ TN\ ]/Q$$

Donde:

N = Número de individuos

DV = Volumen total diluido en m^3.

SV = Volumen total de la alicuota

TN = Número total de organismos del plancton en la alícuota.

Q = Cantidad de agua filtrada por la red.

Escala de Abundancia relativa (Muestras con redes).

Para estimar la abundancia relativa de las diferentes especies se utilizó la metodología propuesta por Avaria (1965), resultando la siguiente escala de clasificación, de acuerdo a los datos obtenidos en las diferentes estaciones (Tabla 3).

Rangos	Ponderación
>3000.	Muy abundante
1000-3000	Abundante
500-999	Moderado
1- 499	Escaso
0	Ausente

Tabla 3. Escala de clasificación de especies Avaria (1965).

RESULTADOS

REGION NORTE.-

Clorofila *a:* Distribución Superficial y Subsuperficial.

Sección 1: En la capa superficial se registró una relativa productividad de clorofila *a,* encontrándose concentraciones entre 0.52 - 0.66 mg/m^3 localizado en las estaciones 1 y 4 respectivamente.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 3 con un valor de 0.14 mg/m^3 (Fig. 2).

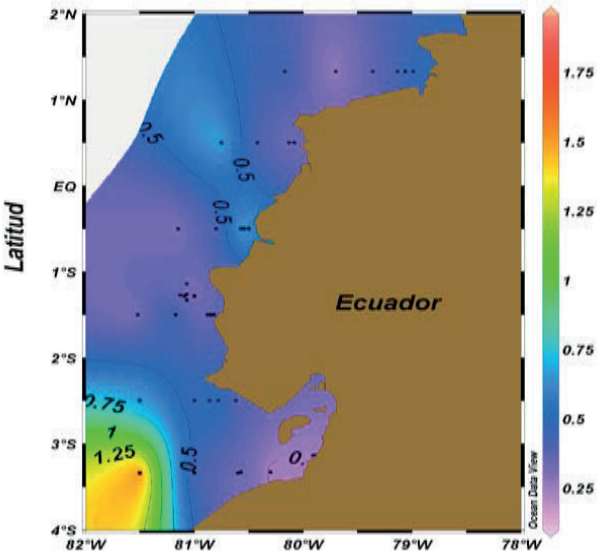

Figura 2. Mapa de distribución Superficial de Clorofila a en la Región Norte, Central y Sur del Litoral Ecuatoriano, diciembre 2008.

En la capa subsuperficial se presentó un incremento de las concentraciones de clorofila observado a los 20 hasta los 30 metros de profundidad con rangos entre 0.69 – 0.74 mg/m^3 (estaciones 1 y 3).

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en las estaciones 1 y 3 con valores entre 0.10-0.12 mg/m^3 localizados a los 40 y 75 metros de profundidad (Fig.3).

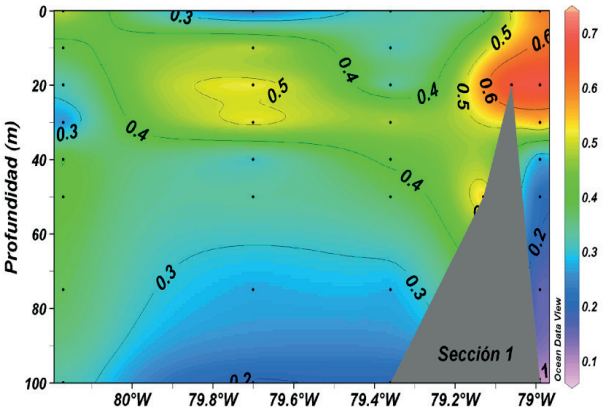

Figura 3. Mapa de distribución Superficial y Subsuperficial de Clorofila a en la Sección 1- Región Norte, diciembre 2008.

Sección 2: En la capa superficial se registraron aguas productivas con una concentración de 0.86 mg/m^3 localizado en la estación 7.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 5 con un valor de 0.19 mg/m^3.

En la capa subsuperficial se presentó un incremento significativo de las concentraciones de clorofila *a* con rangos entre 0.76 – 1.77 mg/m^3 (estaciones 5 y 6), localizado a los 20 metros de profundidad.

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en las estaciones 5 y 7 con valores entre 0.10-0.15 mg/m^3 localizados a los 30 y 50 metros de profundidad (Fig. 4).

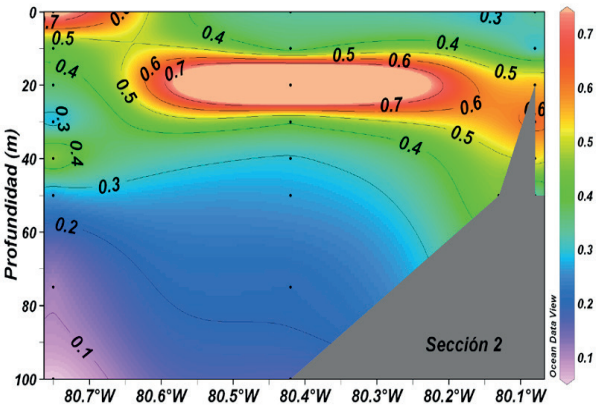

Figura 4. Mapa de distribución Superficial y Subsuperficial de Clorofila a en la Sección 1- Región Norte, diciembre 2008.

Biomasa celular: Distribución Superficial y Subsuperficial.

Sección 1: La mayor concentración celular se registró en la estación 1, con 740 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 4 con 48 cel/l.

Esta biomasa celular estuvo representada por 32 especies siendo las especies dominantes *Rhizosolenia stolterfothii, Pseudo-nitzschia delicatissima, Coscinodiscus perforatus, Mesodinium rubrum* y *Gymnodinium sp.*

A nivel subsuperficial las mayores biomasas celulares se registraron a los 10 m de profundidad localizados en las estaciones 1 y 2 con rangos entre 688-805 cel/l; mientras que las menores biomasas se observaron en las estaciones 3 y 4 a los 50 m con 120 -122 cel/l.

La biomasa celular registró una menor diversidad de especies, siendo representada por 28 especies y las especies dominantes fueron *Coscinodiscus perforatus, Pseudo-nitzschia recta, Thalassiosira subtilis, Skeletonema costatum y Rhizosolenia stolterfothii,* siendo una composición similar a la observada en la capa superficial (Fig. 5).

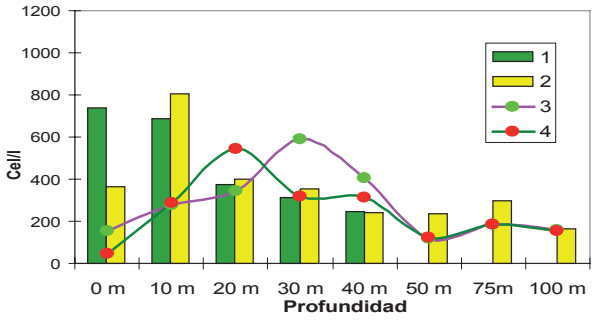

Figura 5. Distribución Superficial y subsuperficial de la Biomasa celular en la Sección 1- Región Norte, diciembre 2008.

Sección 2: La mayor concentración celular se registró en la estación 5, con 489 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 7 con 308 cel/l.

Esta biomasa celular está representada por 25 especies siendo las especies dominantes *Pseudo-nitzschia paradoxa, Coscinodiscus perforatus, C. excentricus, Thalassiosira subtilis* y *Mesodinium rubrum,* similares a la observada en la capa superficial.

A nivel subsuperficial las mayores biomasas celulares se registraron a los 10 y 30 m. de profundidad localizados en la estación 5 con rangos entre 688-805 cel/l; mientras que las menores biomasas se observaron en las estaciones 6 y 7 a los 30 y 75 m con 168-173 cel/l.

La biomasa celular está representada por 28 especies siendo las especies dominantes *Pseudo-nitzschia paradoxa, Coscinodiscus perforatus, C. excentricus, Thalassiosira subtilis* y *Mesodinium rubrum* (Fig. 6).

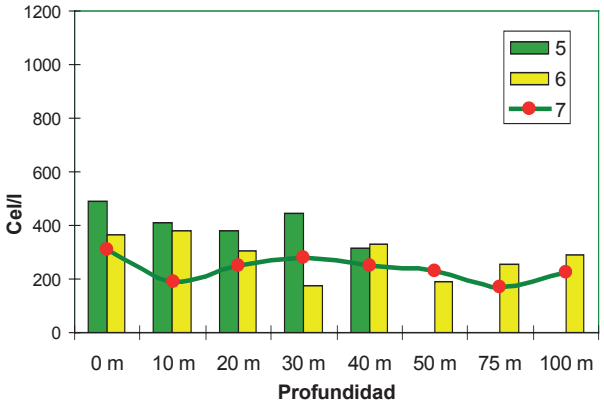

Figura 6. Distribución Superficial y subsuperficial de la Biomasa celular en la Sección 2 - Región Norte, diciembre 2008.

Fitoplancton 50 *u*: Arrastre Superficial

Sección 1: A nivel superficial se registró una diversidad de especies reportándose un total de 32068 cel/m^3 en la estación 1 y 69 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (38), diatomeas pennales (5), dinoflagelados (21), tintinnidos (5), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las más representativas *Bacteryastrum hyalinum, Skeletonema costatum, Rhizosolenia calcar, R.imbricata* y *Corethron criophyllum.* La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 2 con 1678 cel/m^3 (Fig. 7).

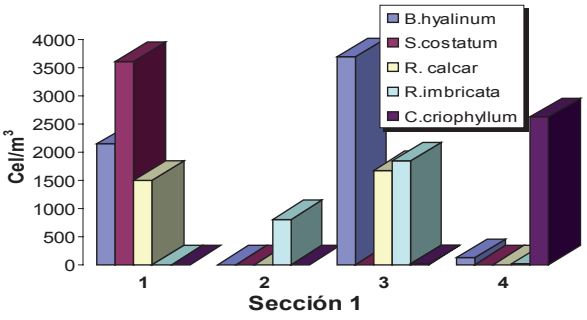

Figura 7. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección 1- Región Norte, diciembre 2008.

Sección 2: A nivel superficial se registró una diversidad de especies reportándose un total de 13742 cel/m^3 en la estación 5 y 65 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (36), diatomeas pennales (3), dinoflagelados (20), cianobacterias(1), tintinnidos (5), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las dominantes *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia imbricata, Thalassiosira subtilis, Thalassiotrix frauenfeldii* y *Proboscia alata.* La composición fitoplanctónica es muy similar en la capa superficial y vertical. La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 7 con 1627 cel/m^3 (Fig. 8).

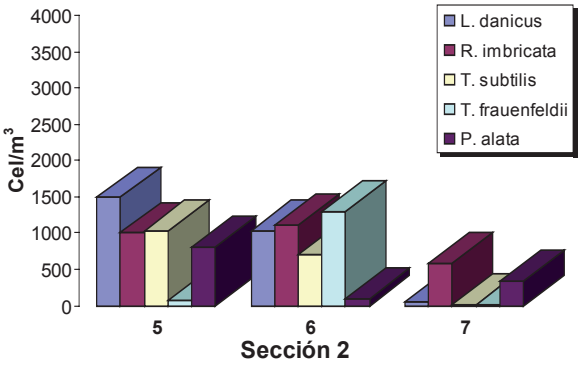

Figura 8. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección 2 – Región Norte, diciembre 2008.

REGION CENTRAL.-

Clorofila *a:* Distribución Superficial y Subsuperficial.

Sección 3: En la capa superficial se registró una baja producción de clorofila *a,* con 0.24 mg/m^3 localizado en la estación 10.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 9 con un valor de 0.14 mg/m^3 .

En la capa subsuperficial se presentó un ligero incremento de las concentraciones de clorofila *a* desde los 10 hasta los 50 metros de profundidad con rangos entre 0.26 – 0.44 mg/m^3 (estaciones 9 y 10).

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en la estación 10 con valores entre 0.03-0.10 mg/m^3 localizados a los 50 y 75 metros de profundidad (Fig. 9).

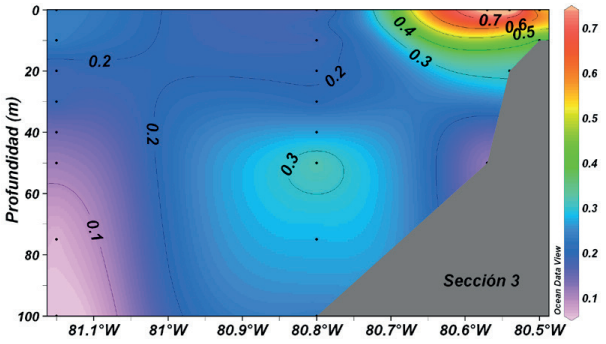

Figura 9. Mapa de distribución Superficial y Subsuperficial de Clorofila a en la Sección 3 - Región Central, diciembre 2008.

Isla de La Plata: En la capa superficial se registraron aguas ligeramente productivas con una concentración de 0.46 mg/m^3 localizado en la estación 13.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 11 con un valor de 0.14 mg/m^3.

En la capa subsuperficial se presentaron dos núcleos clorofílicos de 0.81-0.84 mg/m^3 (estación 11), localizado a los 20-30 metros de profundidad.

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en la estación 12 con valores entre 0.03-0.10 mg/m^3 localizados a los 30 y 40 metros de profundidad.

Sección 4: En la capa superficial se registraron aguas muy productivas con una concentración de 0.96 mg/m^3 localizado en la estación 16.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 15 con un valor de 0.26 mg/m^3 .

En la capa subsuperficial se observaron aguas productivas con rangos entre 0.62– 0.73 mg/m^3 (estaciones 16 y 17), localizado a los 10 y 30 metros de profundidad.

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en las estaciones 15 y 16 con valores entre 0.05-0.10 mg/m^3 localizados a los 10 y 20 metros de profundidad (Fig. 10).

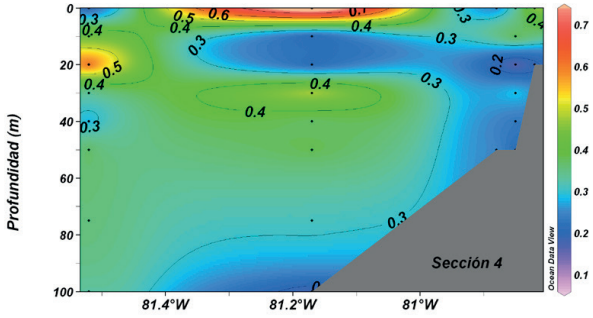

Figura 10. Mapa de distribución Superficial y Subsuperficial de Clorofila a en la Sección 4 - Región Central, diciembre 2008.

Biomasa celular: Distribución Superficial y Subsuperficial.

Sección 3: La mayor concentración celular se registró en la estación 9, con 1379 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 8 con 21 cel/l.

Esta biomasa celular está representada por 30 especies siendo las especies dominantes *Pseudo-nitzschia paradoxa, Coscinodiscus perforatus, Pseudo-nitzschia delicatissima, Mesodinium rubrum* y *Gymnodinium sp.*

A nivel subsuperficial la mayor biomasa celular se registró a los 30 m. de profundidad localizado en las estación 10 con 1117 cel/l; mientras que las menores biomasas se observaron en las estaciones 8 y 10 a los 10 m. con 165-183 cel/l.

La biomasa celular está representada por 34 especies siendo las especies dominantes *Coscinodiscus perforatus, Pseudo-nitzschia paradoxa, C. excentricus, Thalassiosira subtilis* y *Pseudo-nitzschia recta* (Fig 11).

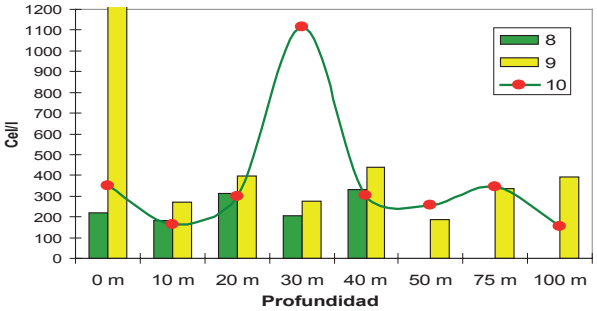

Figura 11. Distribución Superficial y subsuperficial de la Biomasa celular en la Sección 3 - Región Central, diciembre 2008.

Isla de La Plata: La mayor concentración celular se registró en la estación 12, con 1359 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 14 con 118 cel/l.

Esta biomasa celular está representada por 25 especies siendo las especies dominantes *Thalassiosira subtilis, Leptocylindrus danicus, Coscinodiscus excentricus,Gymnodinium sp.,* y *Mesodinium rubrum.*

A nivel subsuperficial las mayores biomasas celulares se registraron a los 10 m de profundidad localizados en las estaciones 11 y 14 con rangos entre 598-635 cel/l; mientras que las menores biomasas se observaron en las estaciones 13 y 14 a los 20 m con 140-211 cel/l.

La biomasa celular está representada por 28 especies siendo las especies dominantes *Thalassiosira subtilis, Skeletonema costatum, Pseudo-nitzschia paradoxa, Mesodinium rubrum* y *Gymnodinium sp.* (Fig. 12).

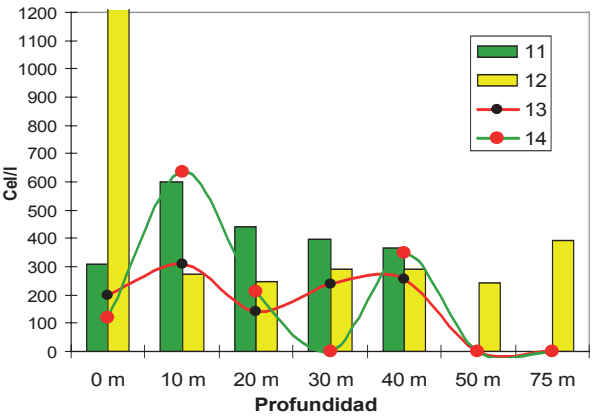

Figura 12. Distribución Superficial y subsuperficial de la Biomasa celular en la Isla de La Plata - Región Central, diciembre 2008.

Sección 4: La mayor concentración celular se registró en la estación 17, con 345 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 16 con 167 cel/l.

Esta biomasa celular está representada por 30 especies siendo las especies dominantes *Pseudo-nitzschia paradoxa, Pseudoeunotia doliolus, Biddulphia alternans* y *Grammatophora marina.*

A nivel subsuperficial las mayores biomasas celulares se registraron a los 10 y 20 m. de profundidad localizados en las estaciones 15 -17 con rangos entre 355-412 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en las estación 16 a los 10 m. con 180 cel/l.

La biomasa celular está representada por 28 especies siendo las especies dominantes *Pinnularia brevicostata*, *Thalassiosira subtilis, Pleurosigma angulatum, Mesodinium rubrum* y *Gymnodinium sp.* (Fig. 13).

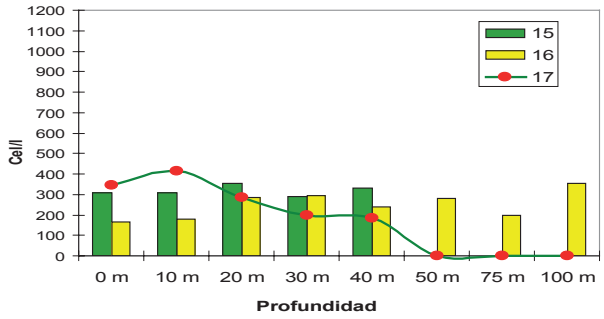

Figura 13. Distribución Superficial y Subsuperficial de la Biomasa celular en la Sección

4 - Región Central, diciembre 2008.

Fitoplancton 50 *u*: Arrastre Superficial

Sección 3: A nivel superficial se registró una alta abundancia de especies reportándose un total de 12466 cel/m^3 en la estación 10 y 67 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (29), diatomeas pennales (8), dinoflagelados (26), tintinnidos (4), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las dominantes *Rhizosolenia stolterfothii, Proboscia alata, Leptocylindrus danicus, R.imbricata* y *Thalassiosira subtilis.* La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 8 con 1441 cel/m^3 (Fig. 14).

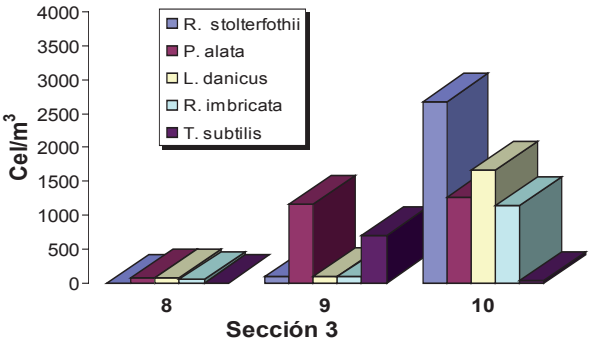

Figura 14. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección 3 – Región Central, diciembre 2008.

Isla de La Plata: A nivel superficial se registró una moderada densidad celular reportándose un total de 4.235 cel/m^3 en la estación 12 y 74 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (26), diatomeas pennales (4), dinoflagelados (38), silicoflagelados(1), tintinnidos (5), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las dominantes *Rhizosolenia imbricata, Chaetoceros coarctatus, Proboscia alata, Gonyaulax polyedra, G. polygramma.* La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 11 con 166 cel/m^3 (Fig. 15).

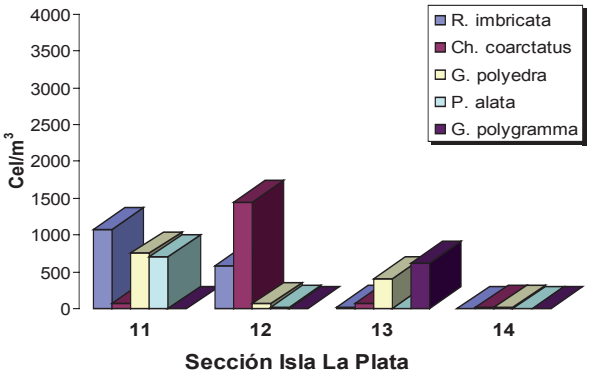

Figura 15. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección Isla La Plata – Región Central, diciembre 2008.

Sección 4: A nivel superficial se registró una alta abundancia de especies reportándose un total de 11121 cel/m3 en la estación 15 y 84 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (38), diatomeas pennales (3), dinoflagelados (36), silicoflagelado (1),

cianobacteria (1), tintinnidos (5), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las dominantes *Dactyosolen mediterraneus, Proboscia alata, Oscillatoria sp*. acompañada de especies de aguas cálidas como Ceratium fusus, *Gonyaulax polygramma.* La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 16 con 713 cel/m3 (Fig. 16).

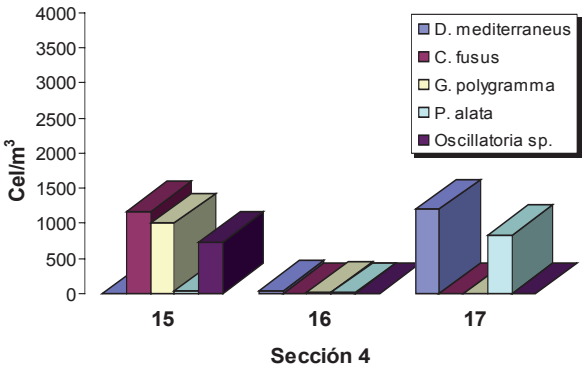

Figura 16. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección 4 – Región Central, diciembre 2008.

REGION SUR.-

Clorofila *a:* Distribución Superficial y Subsuperficial.

Sección 5: En la capa superficial se registró una alta producción de clorofila *a,* con 0.66 mg/m^3 localizado en la estación 20, coincidiendo con la alta biomasa zooplanctónica.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 18 con un valor de 0.19 mg/m^3 .

En la capa subsuperficial se presentó un ligero incremento de las concentraciones de clorofila *a* desde los 10 hasta los 20 metros de profundidad con rangos entre 0.64 – 0.79 mg/m^3 (estación 20).

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en las estaciones 19 y 20 con valores entre 0.18-0.23 mg/m^3 localizados a los 20 y 75 metros de profundidad (Fig. 17).

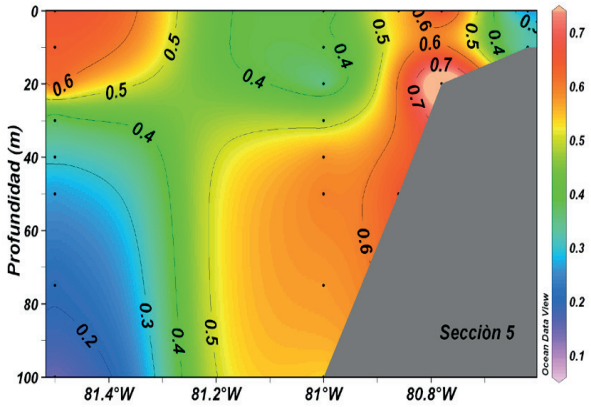

Figura 17. Mapa de distribución Superficial y Subsuperficial de Clorofila *a* en la Sección 5 - Región Sur, diciembre 2008.

Sección 6: En la capa superficial se registraron aguas muy productivas con un núcleo de 1.96 mg/m^3 localizado en la estación 23.

La menor concentración de clorofila se registró en la estación 21 con un valor de 0.15 mg/m^3 .

En la capa subsuperficial se presentaron dos núcleos clorofílicos de 0.98 -1.91 mg/m^3 (estación 22), localizado a los 30 y 40 metros de profundidad.

Las menores concentraciones de clorofila se registraron en la estación 21 y 23 con valores entre 0.21-0.22 mg/m^3 localizados a los 10 y 75 metros de profundidad (Fig. 18).

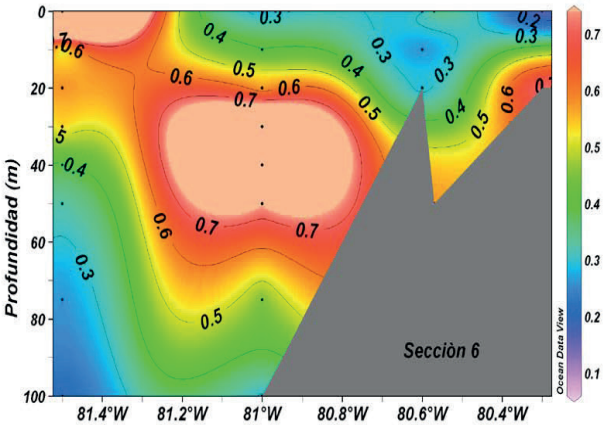

Figura 18. Mapa de distribución Superficial y Subsuperficial de Clorofila *a* en la Sección 6 - Región Sur, diciembre 2008.

Biomasa celular: Distribución Superficial y Subsuperficial.

Sección 5: La mayor concentración celular se registró en la estación 20, con 363 cel/l coincidiendo con la alta producción primaria; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 19 con 194cel/l.

Esta biomasa celular está representada por 14 especies siendo las especies dominantes *Coscinodiscus perforatus,Thalassiosira subtilis, Pseudo-nitzschia delicatissima, Mesodinium rubrum y Gymnodinium sp.*

A nivel subsuperficial las mayores biomasas celulares se registraron a los 10 y 40 m. de profundidad localizado en las estaciones 18 y 20 con 394-497 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 18 con valores de 171-175 cel/l.

La biomasa celular está representada por 34 especies siendo las especies dominantes *Thalassiosira subtilis, Coscinodiscus excentricus, Pseudo-nitzschia delicatissima, Mesodinium rubrum* y *Gymnodinium sp.* (Fig. 19).

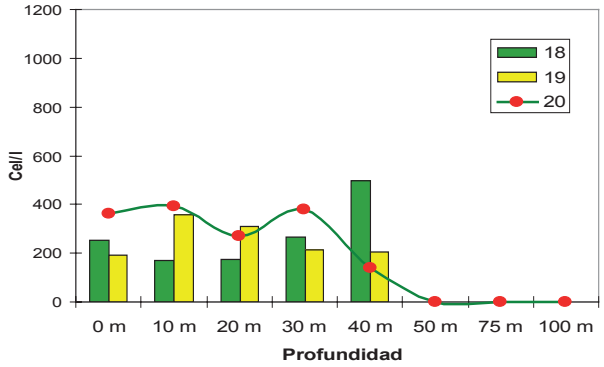

Figura 19. Distribución Superficial y Subsuperficial de la Biomasa celular en la Sección 5 - Región Sur, diciembre 2008.

Sección 6: La mayor concentración celular se registró en la estación 22, con 691 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en la estación 23 con 210 cel/l.

Esta biomasa celular está representada por 20 especies siendo las especies dominantes Pseudo-nitzschia delicatissima, Chaetoceros curvisetus, Thalassiosira subtilis, Mesodinium rubrum y Gymnodinium sp.

A nivel subsuperficial las mayores biomasas celulares se registraron a los 30 y 40 m de profundidad localizado en la estación 21 con rangos entre 364-497 cel/l; mientras que la menor biomasa se observó en las estación 22 a los 10 y 30 m. con 109 -172 cel/l.

La biomasa celular está representada por 12 especies siendo las especies dominantes *Coscinodiscus excentricus, Thalassiosira subtilis, Thalassiotrix frauenfeldii, Mesodinium rubrum y Gymnodinium sp.* (Fig. 20).

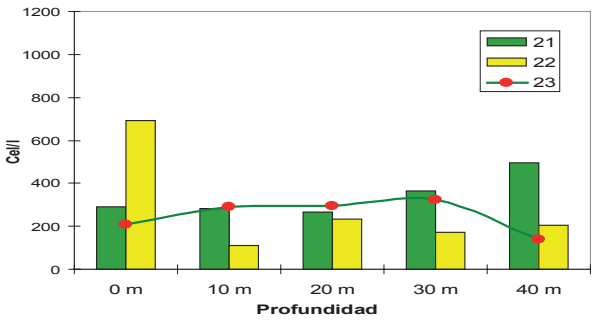

Figura 20. Distribución Superficial y Subsuperficial de la Biomasa celular en la Sección 6 - Región Sur, diciembre 2008.

Fitoplancton 50 *u*: Arrastre Superficial

Sección 5: A nivel superficial se registró una moderada abundancia de especies observándose un total de 8904 cel/m^3 en la estación 20 y 52 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (24), diatomeas pennales (85, dinoflagelados (19), tintinnidos (4), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las dominantes *Rhizosolenia stolterfothii, Lauderia borealis, Cerataulina bergonii, Chaetoceros eibenii* y *Eucampia zoodiacus*. La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 19 con 453 cel/m^3 (Fig. 21).

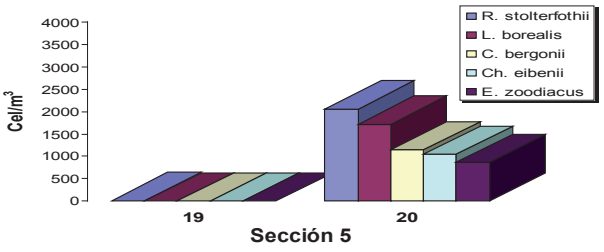

Figura 21. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección 5 – Región Sur, diciembre 2008.

Sección 6: A nivel superficial se registró una baja densidad celular reportándose un total de 641 cel/m^3 en la estación 23 y 48 especies identificadas, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: Diatomeas centrales (12), diatomeas pennales (3), dinoflagelados (27), cianobacteria (1), tintinnidos (5), destacándose la dominancia de diatomeas siendo las dominantes *Thalassiosira subtilis Coscinodiscus excentricus, Tintinnopsis sp.,* acompañada de especies de aguas cálidas como *Goniodoma polyedricum* y *Ceratium furca.* La menor densidad fitoplanctónica se observó en la estación 22 con 60 cel/m^3 (Fig. 22).

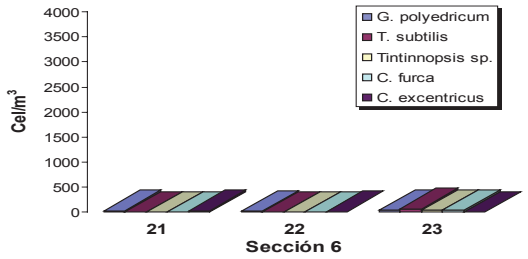

Figura 22. Distribución Superficial del Fitoplancton en la Sección 6 – Región Sur, diciembre 2008.

DISCUSIONES

Existen pocos trabajos de fitoplancton realizados a lo largo de la costa ecuatoriana y sus áreas de influencias; sin embargo, se consideró oportuno ampliar y recopilar una mayor información de la composición y abundancia relativa del fitoplancton.

La mayor producción primaria de clorofila *a* se registró en la capa superficial de la región Sur (E-23), y a nivel subsuperficial en la región Norte (E-6) a los 20 m de profundidad.

Se establece durante el presente estudio, que las mayores concentraciones de Clorofila *a:* Se observó en la estación 9 correspondiente al Perfil 3 en la capa superficial con valores de 0.90 mg/m^3 determinándose como una área de mayor productividad y la menor concentración se registró en la estación 4 correspondiente al Perfil 2 con valor de 0.10 mg/m^3 durante la fase de flujo.

Jiménez y Pesantes (1977), encontraron al norte de Salinas los máximos de diatomeas con rangos entre 15000 a 30000 cel/l en octubre de 1973, destacando los géneros de fitoplancton predominantes en esta área: *Rhizosolenia, Nitzschia, Coscinodiscus, Thalassiosira* y los *Chaetoceros* hacia el área oceánica, en menor proporción se observaron *Bacteriastrum, Planktoniella, Eucampia, Skeletonema;* mientras que en el presente estudio se registraron disminuciones de estas biomasas celulares con rangos entre 823 a 1121 cel/l destacándose los siguientes géneros: *Rhizosolenia, Thalassiosira, Pseudo-nitzschia, Mesodinium, Gymnodinium* hacía el Perfil 4.

Peribonio (1981), en su estudio del fitoplancton efectuado en la Puntilla de Santa Elena registró en la capa superficial concentraciones de clorofila *a* con rangos entre 0.50 y 2.50 mg/m^3, por lo tanto se puede indicar que la productividad primaria expresada en clorofila *a* registrada actualmente es inferior, sin embargo estos valores de clorofila pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales y de la época estacional.

Tapia (2003-2004), registra en un estudio realizado en Esmeraldas que la mayor riqueza específica y abundancia relativa de especies encontró en el Terminal Petrolero destacándose la dominancia de la especie *Skeletonema costatum* y asociada a ésta se observó las especies *Chaetoceros affinis, Pseudo-nitzschia paradoxa, Thalassiotrix frauenfeldii* y *Skeletonema costatum.*

Torres y Tapia (2002), encontraron la mayor producción primaria hacia 1°sur evidenciando

dos núcleos hacia el área oceánica y en la zona costera hacia las cercanías de la isla de La Plata y Península de Santa Elena. La mayor concentración subsuperficial de clorofila fue hacia los 2-3 °sur, mientras que hacia el norte disminuyó y se profundizó ligeramente.

Tapia (2006), en su tesis doctoral registró que el índice de diversidad en La Libertad durante 1999 fue más alto que en el año 2000 con valores entre H:2.014-2.667 bits durante los meses de febrero y agosto predominando las especies *Rhizosolenia hebetata, Leptocylindrus danicus, Chaetoceros affinis, R. imbricata, Ch. curvisetus, Ch. debilis*. En este estudio la mayor diversidad se registró en la estación 5 con 78 especies y la mayor abundancia se encontró en la estación 6 localizada en el Perfil 2 durante flujo con 4.151 cel/m^3 registrándose las siguientes especies: *Chaetoceros coarctatus, Ch. radicans, Leptocylindrus danicus, Rhizosolenia imbricata y Goniodoma polyedricum*.

Gualancañay et al., 2010-2011, determinaron en el área de la Bahía de Jaramijó durante la época húmeda que la mayor biomasa celular se observó en el Perfil 1 (estación 2), durante flujo a nivel superficial, mientras que en la época seca se registraron dos núcleos celulares localizados en las estaciones 2 y 7; la menor biomasa celular se observó en la estación 5.

Para ésta época se registró una variabilidad en los parámetros físicos, determinándose valores de salinidad entre 34.5 UPS con una mínima de temperatura de 22.3° C localizada en la Sección 6 - Región Sur y una máxima de temperatura de 26.8° C registrada en la Sección 1 – Región Norte.

CONCLUSIONES

La mayor producción primaria de clorofila *a* se registró en la capa superficial de la Región Sur (E-23), y a nivel subsuperficial en la Región Norte (E-6), a los 20 m. de profundidad. que coincidió con la máxima biomasa zooplanctónica, especialmente en la capa superficial, en comparación con las otras regiones del estudio.

No se observó una estrecha relación a nivel superficial y subsuperficial entre las producción primaría y las biomasas de contajes celulares en toda el área de estudio.

Empleando el método Uthermohl se determinó que la mayor biomasa celular se registró en la Región Central (Sección 3), localizadas en la E-9 y E-12 a nivel superficial y en la capa subsuperficial en la E-10 a los 30 m. de profundidad, en comparación con las otras regiones en estudio.

La mayor diversidad de la comunidad fitoplanctónica en la capa superficial, se observó en la Región Central, específicamente en la sección 4 con un total de 84 especies, destacándose las especies de Diatomeas dominantes como *Rhizosolenia stolterfothii, Thalassiosira subtilis, R. imbricata, Proboscia alata, Chaetoceros affinis,* y en el grupo Dinoflagelados se observaron abundantes *Gonyaulax polyedra* y *Goniodoma polyedricum*.

La alta diversidad de especies observadas en la Región Central, caracterizan una zona de mezcla que tipifican la presencia de especies de aguas frías neríticas y aguas cálidas costeras.

BIBLIOGRAFÍA:

Avaria., S. 1965. Diatomeas y Silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. Revista de Biología Marina, Valparaíso 12: 61-120.

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

Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). 2000. Estado del medio ambiente marino y costero del Pacífico Sudeste. Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas costeras del Pacífico Sudeste. Quito,

Ecuador. Primera edición: 17-20.

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.

Cruz, M., 2010-2011. La Prospección Sísmica costera 2D en el mar ecuatoriano, las investigaciones realizadas para minimizar sus impactos. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 16(1):153-160.

Cronberg, G., y H. Annadotter. 2006. Manual on Aquatic Cyanobacteria. Intergovemental Oceanographic Commision of UNESCO. Institute Society for the study of Harmful Algae. Primera edición: 25-30.

Gualancañay E., Tapia M., Naranjo C., Cruz M., y Villamar F. 2010-2011. Caracterizacion biológica de la Bahía de Jaramijó, en la costa ecuatoriana. Acta Oceanografica del Pacifico. INOCAR, Vol.16(1): 32 – 54.

Jiménez R., y Pesantes F, 1977. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2(1):30.

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

Marshall L., Bonaventura J., Mitchell T., Prospero J., Sherman B., Shinn E., Dolah F., y Richard Barber, 2000. How are climate and emerging marine diseases functionally linked. Environmental Protection Agency.

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

Peribonio, R., 1981. Distribución de clorofila a y feopigmentos en el Golfo de Guayaquil. Revista de Ciencias del Mar y Limnología, Ecuador (1):1-7.

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

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

Semina G., 1967. Phytoplankton: In the Biology of the Pacific Ocean: Party I, Plankton. Ed. Bogorov V. 7: 27-85.

Tapia M. 2003-2004. Estudio de la comunidad fitoplanctónica en el Estuario interior de Esmeraldas, Ecuador durante mayo de 2002. Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR, Vol.12 (1): 21 – 28.

Tapia M., 2007. Variabilidad temporal del Fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento" La Niña 1999-2000". Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR, Vol.14 (1): 37-48.

Tapia M., 2012. Variabilidad estacional del Fitoplancton y su relación con los parámetros ambientales en el estuario interior de Esmeraldas, durante los años 2004-2005. Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR, Vol.17 (1): 41-65.

Thomas C., 1997. Identifying marine Phytoplankton. Academic Press, Florida: 1-858.

Torres G., y Tapia M, 2002. Distribución del Fitoplancton en la región costera del Mar Ecuatoriano, durante diciembre 2000. Acta Oceanográfica del Pacifico. INOCAR. Vol.11 (1): 31 – 41.

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

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

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS DE MANABÍ, BAHÍA DE CARÁQUEZ EN LA COSTA ECUATORIANA, DURANTE LA ESTACIÓN LLUVIOSA DEL 2012

Elena Gualancañay [1]

RESUMEN

Durante la estación lluviosa de la costa ecuatoriana (marzo 2012), en el área de estudio comprendida por dos ambientes: área marina y área estuarina, se identificaron en Bahía de Caráquez las siguientes especies de foraminíferos bentónicos: *Bulimina pulchella,Cibicides aknerianus, Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typica*, *Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana*, *Rotalia beccarii, Triloculina globulosa y Uvigerina incilis*. Estas especies corresponden a la provincia zoogeográfica Panameña propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy y Gualancañay (1975, 1986).

Palabras claves: Foraminíferos bentónicos, provincia zoogeográfica, ambiente, área marina, área estuarina .

ABSTRACT

During the rainy season of the ecuadorian coast (March 2012), in the study area including two environmental: marine area and estuarine area. Were identified in Caraquez Bay the following species of benthic foraminifera: *Bulimina pulchella, Cibicidea aknerianus, Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typical, Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana, Rotalia beccarii,Triloculina globulosa, y Uvigerina incilis*. These species correspond to the Panamanian zoogeographic province proposed by Boltovskoy (1965) and confirmed by Boltovskoy and Gualancañay (1975, 1986).

(1)Instituto Oceanográfico de la Armada – INOCAR . Base Naval Sur, Avda. 25 de Julio. Vía Pto. Marítimo.
E-mail: elena.gualancanay@inocar.mil P.O.Box.5940.Guayaquil-Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Bahía de Caráquez, está situada en la provincia de Manabí en el centro de la costa ecuatoriana, en la desembocadura del río Chone en la costa del océano Pacífico. El monitoreo estuvo distribuido en el área marina y estuarina con siete perfiles:

Área marina: Comprendida entre la desembocadura del estuario del Chone y el meridiano 80º 24´ W, se caracteriza por encontrase directamente influenciado por la acción de las mareas.

Área estuarina: Comprendida entre los meridianos 80° 24´ W y 80° 16´ W, se caracteriza por estar directamente influenciado por los aportes fluviales de los ríos Chone y Carrizal.

A continuación se citan los siguientes estudios en el área de Manabí:

Gualancañay (1978), realizó el estudio de los foraminíferos bentónicos en la región sur de la provincia de Manabí en los puertos de Cayo, Machalilla, Bálsamo, Puerto. López, Salango y Punta Canoa e identificó 40 géneros con 63 especies típicas de aguas someras de fauna tropical.

Cruz (1980), estudió los Moluscos Bivalvos de la plataforma superior interna de la provincia de Manabí.

Gualancañay, et al (2010-2011), en las costas de Jaramijó, provincia de Manabí, realizaron un estudio sobre la Caracterización del Fitoplancton y Zooplanton; del Macro y Microbentos durante las estaciones del año 2008: húmeda y seca en la Bahía de Jaramijó,

Gualancañay (2012), en la investigación sobre el microbentos y su variación estacional en la Bahía de Manta en la provincia de Manabí, reportó dos especies de la microflora béntica y diez especies de la microfauna bentónica, típicas de la provincia zoogeografía Panameña.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas: Latitud 0º54´00" y 0º57´00"S; Longitud 80º39´45"W y 80º46´00"W, al oeste de la línea de costa, entre las profundidades comprendidas de 3,50 y 21,70 metros. El monitoreo estuvo distribuido en el área marina y el área estuarina, con siete perfiles perpendiculares a la costa, durante dos fases de marea: Flujo y reflujo (Tablas 1a,1b, Figura 1).

Área marina: Comprendida entre la desembocadura del estuario y el meridiano 80º 24´ W, se caracteriza por encontrase directamente influenciada por la acción de las mareas. Se encontraron en esta área salinidades comprendidas entre 30.6 UPS y 32.7 UPS. Los valores de temperatura variaron entre 26.5 y 27.0° C.

Área estuarina: Entre los meridianos 80° 24´ W y 80° 16´ W, caracterizada por estar directamente influenciada por los aportes fluviales de los ríos Chone y Carrizal. Los valores de salinidad estuvieron entre 3.79 y 25.8 UPS y la temperatura entre 25.6 y 27.1 ° C.

METODOLOGÍA

De campo:

Se programó un muestreo en la época húmeda en el mes de marzo del año 2012, con siete perfiles: 1.-En el área marina, correspondiente a las estaciones desde la n.-1 hasta la n.-12 y 2.- En el área estuarina, correspondiente a las estaciones desde la n.-13 hasta la n.-25.

Para el muestreo de los foraminíferos bentónicos, se realizaron lances de draga en cada una de las estaciones programadas y las muestras obtenidas se depositaron en frascos de 250 cc., previamente preservadas con formalina.

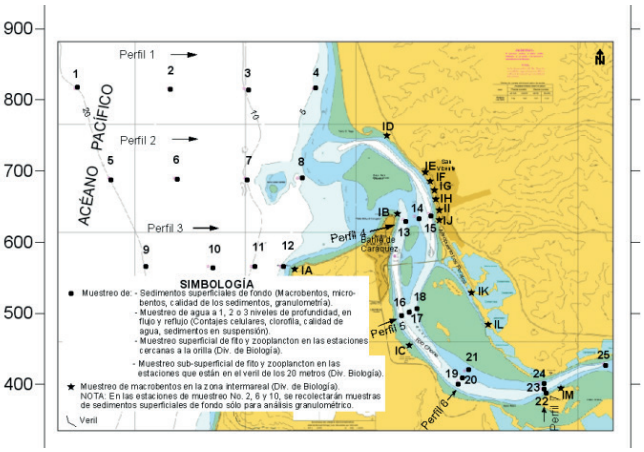

Figura 1.- Ubicación de las estaciones del área de estudio en Bahía de Caráquez durante el 2012.

Estac.	Lugar	Latitud	Longitud	Prof. (m)	Estac.	Lugar	Latitud	Longitud	Prof. (m)
1	Área marina	0º33'20"S	80º31'05"W	1,80	13	Area estuarina	0º35'44"S	80º25'10"W	3,50
2	Área marina	0º33'23"S	80º29'23"W	1,50	14	Area estuarina	0º35'42"S	80º24´58"W	2,00
3	Área marina	0º33'22"S	80º28'01"W	1,00	15	Area estuarina	0º35'39"S	80º24´58"W	8,00
4	Área marina	0º33'21"S	80º26'47"W	1,00	16	Area estuarina	0º37'30"S	80º25'11¨W	5,00
5	Área marina	0º35'24"S	80º30'02"W	1,00	17	Area estuarina	0º37'21"S	80º25'05"W	4,40
6	Área marina	0º35'00"S	80º29'18"W	1,30	18	Area estuarina	0º37'29"S	80º24'59"W	1,00
7	Área marina	0º35'00"S	80º27'38"W	1,60	19	Area estuarina	0º38'48"S	80º24'10"W	4,00
8	Área marina	0º35'02"S	80º27'04"W	5,00	20	Area estuarina	0º38'42"S	80º24'05"W	4,00
9	Área marina	0º36'40"S	80º29'50"W	1,60	21	Area estuarina	0º38'36"S	80º24'02"W	2,60
10	Área marina	0º36'39"S	80º28'40"W	15,0	22	Area estuarina	0º38'47"S	80º22'29"W	3,00
11	Área marina	0º36'36"S	80º27'54"W	1,20	23	Area estuarina	0º38'47"S	80º22'31"W	3,00
12	Área marina	0º36'42"S	80º27'34"W	1,0	24	Area estuarina	0º38'43"S	80º22'33"W	3,50
					25	Area estuarina	0º38'25"S	80º21'32"W	3,50

Tabla 1a.- Posición de las estaciones de muestreo en la Bahía de Caráquez marzo de 2012

Estac.	Lugar	Tipo Sediment.	Extractor	Prof. (m)	Estac.	Lugar	Tipo sediment.	Estractor	Prof. (m)
1	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,80	13	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	3,50
2	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,50	14	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	2,00
3	Área marina	Arena fina	D.Van Veen	1,00	15	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	8,00
4	Área marina	Arenoso	D.Van Veen	1,00	16	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	5,00
5	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,00	17	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	4,40
6	Área marina	Arenoso y Rocoso	D.Van Veen	1,30	18	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	1,00
7	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,60	19	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	4,00
8	Área marina	Limoso	D.Van Veen	5,00	20	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	4,00
9	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,60	21	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	2,60
10	Área marina	Limoso	D.Van Veen	15,0	22	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	3,00
11	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,20	23	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	3,00
12	Área marina	Limoso	D.Van Veen	1,0	24	Area estuarina	Limoso	D.Van Veen	3,50
					25	Area estuarina	Limoso	D.van Veen	3,50

Tabla 1b.- Posición de las estaciones de muestreo en la Bahía de Caráquez marzo de 2012

De laboratorio:

Para la identificación de las especies de los foraminíferos bentónicos en el laboratorio se ha seguido la sinonimia clásica por el método de (Boltovskoy, 1965).

Para la abundancia relativa de las especies se aplicó la metodología propuesta por (Boltovskoy, 1965). (Tabla 2).

Abundancia Relativa	N.- Organismos
INCONTABLES	5000
MUY ABUNDANTES	2000-1000
ABUNDANTES	1000-800
ESCASOS	800-600
RAROS	600-300-200
POBRES	100
MUY POBRES	50

Tabla 2. Valores de Abundancia Relativa
Fuente: Boltovskoy, 1965

RESULTADOS Y DISCUSIONES

ÉPOCA HÚMEDA (marzo 2012)

Para una mejor comprensión, se ha dividido el área de estudio en: 1.- Área marina comprendida en las estaciones desde la n.-1 hasta la n.-12 y 2.- Área estuarina desde la n.- 13 hasta la n.- 25.

En general en toda el área de estudio durante la época lluviosa (marzo-2011), se identificaron 10 especies de foraminíferos bentónicos que corresponden a 9 géneros, la población fue entre pobre y raros, es decir entre 100 y 600 ejemplares encontrados en algunas estaciones de muestreo y en otras hubo ausencia de organismos (Tabla 3a Figura 2).

Especies/Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Foraminíferos bentónicos:			*	*	*				*	*	*	*
Bulimina pulchella	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
Buliminella elegantissima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cibicides aknerianus	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
Cibicides bertheloti, f. boueana	-	-	-	-	-	P	P	-	-	-	-	-
Elphidium articulatum	P	-	-	-	-	R	P	-	-	-	-	-
Nonion pizarrense	-	-	-	-	-	P	R	-	-	-	-	-
Quinqueloculina lamarckiana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotalia beccarii	-	R	-	-	-	R	-	R	-	-	-	-
Triloculina globulosa	-	-	-	-	-	P	-	-	-	-	-	-
Uvigerina incilis	-	P	-	-	-	-	P	-	-	-	-	-

(*) Ausencia de organismos

Tabla 3a.- Abundancia Relativa de Foraminíferos Bentónicos de Bahía de Caráquez, marzo 2012 Área Marina

Especies/Estaciones	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Foraminíferos bentónicos:	*		*		*	*	*					*	*
Bulimina pulchella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buliminella elegantissima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cibicides aknerianus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cibicides bertheloti, f. boueana	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elphidium articulatum	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nonion pizarrense	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quinqueloculina lamarckiana	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotalia beccarii	-	-	-	-	-	-	-	P	P	P	R	-	-
Triloculina globulosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uvigerina incilis	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-

(*) Ausencia de organismos

Tabla 3a.- Abundancia Relativa de Foraminíferos Bentónicos de Bahía de Caráquez, marzo 2012 Área Marina

Área Marina:

Las especies de foraminíferos bentónicos identificadas en el área marina de Bahía de Caráquez durante marzo del 2013 fueron:

Bulimina pulchella Buliminella elegantissima, Cibicides aknerianus, Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typica; *Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana, Rotalia beccarii, Triloculina globulosa, y Uvigerina incilis* Figura 2. Estas especies corresponden a la provincia zoogeográfica Panameña propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy y Gualancañay (1975), y (Gualancañay, 1986).

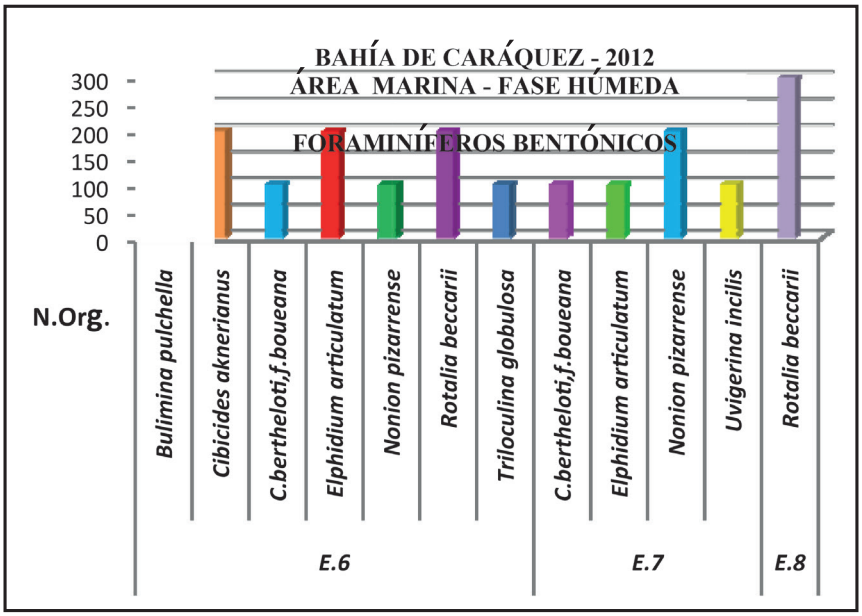

Figura 2.- Distribución de Foraminíferos Bentónicos en el área marina de Bahía de Caráquez, marzo 2012

Área Estuarina:

Las especies de foraminíferos bentónicos identificadas en el área estuarina de Bahía de Caráquez durante marzo del 2013 fueron:

Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typica; Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana, Rotalia beccarii, y Uvigerina incilis (Figura 3), y corresponden a la provincia zoogeográfica Panameña propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy y Gualancañay (1975), y Gualancañay (1986) (Figura 3).

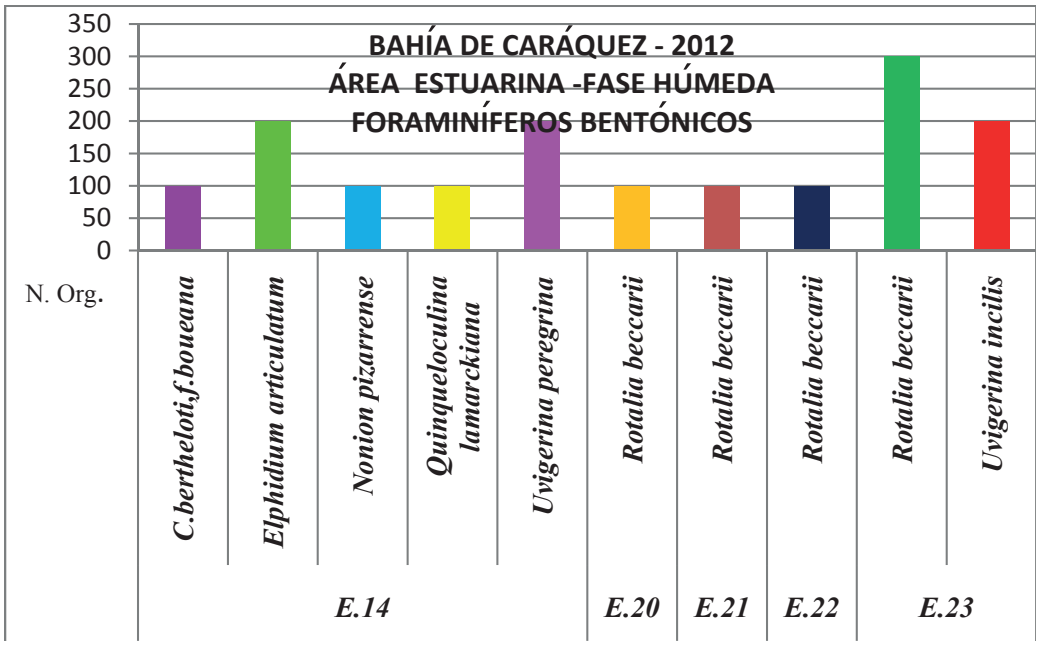

Figura 3.- Distribución de Foraminíferos bentónicos en el área estuarina de Bahía de Caráquez, Marzo 2012

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS DE BAHÍA DE CARÁQUEZ : ÁREA MARINA Y ESTUARINA:

Las siguientes especies de foraminíferos bentónicos fueron halladas en el área de estudio, tanto en la parte marina como en la estuarina de Bahía de Caráquez:

Cibicides bertheloti, f. bouena; Elphidium articulatum, f. typica; Nonion pizarrense; Rotalia beccarii y Uvigerina incilis y pertenecen a la provincia zoogeográfica Panameña propuesta por Boltovskoy (1965) y confirmada por Boltovskoy & Gualancañay (1975), en la plataforma continental de la provincia de Esmeraldas. Más tarde por Gualancañay (1986), en la plataforma continental del Golfo de Guayaquil.

Cibicides bertheloti (d´ Orbigny), f.boueana (d´ Orbigny)

En el presente estudio *Cibicides bertheloti, f. bouena* fue halada en mínimas profundidades entre 1,30 y 2,0 metros, tanto en aguas marinas como estuarinas aunque con una abundancia relativa pobre sobre fondos limosos y arenosos.

Esta especie fue reportada anteriormente en aguas ecuatorianas por: Boltovskoy & Gualancañay (1975), en la plataforma continental de la provincia de Esmeraldas; Gualancañay (1978), en aguas someras al sur de la provincia de Manabí; Gualancañay (1983), en la plataforma continental del Golfo de Guayaquil. Según Gualancañay (1989), indica que esta especie es típica de aguas cálidas y marinas y en algunos casos aunque en menor abundancia en

aguas estuarinas y prefiere los fondos arenosos y limosos para su desarrollo (Figura 4).

Elphidium articulatum (d´ Orbigny), f. typica (d´ Orbigny)

Reportada por primera vez en nuestras aguas por: Boltovskoy & Gualancañay (1975), en escasas profundidades en la costas de la provincia de Esmeraldas. Luego fue hallada por Gualancañay (1978) en aguas de la costa sur de Manabí. Más tarde Gualancañay (1983), la encontró en el Golfo de Guayaquil a escasas profundidades entre 0 y 20 metros sobre sedimentos arenosos y limo-arenoso.

En este estudio *Elphidium articulatum, f.* typica se la halló distribuida sobre fondos arenosos y limosos en profundidades menores a 10 metros (Figura 4).

Nonion pizarrense Berry

Reportada por primera vez en nuestras aguas por: Boltovskoy & Gualancañay (1975), en mínimas profundidades en la costas de la provincia de Esmeraldas. Después Gualancañay (1978), la hallaron en aguas someras de la costa sur de Manabí. Años más tarde Gualancañay (1983), la reportó de forma frecuente en la plataforma continental interna del Golfo de Guayaquil.

En el área marina, la abundancia relativa de esta especie en el presente estudio en las estaciones 5 y 7 fue de pobre a rara y en el área estuarina fue pobre en la estación 14, sobre sedimentos arenosos y limosos entre 1 y 4 metros de profundidad, esta especie es típica de aguas someras (Figura 4).

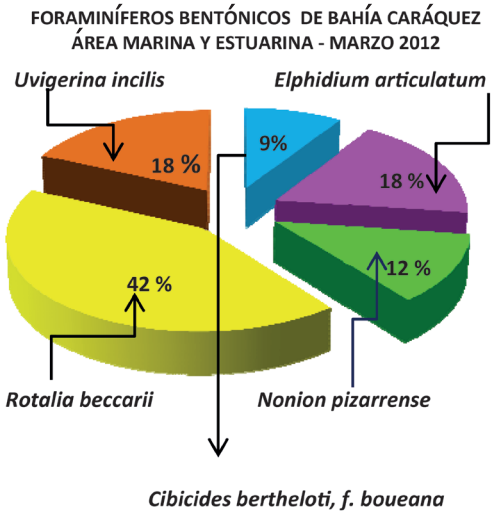

Figura 4. Foraminíferos Bentónicos de la Bahía de Caráquez, Áreas: Marina y Estuarina, Marzo 2012

Rotalia beccarii (Linné)

Rotalia beccarii ha sido reportada anteriormente en aguas ecuatorianas por Boltovskoy & Gualancañay (1975), Después la reportaron Gualancañay (1978), Gualancañay (1983), y la describen como especie cosmopolita de aguas someras.

Esta especie fue encontrada en el área marina y estuarina a pofundidad menor a los 10 metros, sobre fondos arenosos en el área marina y sobre fondos limosos en el área estuarina. Su abundancia relativa se la considera de pobre a rara (Figura 4).

Uvigerina incilis Todd

Boltovskoy & Gualancañay (1975), reportaron esta especie en la costas de la provincia de Esmeraldas en profundidades someras. Después Gualancañay (1978), la encontró en la costa sur

de la provincia de Manabí en profundidades considerablemente mínimas. Años más tarde Gualancañay (1983), la reportó de forma frecuente en la plataforma continental interna del Golfo de Guayaquil.

En el área del presente estudio esta especie fue hallada sobre fondo limoso, con una población pobre y se la encontró únicamente en las estaciones n.-2, 7, 14 y 23 entre 2 y 4 metros de profundidad (Figura 4).

CONCLUSIONES:

Las especies de foraminíferos bentónicos identificadas en el área de estudio provienen de ambiente marino y ambiente estuarino y fueron: *Bulimina pulchella Buliminella elegantissima, Cibicides aknerianus, Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typica*; *Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana, Rotalia beccarii, Triloculina globulosa, y Uvigerina incilis*

Las especies de foraminíferos bentónicos halladas en sedimentos marinos fueron: *Bulimina pulchella Buliminella elegantissima, Cibicides aknerianus, Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typica*; *Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana, Rotalia beccarii, Triloculina globulosa, y Uvigerina incilis*

Las especies de foraminíferosbentónicos halladas en sedimentos estuarinos fueron*: Cibicides bertheloti, f. boueana, Elphidium articulatum, f. typica; Nonion pizarrense, Quinqueloculina lamarckiana, Rotalia beccarii, y Uvigerina incilis*

Las especiesde foraminíferos bentónicos identificadas en el área de estudio durante marzo del año 2011, son típicas de la provincia Zoogeografía Panameña.

AGRADECIMIENTO:

La autora desea expresar su agradecimiento a los señores Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada y al Jefe del departamento de Ciencias del Mar por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la presente investigación. A mis colegas biólogos de INOCAR por la recolección de las muestras de sedimentos para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA:

Boltovskoy, E. 1963. Foraminíferos y sus relaciones con el medio.- Argentina, Serv., Hidr., Naval., vol.1, n.-2, p.21-109.

Boltovskoy, E. 1965. Los Foraminíferos Recientes (biología, métodos de estudio,aplicación oceanográfica).- 510 pp., 114 texfigs., EUDEBA, Buenos Aires.

Boltovskoy, E. 1976. Distribution of Recent Foraminifera of the South American Region. Academic Press. London. Vol.2, pp.171-183.

Boltovskoy, E. y E. Gualancañay. 1975. Foraminíferos Bentónicos Actuales del Ecuador. 1.- Provincia de Esmeraldas. Pub. INOCAR.

Cruz, M. 1980. Descripción de un nuevo Género y dos especies de Moluscos (Bivalvia), para el Pacífico Ecuatoriano. Act., Ocean., Pacific., INOCAR. Vol.3, N.-1.

Gualancañay, E. 1978. Foraminíferos Bentónicos Recientes de la Provincia de Manabí (Ecuador). Tesis Doctoral. Fac., Ciencias Naturales. Univ.Guayaquil.

Gualancañay. E. 1983. Foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil.- Act. Ocean. Pacific., INOCAR. vol.n.-2. p.589-657.

Gualancañay. E. 1986. Distribución de los foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil.- Act., Ocean., Pacific., INOCAR.

3(1):893-120.

Gualancañay. E. 1989. Distribución de los Foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil Interior y su Relación con Algunos factores Ambientales.- Act. Ocean. Pacific., INOCAR.

Gualancañay. E. 2007. Distribución zoogeografía de los géneros *Cibicides* sp., y *Quinqueloculina* sp., (foraminíferos) de la zona de turbulencia de Monteverde, Ecuador durante noviembre 2007.- Act. Ocean. Pacific., INOCAR. 14(1):163-168.

Gualancañay, E y M.E. Tapia, C. Naranjo, M. Cruz, F. Villamar. 2010-2011. Caracterización biológica de la bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana, 2008.- Act., Ocean., Pacific., INOCAR.16(1):39-57.

Gualancañay, E. 2012. Variación Estacional de las Especies del Microbentos de la Bah**ía Manta, en la costa Ecuatoriana, durante 2011.** Act. Ocean. Pacific., INOCAR. 17(1):147-153.

Walton, W. R. 1952. Techniques for recognition of living foraminifera.- Cushman Found. For. Res., 3(2).

ESPECIES DE MOLUSCOS SUBMAREALES E INTERMAREALES Y MACROFAUNA BENTÒNICA DE LA BAHÍA DE MANTA, ECUADOR

Manuel Cruz [1]

RESUMEN

Del análisis de 15 estaciones bentónicas submareales, obtenidas de 3 a 22 m. de profundidad con draga tipo Van Veen y de 15 estaciones realizadas en la zona intermareal o mesolitoral, utilizando cuadrantes de 1 m^2 y 25 cm. de cada lado, desde el límite de la pleamar hasta el límite de la bajamar, en la bahía de Manta, durante abril de 2011. La macrofauna bentónica estuvo representada por 41 especies de organismos bentónicos, repartidos en 6 Phylum (filum), de los cuales, el filum mollusca, es el más abundante con 31 especies, de las cuales 18 son Bivalvos, 12 Gasterópodos y 1 Escafòpodo. Los 5 filum menos abundantes estuvieron representados por 10 especies: En Coelenterata (anémonas y *Renilla sp.*); Platyhelminthes (Tricladidos); Artrópoda (Isópodos, Cirripedios del género Tetraclita y el anomuro *Emerita ruthbunae*); Sipuncùlida y Echinodermata (*Heliaster microbrachius, Echinometra vambrunti* y *Mellita longifissa*).

La especie más abundante en la bahía de Manta es el gasterópodo *Olivella semistriata*, que se localizó en el perfil 1, y representa el 53,4% de toda la malacofauna mesolitoral, mientras que, en el sustrato rocoso, el bivalvo *Brachidontes adamsianus* es la segunda especie más abundante con el 11,5%.

De los 5 perfiles estudiados, en el perfil 1, frente a Punta Mal Paso, y el perfil 5 en Punta Jaramijò, se observó la mayor abundancia y diversidad malacológica, mientras que la menor abundancia y diversidad se encontró en el perfil 3.

Palabras claves: Moluscos, macrofauna, submareal, intermareal, Ecuador.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada. Base Naval Sur. vía Pto. Marítimo. Ave. 25 de Julio. Guayaquil-Ecuador

ABSTRACT

Of the analysis of 15 sub tidal benthonic stations, obtained of 3 to 22 m. of depth, with a dredge type Van Veen and of 15 intertidal stations in the intertidal zone, using quadrants of 1 m^2 and 25 cm of each side, from the limit of the high tide to the limit of the low tide, in the bay of Manta port, during April 2011. The benthonic macro-fauna was represented by 41 species of benthonic organisms, distributed in 6 Phylum (filum), of which, Phylum Mollusk, is most abundant with 31 species, of which 18 are Bivalves, 12 Gastropods and 1 Scaphopod. The 5 Phylum less abundant were represented by 10 species: In Coelenterate (anemones and *Renilla sp.*); Platyhelminthes (Tricladida); Arthropod (Isopods, Cirripedia *(Tetraclita sp.)* and the anomura *Emerita ruthbunae*); Sipuncula and Echinodermata (*Heliaster microbrachius, Echinometra vambrunti* and *Mellita longifissa*).

In the bay of Manta, the most abundant specie is the gastropod *Olivella semistriata*, located in profile 1, it represents 53.4% of all intertidal malacofauna On the rocky substrate, the bivalve *Brachidontes adamsianus,* it is the second more abundant specie with 11.5%.

Of the 5 studied profiles, in Mal Paso site, located at profile 1, and the profile 5 located in Punta Jaramijò, its were observed the greater abundance and malacological diversity, while the smaller abundance and diversity were observed at profile 3.

Key words: Molusks, macrofauna, subtidal, intertidal, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador tiene una gran variedad de ecosistemas marinos (Gaibor 2002), en el perfil costero continental existen cuatro áreas protegidas, y muchas bahías que necesitan ser estudiadas más detalladamente para conocer mejor su diversidad marina en la zona intermareal y submareal, existe una gran riqueza y diversidad debido a los diferentes tipos de masas de agua que existen, al norte son cálidas y de baja salinidad, al sur son frías por la corriente de Humboldt y hay una zona de mezcla o de transición denominada Frente Ecuatorial (Cucalón, 1986).

Es importante realizar una caracterización de la biodiversidad marina de las playas, bahías y zonas rocosas en el perfil costero, porque los ecosistemas son dinámicos y continuamente cambian, pero hay que conocerlos mejor, así tenemos que algunas especies puedan ampliar su distribución en cierta época como la reportada por Villamar, F y M. Cruz (1983) que dieron a conocer la "Presencia de *Platasteria latirradiata* en Aguas Ecuatorianas (Playas de Villamil), que solo estaba reportada desde Baja California hasta México y hasta la presente fecha no se la ha vuelto a encontrar nuevamente.

A lo largo del perfil costero Ecuatoriano podemos encontrar, áreas estuarinas con sus ecosistemas de manglares como el Golfo de Guayaquil, donde se han reportado desde arrecifes de Sabelaria (poliquetos), de Mytella (Mytilidae), así como muchas especies de moluscos, crustáceos, Briozoos, turbelarios, ascideas, y equinodermos representados por *Ophiolepis variegata* y *Ophiothrix spiculata*, entre otros (Cruz, 1980); y la presencia de 75 especies de moluscos para el Golfo de Guayaquil (Cruz, 1983), y en los alrededores de la ciudad de Guayaquil, la presencia de especies de importancia comercial como el ostión (*Crassostrea columbiensis*) y el mejillón *Mytella strigata* (Cruz, 2003).

Se conoce que para el mar Ecuatoriano continental e insular, en base a las investigaciones ecuatorianas y extranjeras, tanto en el plancton como en el bentos se han reportado un total de 1.859 especies marinas que incluye especies comerciales y no comerciales, (Cruz, M. *et al.,* (2003), pero falta estudiarse de forma más detallada la biodiversidad intermareal de fondos blandos y rocosos, la biodiversidad submareal, la microfauna, meiofauna y macrofauna.

En la Provincia de Manabí se ha estudiado parte de la zona submareal entre Puerto Cayo y Salango, se han reportado 63 especies en 40 géneros de foraminíferos bentónicos (Gualancañay, P. 1978) y 73 especies de moluscos bivalvos (Cruz, M. 1982), por esa razón, se ha considerado en este estudio contribuir al mejor conocimiento de la malacofauna bentónica submareal e intermareal, de la Bahía de Manta, para conocer su riqueza biológica, proteger y conservar la biodiversidad del país.

ANTECEDENTES

Las investigaciones sobre la macrofauna bentónica en la costa Ecuatoriana tuvo un gran impulso y desarrollo a partir de 1973, con la creación del Departamento de Ciencias del Mar del Instituto Oceanográfico de la Armada, con el apoyo internacional de la Organización de Estados Americanos (OEA), permitió la participación e intercambio de investigadores nacionales y extranjeros, formando los primeros investigadores ecuatorianos que realizaron los primeros proyectos de investigación y sus publicaciones son ahora la base para la continuación de los actuales proyectos que tiene el país.

Una de las primeras investigaciones sobre moluscos, fueron de muestras colectados en 1973, frente a la provincia de Esmeraldas, por el Buque de la Armada del Ecuador (BAE) "Orion", perteneciente al Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), en el trabajo sobre "Bivalvos de la Plataforma Continental de la Región norte de Ecuador" se reportan 56 especies de bivalvos bentònicos (Cruz, M. 1977). Posteriormente las investigaciones sobre el bentos se concentraron en el Golfo de Guayaquil interno, en el Estero Salado, donde se

da a conocer una "Lista de la Fauna Sublitoral bentónica del Estero Salado inferior" en la que se reportan las especies de Foraminíferos, crustáceos, poliquetos y moluscos, enfatizando el reporte de tres comunidades bentónicas: 1.- Arrecife de Sabellaria, 2.- Concha y fondo gravoso en la entrada del estero Sabana Grande con una gran diversidad de especies de celenterados, poliquetos, moluscos, artrópodos y equinodermos y 3.- Arrecife de Mytella, con grandes poblaciones de *Mytella strigata*, especie muy común y abundante en el Estero Salado (Cruz, M. *et al.,* 1980).

En la década de 1980 a 1990 las investigaciones se intensificaron en el Golfo de Guayaquil externo desde el Canal del Morro hasta la Puntilla de Santa Elena y se comenzó a muestrear toda la costa del Ecuador, así tenemos que se reporta por primera vez la presencia en Ecuador de una estrella de mar *Platasterias latiradiata*, ampliando su distribución anterior, que era desde Baja California hasta Centro América (Villamar, F. y M. Cruz 1983).

En la costa del Ecuador se ha reportado la existencia de moluscos bivalvos perforadores de maderas que están infestando y degradando las estructuras de maderas que han sido expuestas al medio marino y se da a conocer que en el Puerto de Manta las maderas menos infestadas son el Laurel y el Moral, mientras que la más infestada es el mangle (Cruz, M 1986). En la Bahía de Manta de las diez especies de bivalvos perforadores de madera, las más abundantes son *Teredo furcífera*, y *Lyrodus pedicellatus*, pero también se reporta que el isópodo Limnoria sp. que degrada la madera superficialmente (Cruz, M. *et al.,* 1989).

En Ecuador se iniciaron los estudios sobre el meiobentos gracias a un convenio de colaboración entre La Universidad de Gent, Bélgica y el INOCAR, Ecuador, muestreándose el Golfo de Guayaquil interno, desde la desembocadura de los ríos Babahoyo y Daule hasta la isla Puna, Canal Cascajal, Estero Salado desde el Canal del Morro hasta el segundo puente de la Perimetral. Se reportan 11 grupos que están representados por 8 filum, de los cuales 6 son del meiobentos: Nematodos, Artrópoda (Crustácea y Ácaros), Annelida (Polichaeta y Oligochaeta), Rotífera, Kinorrincha y Protozoa (ciliados y Foraminíferos), de los cuales los Nemátodos son los más abundantes y frecuentes, representando el 73,2%. (Cruz, M. 1998). Producto de una segunda campaña en abril del 2007, se observaron 19 grupos de organismos en 11 filum de los cuales sigue siendo el más abundante, los Nemátodos, que se localizaron en la confluencia del Canal Cascajal y el Estero Salado. Los Gastrotrichos, larvas de insectos y larvas de lofoforados, son mencionados por primera vez para el Golfo de Guayaquil. (Cruz, M. 2002).

Se aporta también con el conocimiento de la fauna intermareal de las playas arenosas del Ecuador, (Ruiz, Verónica *et.al.*,2005), quien reporta entre los moluscos al bivalvo *Mytella strigata* para Playas, Valdivia y Salinas, cabe mencionar que esta especie no ha sido reportada antes para los sitios mencionados.

Se incrementan las investigaciones a lo largo de la costa ecuatoriana para estudiar a los gasterópodos de la familia Aplysiidae (babosas de mar), en los charcos de agua que quedan al bajar la marea en la zona rocosa mesolitoral, en la provincia de Manabí se encontró la mayor abundancia del gasterópodo *Dolabrifera dolabrifera* en "Los Frailes" que pertenece al Parque Nacional Machalilla (PNM), registrando una densidad de 160/m2 organismos. (Cruz, M., D. Hill y P. Cortez 2007)

La meiofauna también se continúa conociendo con los aportes de las especies de los gasterópodos de la familia Caecidae que existen en la costa ecuatoriana, ampliando la distribución de 7 especies de micromoluscos, habiéndose observado la mayor abundancia relativa y diversidad en Puerto Cayo (Cruz, M. 2006).

También se reporta que en la bahía de Manta existen tres especies de bivalvos de la familia Mytilidae que están perforando y degradando el sustrato rocoso que se encuentran en la zona

intermareal, las especies son*: Lithophaga aristata, Lithophaga attenuata* y *Gregariella coarctata* (Cruz, M y J. Mair 2009)

Estudios sobre el macrobentos realizado en la zona infralitoral entre los 5 a 20 metros de profundidad, de la Bahía de Jaramijó, al norte de la Bahía de Manta, se han reportado 21 especies de moluscos 13 bivalvos y 5 gasterópodos, habiéndose observado que la mayor diversidad se presenta durante la época seca, es decir entre mayo a diciembre. En la zona intermareal durante la época húmeda, se encontró un bivalvo y cinco gasterópodos, de los cuales *Littorina paytensis* y *Brachidontes puntarenensis* son los moluscos más abundantes, en el nivel alto o límite de la pleamar en el sustrato rocoso, mientras que *Thais melones* es la especie dominante del área, que controla las poblaciones de los bivalvos y otros moluscos (Gualancañay, E. *et al.,* 2011-2012)

Los poliquetos en la época húmeda se caracterizó la familia Spionidae con la especie *Polidora websteri* y *Syllis elongata* de la familia Syllidae. En los sustratos submareales arenosos se hallaron 13 especies de poliquetos bentónicos, siendo abundante *Capitella sp*., y menos abundante *Sabella sp., Orbinia sp, Glicera sp.,Onuphis nebulosa, Ophelia sp.* y *Nephtys singularis* (Gualancañay, E. *et al.,* 2011-2012)

ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Manta denominada oficialmente como San Pablo de Manta, es uno de los puertos más importantes del Ecuador, se encuentra en la provincia de Manabí, limita al norte y oeste con el Océano Pacífico, al este con los cantones de Montecristi y Jaramijó, al sur con el cantón Montecristi.

El perfil costero tiene aproximadamente unos 18 kilómetros en línea recta (Google Earth, julio 2011), desde la parroquia urbana de San Mateo ubicada al oeste de la ciudad de Manta hasta la Punta Jaramijó, que se encuentra en la parroquia Tarqui, frente al aeropuerto de esta ciudad.

Frente a la Bahía de Manta la mayor parte del año está influenciada por masas de Aguas Ecuatoriales Superficiales que forman el Frente Ecuatorial, producto de la mezcla de aguas Tropicales provenientes de norte del país, como Colombia y la Bahía de Panamá, y de las aguas frías de Humboldt provenientes del sur del Ecuador. Durante la época lluviosa (diciembre a abril), las aguas cálidas del norte, se desplazan hacia el sur y predominan en la Bahía de Manta, mientras que en la época seca, (mayo a noviembre) recibe la influencia de aguas frías del sur.

El área de muestreo submareal e intermareal está comprendida desde la Punta Mal Paso, hasta la Punta Jaramijó, en un área ubicada entre la latitud 0º56’20.9”S y la longitud 80º40’21.9”W. (Tabla 1).

Estación	Lat. Norte	Longitud Oeste	Latitud Norte	Longitud Oeste	Profundidad (m)
1	9897301	526736	0º55’44.9”S	80º45’34.9”W	12
2	9896840	526736	0º55’59.9”S	80º45’34.9”W	10
3	9896195	526736	0º56’20.9”S	80º45’34.9”W	3
4	9897822	529425	0º55’27.9”S	80º44’07.9”W	20
5	9897116	529425	0º55’50.9”S	80º44’07.9”W	8
6	9896287	529425	0º56’17.9”S	80º44’07.9”W	6
7	9897761	531279	0º55’29.9”S	80º43’07.9”W	22
8	9897024	531279	0º55’53.9”S	80º43’07.9”W	10
9	9896103	531279	0º56’23.9”S	80º43’07.9”W	10
10	9895734	533968	0º55’35.9”S	80º41’40.9”W	20
11	9896778	533968	0º56’01.9”S	80º41’40.9”W	10
12	9895857	533968	0º56’31.9”S	80º41’40.9”W	5
13	9899173	536410	0º54’43.9”S	80º40’21.9”W	20
14	9898129	536410	0º55’17.9”S	80º40’21.9”W	5
15	9896839	536410	0º55’59.9”S	80º40’21.9”W	6

Tabla 1.- Coordenadas de las estaciones submareales en la Bahía de Manta

Las 15 estaciones submareales se localizaron en 5 perfiles perpendiculares a la costa, cada perfil con 3 estaciones que se ubicaron en los veriles de los 5, 10 y 20 m. de profundidad aproximadamente.

Los muestreos en la zona intermareal, se localizaron a continuación de cada perfil mencionado, se analizó la macrofauna bentónica en el límite de la pleamar, en el límite de la bajamar y el nivel medio de la zona mesolitoral, tanto en los sustratos duros o rocosos, como en sustratos blandos o arenosos (Fig. 1).

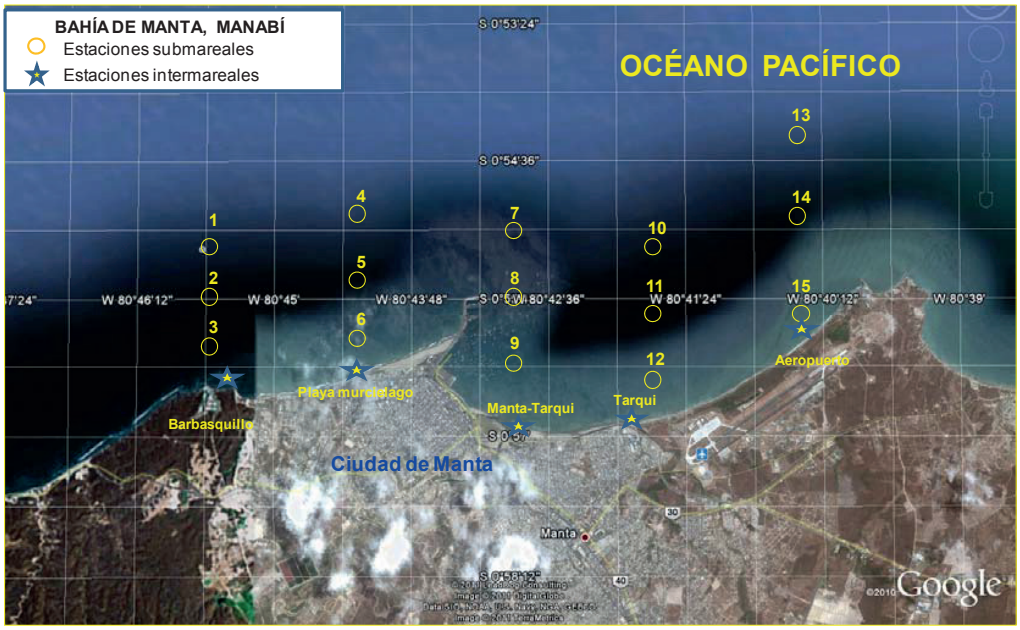

Fig. 1. Posición y simbología de las estaciones submareales e intermareales en la Bahía de Manta, durante el 2011

METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue diferente la de campo de la del Laboratorio

Metodología de campo.-

En la zona intermareal, para determinar el nivel superior (límite de la pleamar), nivel medio y nivel inferior (límite de la bajamar), se usó el método de las varillas (Mair, J. *et al.,* 2000), que consiste en utilizar una varilla de 1 metro y otra de 50 centímetros (0,5m). En el límite de la pleamar, nivel (A), se coloca la varilla de medio metro y en una línea o transepto dirigida hacia el mar, se coloca la varilla de 1 m. a una distancia prudencial, que mirando los extremos superiores de las varillas, coincidan con la línea horizontal del firmamento. En ese punto la marea esta a un nivel de medio metro más bajo que la pleamar y se entierra o se coloca una estaca.

Esta actividad se repite colocando la varilla de 50 centímetros (0,5m), en el nivel de medio metro más bajo de la pleamar y la de 1 metro en la línea o transepto hasta que los extremos superiores de las dos varillas coincidan con el firmamento.

Se continúa repitiendo esta acción hasta llegar al límite de la bajamar (B) que es el nivel (c).

Se considera que el nivel a 1,5 m. más bajo que la pleamar es el nivel medio (M) de la zona intermareal, donde se muestrea el nivel (b).

En el límite de la pleamar (P) será el nivel (a).

En cada nivel a, b, y c, se coloca una estaca, donde se muestreará aplicando el protocolo internacional de muestreo llamado NAGISA (Natural Geography In Shore Áreas), recolectando todo lo del cuadrante de 25 cm X 25 cm.

La muestra es tamizada en el campo con aberturas de mallas de 2 mm, 1 mm y 0.5 mm.

Los organismos blandos y duros fueron separados taxonómicamente, se le tomaron fotos y luego fueron colocados en recipientes etiquetados y fijados en concentraciones

entre el 4 y 10 % de formol neutralizado, dependiendo de su filum y morfología.

El sedimento que no fue analizado, se fijó con formol neutralizado, para ser nuevamente analizado en el laboratorio de Biología del INOCAR.

Metodología de laboratorio.-

En el laboratorio del INOCAR, se volvieron a tamizar los sedimentos con mallas de 1 y 0,5 mm. Para la tinción de los organismos se aplicó Rosa de Bengala y para la separación de los organismos se utilizó un estéreo microscopio Carl Zeiss de 40 aumentos, posteriormente se identificaron los organismos a nivel de especies utilizando textos especializados y se les tomó fotografías, se los midió y se ingresó la información en una base de Excel, para la realización de las figuras, se utilizó el programa Lotus y Freelance.

RESULTADOS

Malacofauna submareal

La malacofauna submareal de la Bahía de Manta, obtenida de 15 muestras de sedimentos superficiales entre los 3 y 20 metros de profundidad se encontraron doce (12) especies vivas de moluscos: 8 bivalvos, 3 gasterópodos y 1 escafópodo.

De las quince (15) estaciones, en once (11) se encontraron organismos vivos, mientras que en cuatro estaciones se encontraron solo conchas vacías, (5, 7, 8 y 10), que no fueron consideradas en el gráfico (Fig. 2).

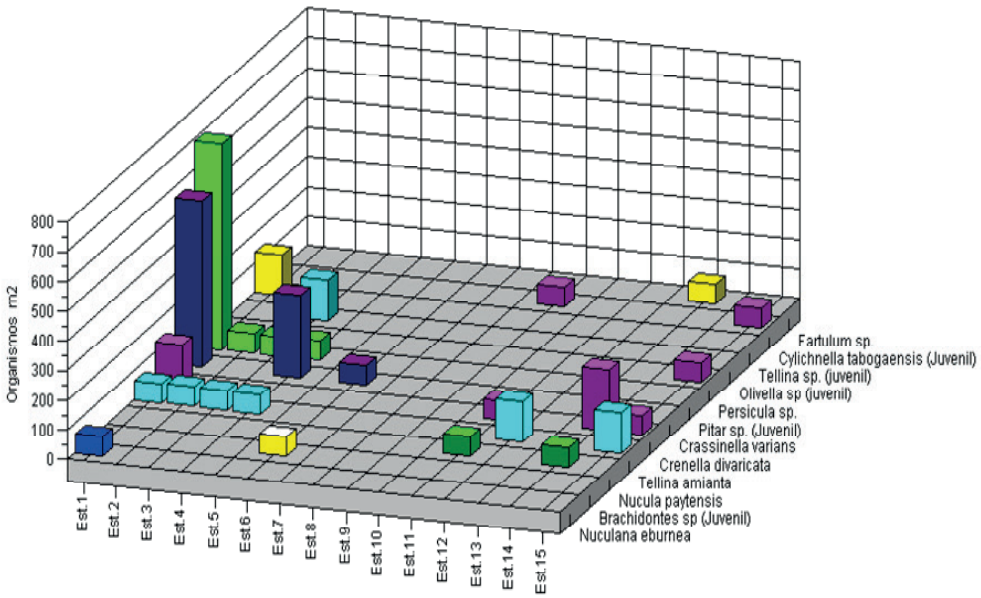

Fig. 2.- En la estación 1 (Est1), a 12 (doce) metros de profundidad, se observó la mayor abundancia y diversidad de moluscos en la Bahía de Manta.

En el perfil 1, que se encuentra frente a la Punta Mal Paso (Fig. 1), se observó la mayor abundancia y diversidad de moluscos, representando el 56,6 % y la menor abundancia en el perfil 3 (Fig.3)

En la Bahía de Manta, desde Punta Mal Paso hasta la Punta Jaramijó, localizada donde termina el aeropuerto de Manta, los moluscos bivalvos, se presentaron como los más abundantes, predominando los juveniles, entre los cuales: *Crassinella varians* y *Pitar sp.* (juvenil), con una densidad de 960 individuos/m2, le sigue *Tellina amianta* con 560 ind./m2 y *Crenella divaricata* con 490 ind./m2 (Fig. 4).

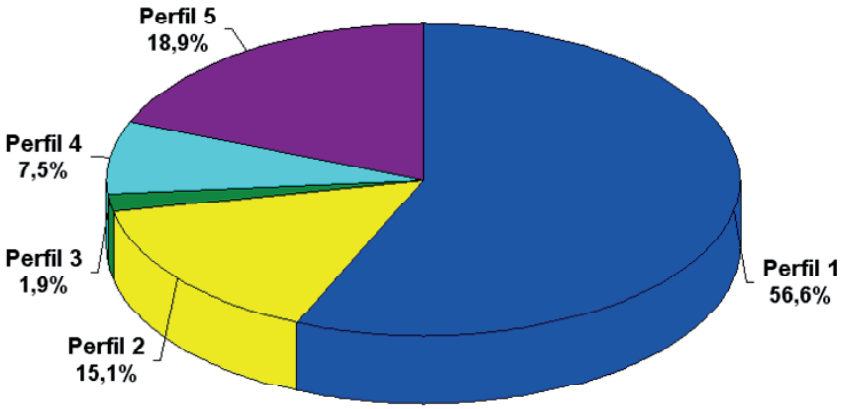

Fig. 3.- En el perfil 1, localizado en Punta Mal Paso (Barbasquillo), se observó la mayor abundancia de moluscos submareales con el 56,6%.

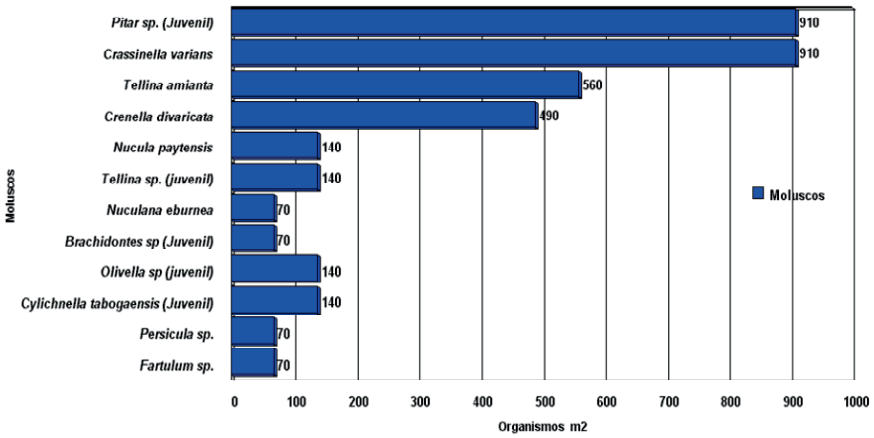

Fig. 4.- Los bivalvos Pitar sp. (juvenil) y Crassinella varians, seguido de Tellina amianta y Crenella divaricata son las especies más abundantes en la zona submareal de la Bahía de Manta

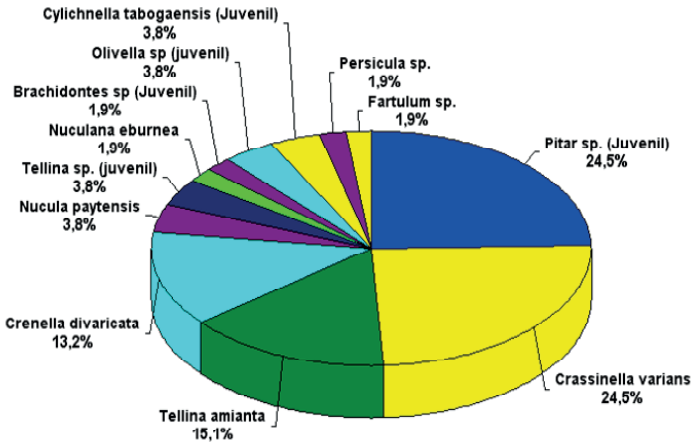

Fig. 5.- Los bivalvos Crassinella varians y Pitar sp. (juvenil) con el 24,5 %, son las especies más abundantes en la zona infralitoral de Manta, entre los 3 y 20 metros de profundidad

La mayor abundancia porcentual en la bahía de Manta, estuvo representada por *Crassinella varians* (adulta) y *Pitar sp*. (juvenil) con el 24,5 % cada una, le sigue *Tellina amianta* con el 15,1 % y *Crenella divaricata* con el 13,2 % (Fig. 5).

El total porcentual de la malacofauna submareal de la bahía de Manta, está representado por ocho especies de bivalvos con el 88.7%, tres especies de gasterópodos con el 9,5% y un escafópodo, con el 1,9%.

Malacofauna Intermareal.-

La malacofauna intermareal de la Bahía de Manta, tanto en los sustratos blandos (arena) y duros (rocoso), está representada por 19 especies, 10 bivalvos y 9 gasterópodos (Tabla 2).

Moluscos / Estaciones	P1P	P1M	P1B	P2P	P2M	P2B	P3P	P3M	P3B	P4P	P4M	P4B	P5P	P5M	P5B	TOTAL
Brachidontes adamsianus	MA															**MA**
Cardita radiata			F													**F**
Cumingia lamellosa														F		**F**
Donax dentifer						F										**F**
Petricola denticulata			A													**A**
Lithophaga plumula			F													**F**
Lithophaga attenuata														A		**A**
Lithophaga aristata			MA											A		**MA**
Littorina paytensis											MA					**MA**
Strigilla chroma									E							**E**
Pholadidea esmeraldensis			A													**A**
Cylichnella tabogaensis (Juv)			F													**F**
Dendronotidae														E		**E**
Nerita funiculata														F		**F**
Olivella semistriata		A	A													**A**
Onchidella cf hildae			F													**F**
Siphonaria gigas			F												E	**F**
Siphonaria maura													F			**F**
Thais melones														F		**F**

Tabla 2.- Los bivalvos Brachidontes adamsianus, Lithophaga aristata y el gasterópodo Litorina paytensis se presentaron como los más abundantes en la bahía de Manta, en el 2011

En la Punta Mal Paso, localizada al sur oeste de la ciudad de Manta, en el límite de la pleamar (P) o nivel alto de la zona rocosa intermareal o mesolitoral, la especie más abundante fue *Brachidontes adamsianus,* esta especie se fija con un biso al sustrato rocoso, formando una "capa compacta" de organismos, con una densidad aproximada de 120 individuos por m2, de color negruzco, es una forma de protección que tiene esta especie.

En las otras estaciones de la Bahía de Manta, esta especie es relativamente escasa, porque no hay sustratos rocosos y el límite de la pleamar llega a la base de un cerro, un acantilado o es la arena de la playa.

Otra especie que es relativamente escasa por preferir un sustrato rocoso en el límite de la pleamar (P) o zona supralitoral es *Littorina paytensis*, su mayor abundancia se la observó en el área rocosa de Punta Mal Paso, al sur oeste de la playa Murciélago y su densidad aproximada es de 100 individuos por m2.

En el sustrato blando o arenoso, predomina *Olivella semistriata,* esta especie varía su preferencia en la zona intermareal, y su población se mueve o se desplaza a medida que el nivel del mar sube durante el flujo y baja durante el reflujo, es la especie más abundante de todos los moluscos, se observó en el perfil 1 (P1), en el barrio de Barbasquillo, donde generalmente

hay poca presencia antropogénica y está lejos de la influencia de los turístas. Se observó que en los sitios donde hay la presencia de muchas personas, esta especie no se encontraba.

La mayor diversidad de especies se observó en el nivel medio (M) y bajo (B) del perfil 1(P1), (Fig. 7).

Olivella semistriata, es la especie más abundante en la Bahía de Manta, representa el 53,4% de la malacofauna mesolitoral y el bivalvo Brachidontes adamsianus es la segunda especie más abundante con el 11,5% (Fig.8).

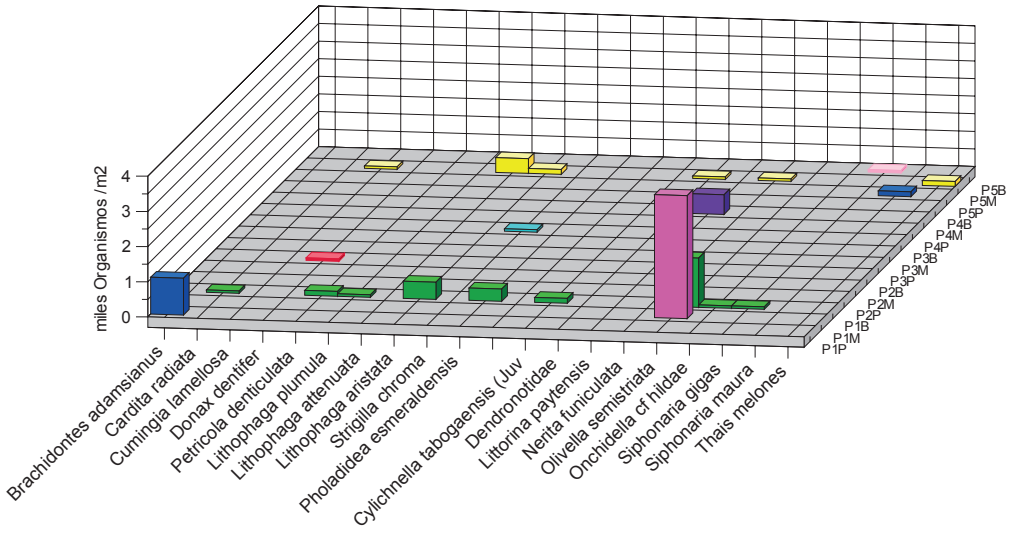

Fig. 7.- La mayor diversidad de moluscos se observó en el límite de la bajamar, en los sustratos blandos y rocosos, del perfil 1(P1B), al sur-oeste de Manta.

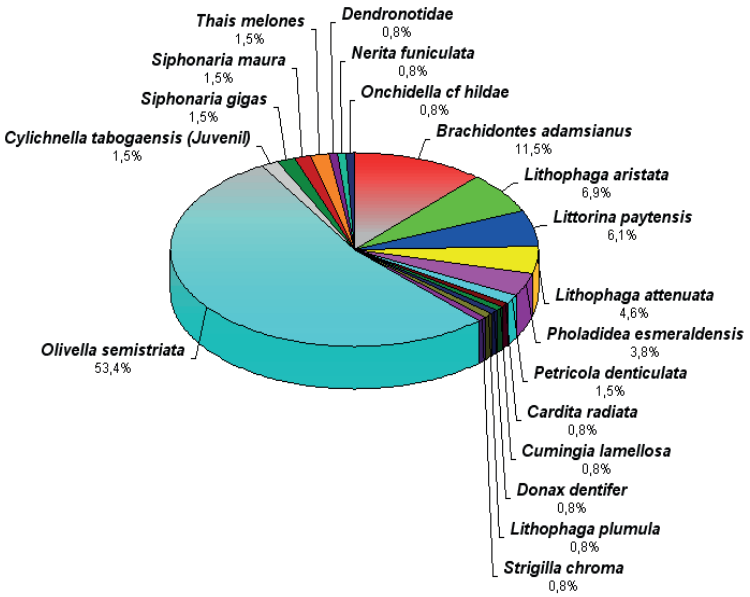

Fig. 8.- El gasterópodo Olivella semistriata es la especie más abundante de los moluscos con el 53,4 % y Brachidontes adamsianus con el 11,5%, en la bahía de Manta

En la zona intermareal o mesolitoral de la bahía de Manta, se encontraron 19 especies de moluscos, de los cuales 10 especies son bivalvos y 9 son gasterópodos.

Las especies reportadas son de un ambiente marino, con una distribución en parche, no homogénea (Fig. 7), que para la baja población que existe, fácilmente puede ser afectada y eliminada, si no se aplican las políticas y normas de protección para un manejo de esta biodiversidad de forma responsable y sustentable.

Macrofauna bentónica en la Bahía de Manta

(El filum Annelida se excluye por ser parte de otro trabajo en esta revista)

Análisis por especies.

En la bahía de Manta, se estudiaron 5 perfiles en la zona intermareal y se encontraron diez grupos de invertebrados marinos, que pertenecen a 5 Filum. Para determinar su abundancia, se ha considerado el Rango de abundancia logarítmica de Frontier 1980.

Rango de abundancia logarítmica (Frontier 1980)
E = Escaso 1 - 3 organismos
F = Frecuente 4 - 18 organismos
A = Abundante 19-80 organismos
MA = Muy abundante 81-350 org.

Fuente: Frontier 1980

1.- El filum Coelenterata estuvo representado por la clase Antozoa: Las anémonas encontradas, están colonizando el área rocosa intermareal en el nivel alto del perfil 5 en forma de parches y se las considera "abundantes", mientras que colonias del género *Renilla sp.,* se observaron en el límite de la bajamar en el perfil 3, que corresponde a la playa murciélago. Estas colonias se fijan con un tallo al sustrato duro o rocoso, es decir, que las colonias encontradas en la playa arenosa, fue arrastrada por las corrientes, son casuales e improvisadas y no es su hábitat la zona intermareal arenosa, son consideradas "escasas" (Tabla 3, fig. 9)

Invertebrados/Estaciones	P1P	P1M	P1B	P2P	P2M	P2B	P3P	P3M	P3B	P4P	P4M	P4B	P5P	P5M	P5B	TOTAL
Anemonas													A			**A**
Renilla sp.									E							**E**
Turbellaria	F															**F**
Tetraclita sp.		F														**F**
Isopoda	A															**A**
Emerita ruthbunae	F											F				**F**
Sipunculidos											F		A	A		**A**
Heliaster microbrachius														E		**E**
Echinometra vambrunti			F													**F**
Mellita longifissa					F	F										**F**

Tabla 3.- Abundancia relativa de la macrofauna intermareal en la Bahía de Manta

2.- El filum Platyhelminthes, estuvo representado por Turbellarios tricládidos en los sustratos rocosos de la Punta Mal Paso, Es frecuente encontrarlo como comensal en la cavidad branquial de los moluscos gasterópodos o entre otros invertebrados, (Tabla 3, fig. 9).

3.- El filum Artrópoda se presentó con tres especies en el perfil 1 de la Punta Mal Paso, la clase Isópoda como "abundante" y el cirripedio *Tetraclita sp., "*frecuente", fueron observados en la mitad superior rocosa de la zona mesolitoral, mientras que el anomuro *Emerita ruthbunae, es* "frecuente", también en el perfil 4, localizado en la parroquia Tarqui, (Tabla 3, fig. 9).

4.- El filum Sipunculida o Sipuncula, fue observado "abundante" en el sustrato rocoso de la zona intermareal, desde el nivel medio al superior del perfil 5, su abundancia fue menor en el perfil 4, (Tabla 3, fig. 9)

5.- El filum Echinodermata que prefiere el sustrato rocoso intermareal, estuvo representado como "escaso" por la estrella de mar *Heliaster microbrachius,* en el perfil 5, mientras que el erizo regular *Echinometra vambrunti,* se lo observó "frecuente" en el perfil 1, en huecos, concavidades y ranuras de las rocas. El erizo irregular *Mellita longifissa* se presentó como "frecuente" en la playa arenisa intermarealk del perfil 2, (Tabla 3, fig. 9).

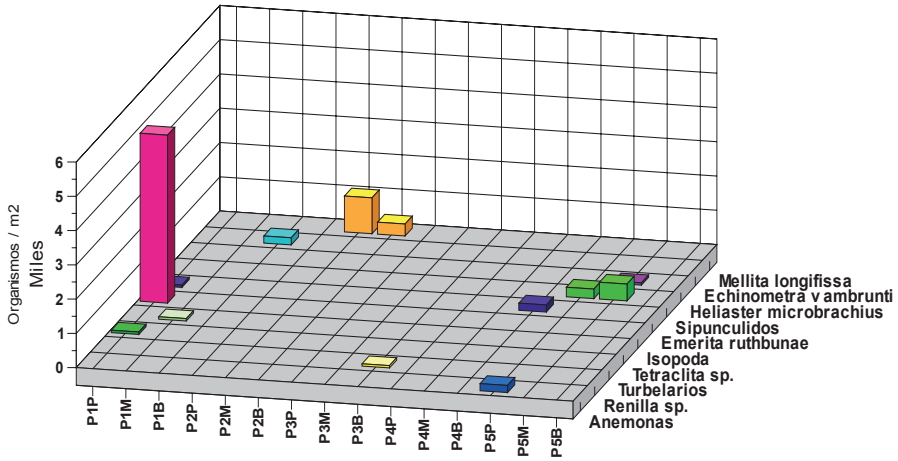

Fig. 9.- Se observa en el perfil 1, que los Isópodos son los más abundantes en la zona mesolitoral rocosa alta, cerca del límite de la pleamar

BIODIVERSIDAD INTERMAREAL POR PERFILES.

(El filum Annelida se excluye por ser parte de otro trabajo en esta revista)

PERFIL 1.- En el sustrato rocoso y arenoso se observaron un total de 15 (quince) especies de los cuales 6 son bivalvos, 4 gasterópodos, 3 crustáceos, 1 turbelario y 1 equinodermo.

De toda la macrofauna encontrada, el gasterópodo *Olivella semistriata* y el isópodo son los más abundantes con el 38,7 % (Fig. 10)

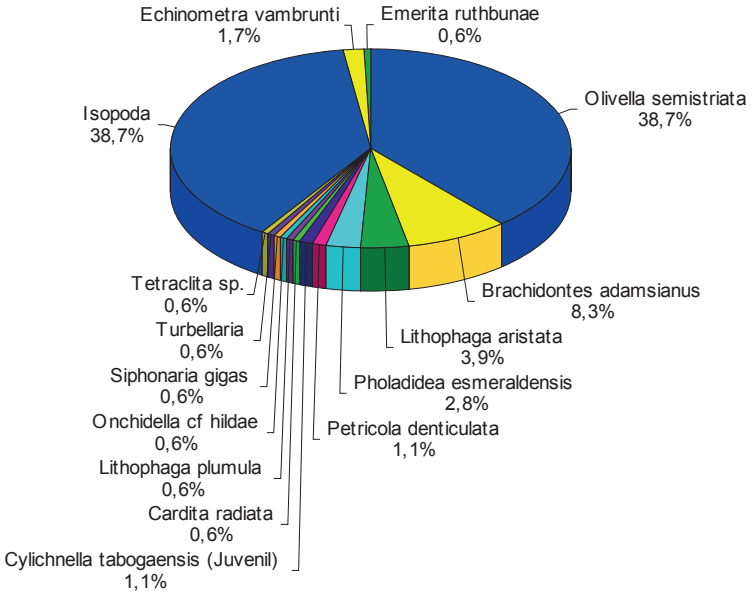

Fig. 10. El gasterópodo Olivella semistriata y los isópodos con el 38,7 % son los invertebrados intermareales más abundantes en el perfil 1

PERFIL 2.- En toda el área hay playa arenosa y ausencia de áreas rocosas, se observaron solo dos especies, el equinodermo irregular *Mellita longifissa* que se lo consideró "Frecuente" en el límite de la bajamar con el 95,2 %, mientras que el bivalvo *Donax dentifer* representó el 4,8 % (Fig. 11)

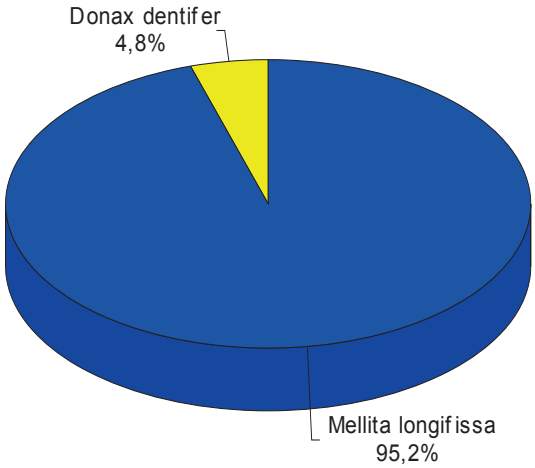

Fig. 11.- El erizo irregular Mellita longifissa fue el más abundante en el perfil 2

PERFIL 3.- Localizado al inicio de la parroquia Tarqui de Manta, en un sustrato arenoso y poca influencia antropogénica, se observó al bivalvo *Strigilla chroma* de un tamaño pequeño y la colonia del género *Renilla sp.* (Fig. 12)

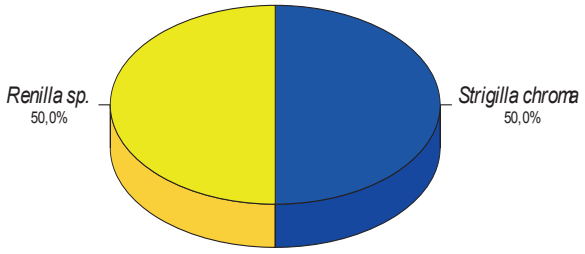

Fig. 12.- En el perfil 3 se observaron dos especies, al bivalvo Strigilla chroma y las colonias del celenterado Renilla sp. que fueron arrastradas por las olas hacia la playa

PERFIL 4.- Localizado en la parroquia Tarqui, donde termina el aeropuerto de Manta, en la zona intermareal se encontró una pequeña área rocosa donde se observó Sipuncúlidos; y el gasterópodo *Littorina paytensis* como el más abundante, representando el 72,7 %. (Fig. 13)

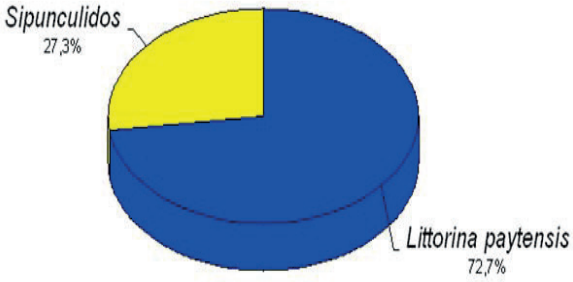

Fig. 13.- El gasterópodo Littorina paytensis es la especie más abundante con el 72,7 %

PERFIL 5.- Localizado al comienzo del aeropuerto de Manta, en la zona intermareal de Punta Jaramijó, donde hay sustrato rocoso y playa arenosa, se observó una mayor riqueza de especies, siendo el grupo más abundante los Sipuncúlidos con el 37,9 % y el bivalvo perforador *Lithophaga attenuata* con el 20,7 % (Fig. 14).

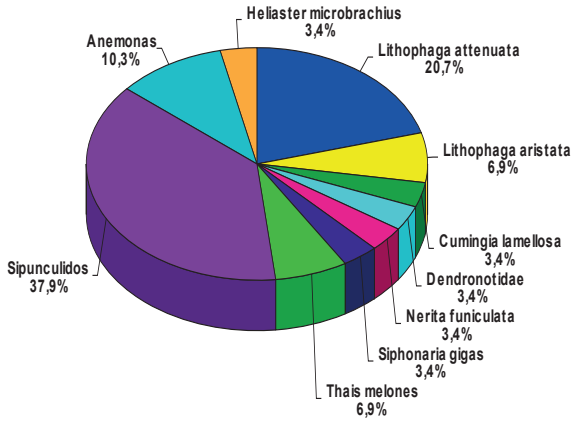

Fig. 14.- Los Sipuncúlidos y el bivalvo perforador lithophaga attenuata son las especies más abundantes en Punta Jaramijó

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN:

La macrofauna bentónica en la Bahía de Manta estuvo representada por 41 especies de invertebrados bentónicos, distribuidos en 6 filum, de los cuales, el filum mollusca, es el más abundante con 31 especies, representa el 75% del total de la riqueza de especies, de las cuales 18 son Bivalvos, 12 Gasterópodos y 1 Escafópodo.

La Malacofauna de la zona infralitoral o submareal está representada por 12 especies, de los cuales 8 son bivalvos que representan el 88,7%, 3 especies de gasterópodos que representan el 9,5% y un escafópodo con el 1,9%. Las especies más abundantes en la zona submareal son: *Crassinella varian* y *Pitar sp.* con el 24,5% cada una y representan una densidad relativa de 960 organismos por m2. No se observaron moluscos vivos en las estaciones 5, 7, 8 y 10, entre los 8 y 22 metros de profundidad.

La malacofauna de la zona intermareal o mesolitoral, presentó una mayor diversidad, estuvo representada por 19 especies de moluscos, 10 bivalvos y 9 gasterópodos, de las cuales la especie más abundante es el gasterópodo *Olivella semistriata*, que se localizó en el perfil 1, al sur oeste del puerto de Manta, representa el 53,4% de toda la malacofauna mesolitoral, en sedimento blando o arenoso, mientras que, en el sustrato rocoso, el bivalvo *Brachidontes adamsianus* es la segunda especie más abundante con el 11,5%, que tiene preferencia desde el nivel medio hasta el límite de la pleamar.

Los 5 filum restantes, representan el 25% del total de la riqueza de especies en la zona intermareal y estuvieron representados por: Celenterados (anémonas y colonias de *Renilla sp.*); Platelmintos (Tricladidos); Artrópoda (Isópodos, Cirripedios del género Tetraclita y el anomuro *Emerita ruthbunae*); Sipuncúlida y Equinodermos (*Heliaster microbrachius, Echinometra vambrunti* y *Mellita longifissa*). Las colonias del género Renilla sp. no son propias de la zona intermareal, de la Bahía de Manta, pero pueden presentarse ocasionalmente, cuando es arrastrada por el mar, es una especie "improvisada".

Del análisis de la diversidad de especies por perfiles, se encontró que en el perfil 1, representa el 56,6%, en segundo lugar se observó en el perfil 5 en Punta Jaramijò, donde también hay sustratos blandos (arena) y duros (rocosos). La menor abundancia y diversidad de especies la presentó el perfil 3 con el 1,9%.

Mytella strigata, es una especie que ha sido reportada formando un "arrefice de Mytella" en la mitad del Estero Salado Inferior del Golfo de Guayaquil interno (Cruz, M. 1980), considerada como una especie predominante en el Estero Salado (Cruz, M. 1986) y su ambiente es típicamente estuarino (Cruz, M. 1992), esta adherida al sustrato por un biso y asociada a los ecosistemas del manglar. Esta especie no se encontró en la Bahía de Manta.

Bibliografía

Cruz, Manuel 1977. "Bivalvos de la Plataforma Continental de la Región norte de Ecuador. Publicación INOCAR. V. Láminas, Pp. 1-55

Cruz, Manuel 1986. Efectos de los moluscos incrustantes en maderas no tratadas en los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas, Posorja y Base Naval (Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 3, No. 1

Cruz, Manuel 1987. Moluscos Bivalvos de la Plataforma Continental de Manabí, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 4, No. 1

Cruz, Manuel., Gladys Torres y Felicita Villamar 1989. Estudio comparativo de los moluscos bivalvos perforadores de las maderas más resistentes (Laurel, moral, Palo de vaca) y la mas atacada (mangle) en la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 5, No. 1

Cruz, Manuel 1998. Estudio del meiobentos en el Golfo de Guayaquil, (Rio Guayas, Canal Cascajal y Estero Salado), Ecuador, en agosto de 1996. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 9, No. 1

Cruz, Manuel 2002. Meiofauna del Golfo de Guayaquil, Ecuador (Rio Guayas, Canal Cascajal y Estero Salado), obtenida en abril de 1997. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 11, No. 1

Cruz, M., N. Gaibor, E. Mora, R. Jiménez & J. Mair (2003).- Lo conocido y desconocido de la biodiversidad marina en el Ecuador (Continental e insular). GAYANA (Universidad de Concepción). Vol. 67, No. 2, pp. 232 – 260,

ISSN 0717-652X. Página electrónica: www.SCIELO.cl.

Cruz, Manuel., Daniela Hill y Peggy Cortez 2007.- Biología y distribución de la familia Aplysiidae (Babosas de mar), en la zona intermareal del Ecuador, desde el 2003 al 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 14, No. 1, pp. 155-161

Cruz, Manuel 2007.- Nueva distribución de moluscos meiobentónicos (Gasterópoda: Familia Caecidae), en la costa Ecuatoriana, 2006. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 14, No. 1

Cruz, Manuel., Daniela Hill y Peggy Cortez 2007.- Biología y distribución de la familia Aplysiidae (Babosas de mar), en la zona intermareal del Ecuador, desde el 2003 al 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 14, No. 1, pp. 155-161

Cruz, Manuel y James Mair 2009.- Ecología y Distribución de los moluscos bivalvos perforadores de rocas (Familia Mytilidae) en la costa Ecuatoriana del 2000 al 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 15, No. 1

Cucalón, E. 1986. Variabilidad oceanográfica frente a la costa del Ecuador durante el período 1981-1986. CPPS, Boletín ERFEN 19: 11-26.

Gualancañay, Elena 1978. Foraminíferos bentónicos recientes de la provincia de Manabí (Ecuador). Tesis doctoral. Facultad Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Pp. 1-81

Gualancañay, Elena, Maria Tapia, Christian Naranjo, Manuel Cruz y Francisco Villamar 2010-2011.- Caracterización Biológica de la Bahía de Jaramijó en la Costa Ecuatoriana. Acta Oceanográfica Del Pacífico. Vol. 16, No. 1

Mair, J., E. Mora, M. Cruz, A. Calles, M. Arroyo y D. Merino 2000 Guía de campo para la colección y preservación de Invertebrados Marinos (con referencia particular para los muestreos realizados en Ecuador). Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Ruiz, Verónica. Luis Domínguez, José Marín-Jarrín y Sandra Miño. 2006. Guía de la Fauna intermareal de las Playas arenosas del Ecuador continental. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Pp. 1-86

Villamar, Francisco y Manuel Cruz 1983. Presencia de *Platasteria latirradiata* en Aguas Ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Guayaquil- Ecuador, 2(1): 169 – 177

ESTUDIO DE LOS POLIQUETOS (GUSANOS MARINOS) EN LA ZONA INTERMAREAL Y SUBMAREAL DE LA BAHÍA DE MANTA (ECUADOR), Y SU RELACIÓN CON ALGUNOS FACTORES AMBIENTALES, DURANTE MARZO Y AGOSTO DEL 2011.

Francisco Villamar [1]

RESUMEN

Como resultado del análisis taxonómico y abundancia de los poliquetos bentónicos obtenidos en la zona **submareal** en 5 perfiles con 15 estaciones a profundidades entre 3 y 23m. en la Bahía de Manta, se identifican en el mes de **marzo** ocho especies siendo la más abundante *Cossura brunnea* de la familia Cossuridae, y para el mes de **agosto** se identifican ocho especies representados por su mayor abundancia *Paraonis gracilis* de la familia Paraonidae. Para la zona **intermareal**, se analizaron 5 perfiles en cinco zonas diferentes aplicando técnicas recomendadas por Roger J. Lincoln & Gordon Sheals (1979), se identifican dos especies en el mes de **marzo**, y cuatro en **agosto**, siendo la especie *Anaitides madeirensis* de la familia Phyllodocidae la más frecuente y abundante en las dos épocas del año. Sedimentos obtenidos con una draga metálica tipo Van Veen.

Los poliquetos bentónicos identificados se relacionan con algunos factores ambientales de la Bahía de Manta como son: la temperatura del agua del mar entre 27.5°C y 23.6 °C, salinidad entre 33.9 y 34.3 UPS, pH entre 8.28 y 8.15 para los meses de marzo y agosto respectivamente.

La mayor diversidad y riqueza de especies se la encontró en la zona submareal entre 3m. y 20m. de profundidad, con 8 especies de poliquetos bentónicos, no así en la zona intermareal en condiciones ambientales similares en las dos épocas del año, solamente se identificaron en total cuatro especies de poliquetos.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador
francisco.villamar@inocar.mil.ec

ABSTRACT

As a result of taxonomic analysis and the abundance of benthic polychaetes obtained from the subtidal area in five profiles with 15 stations at depths between 3 and 23m in Manta Bay, eight species were identified in March, the most abundant one being *Cossura brunnea* of the Cossuridae family. Eight species were identified in August, represented by the most abundant species, *Paraonis gracilis* from the Paraonidae family. For the intertidal zone, five profiles in five different areas were analyzed, using techniques recommended by Roger J.Lincoln & Gordon Sheals (1979). Two species were identified in March and four in August, with the most frequent and abundant species being *Anaitides madeirensis* of the Phyllodocidae family in both seasons of the year. Sediments were obtained with a Van Veen metallic dredge.

The benthic species identified are related some environmental factors of Manta Bay, some of these factors are: Water temperature between 27.5°C and 23.6°C, salinity between 33.9 and 34.3 UPS, pH between 8.28 and 8.15 for the months of march and august, respectively.

The greatest richness and diversity of species was found in the subtidal zone between 3 meters and 20 meters of depth, with 8 species benthic polychaetes. This was not the case in the intertide zone with environmental conditions that are similar both seasons, only a total of four species of polychaetes were identified.

Palabras claves: polychaetes, intertide, subtidal, benthic, taxonomic.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación forma parte del Proyecto "Caracterización Oceanográfica de las principales Bahías de la Costa del Ecuador" que viene desarrollando el INOCAR con el propósito de conocer la actividad biológica en los sedimentos bentónicos, y con la finalidad de determinar áreas críticas tanto en las zonas intermareales de las playas arenosas y rocosas, como en la zona submareal, producido por factores ambientales en épocas de lluvia y seca a los distintos niveles tróficos existentes.

De acuerdo a Tena, J, *et al* (1993), se puede realizar el seguimiento temporal de las comunidades marinas costeras y se las utiliza comúnmente como una valoración de los impactos ambientales, a menudo son los componentes de la macrofauna los que se cuantifican para indicar el estado de salud ambiental, debido a que estos organismos de fondo son relativamente sedentarios, tienen ciclos de vida largos y exhiben diferentes grados de tolerancia a los cambios climáticos. En la mayoría de los trabajos científicos que versan sobre la macrofauna bentónica se estudian modelos de distribución, en este sentido las relaciones animales – sustratos se pueden incluir a partir de hipótesis basadas en la abundancia de grupos alimentarios de la macrofauna intermareal y submareal.

La importancia del estudio de las comunidades macrozoobentónicas está en que pueden ser consideradas como indicadoras de zonas intervenidas de origen antropogénico o contaminadas por materia orgánica (Reish,1979), o por su posición con relación al sustrato existente en el área (Quiroz 2009).

ANTECEDENTES

Las investigaciones realizadas en el Ecuador sobre los poliquetos bentónicos fueron iniciadas por Monro (1933a, 1933b), con el estudio de los poliquetos errantes en las Islas Galápagos durante la expedición de "St. George" en el Pacífico tropical. Luego Hartman (1939), a través de la Expedición Oceanográfica "Allan Hancock" de Baja California en los años 1933-38 en el área del Océano Pacífico, reporta una lista taxonómica de los poliquetos bentónicos capturados en la zona submareal de área de la Libertad, Manta, Isla de la Plata, Salinas, Cabo de San Francisco, Isla Salango e Islas Galápagos.

Trabajos publicados sobre la taxonomía, identificación y distribución de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal continental del Ecuador se han realizado en forma esporádica. Así mismo, algunos estudios para determinar la relativa abundancia y biodiversidad de estos organismos considerados importantes en los sustratos marinos y estuarinos.

Con la expedición "R/V EASTWARD" de los EE.UU. en el año 1976, se inició el estudio del bentos marino en el área del Golfo de Guayaquil (Ecuador), cuyos resultados fueron publicados en la revista "Acta Oceanográfica del Pacífico" (1983).

Para el año 1978 el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR), realizó el estudio de los invertebrados macrobentos submareal en el área del "Estero Salado" que forma parte del Golfo de Guayaquil interior, y como resultado se presenta una lista importante de la fauna bentónica, donde reporta 13 especies de poliquetos bentónicos (Filum Annelida), 98 especies de moluscos ((Filum Mollusca), 22 especies del Filum Artrópodo y del Filum Protozoa 8 especies (Cruz, *et al.,*1980).

Villamar (1983), reporta la identificación taxonómica de los poliquetos bentónicos, con muestras tomadas en el Golfo de Guayaquil exterior de sustratos suaves a profundidades desde 13m. hasta 1.598m, se identificaron un total de 37 especies de poliquetos bentónicos y se reporta una especie nueva para la ciencia con el nombre de "*Grubeulepis guayanensis"* para aguas ecuatorianas (USNM-57980).

Cruz y Villamar (1983), reportan la presencia de la especie *Platasteria latirradiata*, que es una estrella de mar (equinodermo) considerada por la ciencia como fósil viviente, amplia la

distribución para en el área de la ciudad de Playas, Ecuador. Así mismo, Villamar (1986), reporta 11 especies de poliquetos bentónicos, su relación con el tipo de sustrato y la distribución de estos organismos 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 antes mencionados.

En el área del Canal del Morro y de Jambelí que son parte del Golfo de Guayaquil, Villamar (1989), reporta trece especies de poliquetos bentónicos en la zona estudiada, siendo las especies Diopatra splendidisima y Paraonides platibranchia como las más abundantes en el área del Canal del Morro y, la especie Sternaspis fosser para el canal de Jambelí. De acuerdo al trabajo realizado por Guartatanga et al. (2003), donde presenta un estudio preliminar de la fauna hiperbentónica de la zona intermareal de las playas de Salinas, Ecuador, considera los cambios temporales principalmente en el Orden Mysidacea, observó una variación en la estructura de la comunidad macrobentónica. Más tarde Villamar (2006), con el estudio taxonómico y distribución de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal de las provincias de Esmeraldas y Manabí, reporta un total de 27 especies de poliquetos macrobentónicos en la zona intermareal arenosa y rocosa, muchas de estas especies son reportadas por primera vez para el área de estudio. Así mismo Villamar y Cruz (2007), reportan para el área de Monteverde, 2 especies de poliquetos en la zona intermareal representados por Nephtys singularis y Neanthes succinea y, entre los moluscos Olivella semistriata como única especie identificada. Para la zona submareal reportan 13 especies de poliquetos siendo Lumbrineris bassis la especie más abundante.

Gualancañay, E., M. Tapia, C. Naranjo, M. Cruz, F. Villamar (2010-2011), contribuyen con la "Caracterización Biológica de la Bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana". En esta ocasión reportan para la época húmeda 13 especies de poliquetos bentónicos en los sustratos submareales arenosos y 2 especies en la zona intermareal. Para la época seca 8 especies en la zona submareal y dos especies en el área intermareal.

Con las muestras de sedimento arenoso obtenidas en marzo del 2009 de la zona intermareal de la provincia de Esmeraldas, De León, J y B. Trovant (2013), reportan una nueva especie para la ciencia con el nombre de "*Nicon orensanzi",* que pertenece a la familia Nereidae, contribuyendo de esta forma a la taxonomía de los poliquetos macrobentónicos del Ecuador.

MÉTODOS.

La obtención de las muestras del sustrato submareal (de profundidad) en el área de la zona de estudio (Fig.1), se utilizó una embarcación pequeña y se geo-referenció su ubicación con un equipo "Global Positioning System" (GPS), en coordenadas UTM, Datum WGS 84 (Tabla 1) y, como equipo de extracción se utilizó una draga metálica tipo Van Veen (Fig. 2a) que tiene una capacidad de 0.1m² que cubre 1/20 m² de superficie. Las muestras de sedimento fueron puestas en frascos plásticos para luego ser preservadas con formol neutralizado con Tetraborato de Sodio Na2B4O7 (Bórax), aplicando las técnicas recomendadas por Roger J. Lincoln & Gordon Sheals (1979) para la colección y preservación de invertebrados marinos.

Así mismo, para la posición georeferenciada de las muestras del sustrato arenoso en la zona intermareal se utilizó un GPS, en coordenadas UTM, Datum WGS 84, (Tabla 2), en las zonas de playa en Punta Mal Paso, Murciélago, Tarqui, Estero Salitral y frente al aeropuerto Eloy Alfaro de Manta. Se colectaron los sedimentos utilizando el método de Brusca (1973) y, Roger J. Lincoln & Gordon Sheals (1979), que consiste en un cuadrante de un metro cuadrado y, sub-muestra de 25cm x 25 cm (1/16 m²) (Fig. 2b), luego con una espátula se tomó la muestra de arena dentro del cuadro y depositadas en frascos de plástico. Las muestras se preservaron con formol neutralizado para su posterior análisis en el laboratorio de macrobentos del INOCAR.

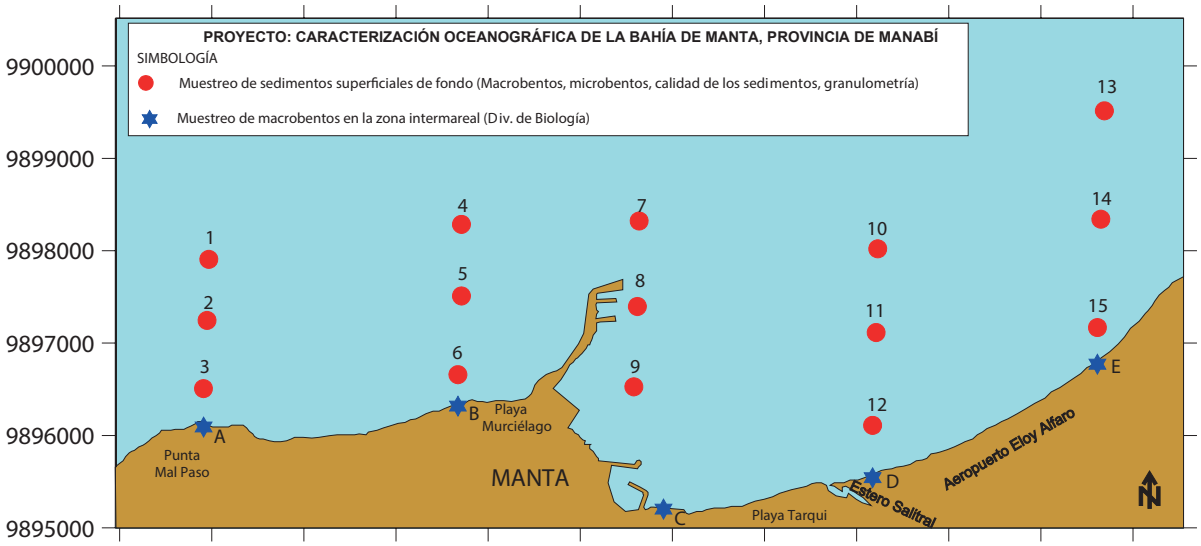

Fig.1.- Mapa con las estaciones inter-mareales y sub-mareales para el muestreo y estudio de los poliquetos macro-bentónicos de la Bahía de Manta, Ecuador. Marzo y agosto del 2011.

Fig. 2a.- Se observa la draga metálica tipo Van Veen de 1/20 m² para la obtención de los sustratos submareales o de profundidad.

Fig. 2b.- Se observa la playa de Manta con el cuadrado de un 1 m². y otro de 25 x 25 m². para la obtención de las muestras de los sustratos inter-mareales.

ESTACIONES	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	TEMPERATURA (°C). marzo / agosto		pH marzo / agosto		SALINIDAD (UPS) marzo / agosto		TIPO DE SEDIMENTO	PROFUNDIDAD (m)
1	9897301	526736	0º55'44.9"S	80º45'34.9"W	28ºC	24.1ºC	8,28	8,15	33,9	34,3	arenoso	12
2	9896840	526736	0º55'59.9"S	80º45'34.9"W	28ºC	23.6ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	10
3	9896195	526736	0º56'20.9"S	80º45'34.9"W	27ºC	24.5ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	3
4	9897822	529425	0º55'27.9"S	80º44'07.9"W	28ºC	24.1ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	20
5	9897116	529425	0º55'50.9"S	80º44'07.9"W	27.5ºC	24.6ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	8
6	9896287	529425	0º56'17.9"S	80º44'07.9"W	28ºC	24.6ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	6
7	9897761	531279	0º55'29.9"S	80º43'07.9"W	28ºC	24.1ºC	8,28	8,15	34,2	34	arenoso	22
8	9897024	531279	0º55'53.9"S	80º43'07.9"W	28ºC	24.3ºC	8,28	8,15	34,2	34	Limo arenoso	10
9	9896103	531279	0º56'23.9"S	80º43'07.9"W	28ºC	24.4ºC	8,28	8,15	34,2	34	Limo arenoso	10
10	9895734	533968	0º55'35.9"S	80º41'40.9"W	28ºC	24.1ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	20
11	9896778	533968	0º56'01.9"S	80º41'40.9"W	28.5ºC	23.9ºC	8,28	8,15	34,1	34	Limo arenoso	10
12	9895857	533968	0º56'31.9"S	80º41'40.9"W	28ºC	25.2ºC	8,28	8,15	34	34	Limo arenoso	5
13	9899173	536410	0º54'43.9"S	80º40'21.9"W	28ºC	24.9ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso	20
14	9898129	536410	0º55'17.9"S	80º40'21.9"W	28ºC	24.9ºC	8,28	8,15	34	34	Limo arenoso	5
15	9896839	536410	0º55'59.9"S	80º40'21.9"W	28ºC	24.4ºC	8,28	8,15	34	34	Limo arenoso	6

Tabla 1.- Coordenadas de las estaciones sub-mareales (profundidad) con datos ambientales, profundidad y tipo de sedimento, para el estudio de los poliquetos macrobentónicos. Bahía de Manta, Ecuador. Marzo y agosto del 2011.

ESTACIONES	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	TEMPERATURA (°C). marzo / agosto		pH marzo / agosto		SALINIDAD (UPS) marzo / agosto		TIPO DE SEDIMENTO
ZONA A	9895892.29	526846.66	0º56'30.789"S	80º45'31.335"W	28ºC	24.1ºC	8,28	8,15	33,9	34,3	arenoso
ZONA B	9895867.15	528877.73	0º56'31.603"S	80º44'25.617"W	28ºC	23.6ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso
ZONA C	9895145.33	532897.76	0º56'55.105"S	80º42'47.899"W	27ºC	24.5ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso
ZONA D	9895298.85	534033.13	0º56'50.099"S	80º41'38.806"W	28ºC	24.1ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso
ZONA E	9896992.95	536865.94	0º55'57.194"S	80º40'07.152"W	27.5ºC	24.6ºC	8,28	8,15	34	34	arenoso

Tabla 2.- Coordenadas de las estaciones o zonas estudiadas intermareales con datos ambientales y tipo de sedimento para el estudio de los poliquetos macrobentónicos. Bahía de Manta. Marzo y agosto del 2011.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

En el laboratorio los poliquetos fueron separados de acuerdo a sus características morfológicas. Para su identificación se utilizó claves taxonómicas a nivel de especie (Hartman,1988), y de manera comparativa con los trabajos taxonómicos realizados por Villamar (2005-2006) en el área marina submareal e intermareal de las provincias de Esmeraldas y Manabí. Además, se utilizó un estéreo microscopio de 100x y un microscopio de 1000x de aumento, para la observación de los cortes histológicos de los poliquetos, preservados finalmente en alcohol de acuerdo a la técnica de Brusca (1973).

RESULTADOS

ZONA INTERMAREAL:

ÉPOCA HÚMEDA (MARZO)

Los poliquetos bentónicos identificados en la zona intermareal de Manta, la familia

Phyllodocidae con la especie ***Anaitides madeirensis*** fue la más frecuente del área estudiada, representa el 95 %, y en menor cantidad ***Euclymene sp.*** *con el 5%* del total de poliquetos, los mismos que prefieren vivir en la zona baja intermareal arenosa, cerca de la playa húmeda. (Tabla 3)(Fig. 3).

En la zona A, que corresponde al área de Barbasquillo y Autoridad Portuaria cerca de Punta Mal Paso, en esta zona se identificó la especie Anaitides madeirensis que corresponde al 9% del total de especímenes. En la zona B, cerca de la playa Murciélago, se identificó la especie, Anaitides madeirensis que representa el 14%

	ESTACIONES O ZONAS DE ESTUDIO						
ESPECIES	ZONA A PUNTA MAL PASO	ZONA B PLAYA MURCIÉLAGO	ZONA C PLAYA DE TARQUI	ZONA D ESTERO SALITRAL	ZONA E AEROPUERTO	% TOTAL DE ESPECIES	FRECUENCIA RELATIVA
Anaitides madeirensis	9	14	63	0	9	95	4
Euclymene sp.	0	0	0	0	5	5	1
% DE ESPECÍMENES	9	14	63	0	14		
RIQUEZA DE ESPECIES	1	1	1	0	2		

Tabla 3.- Presencia porcentual, frecuencia relativa y riqueza de especies de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal. Manta. Marzo del 2011.

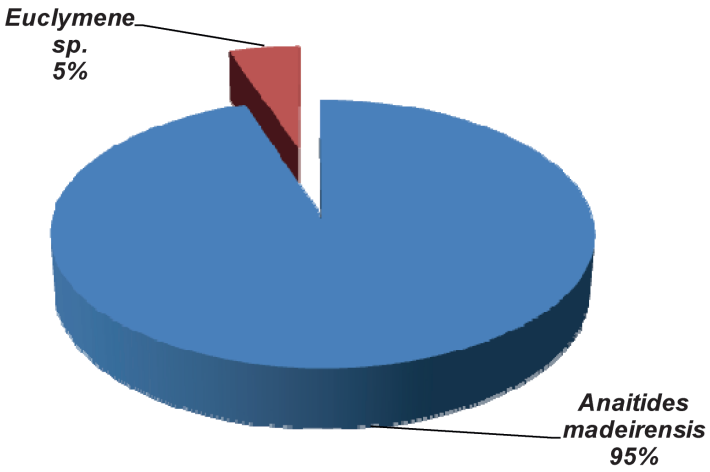

Fig. 3.- Distribución porcentual de las especies de poliquetos bentónicos identificados en la zona intermareal del área de Manta. Marzo 2011.

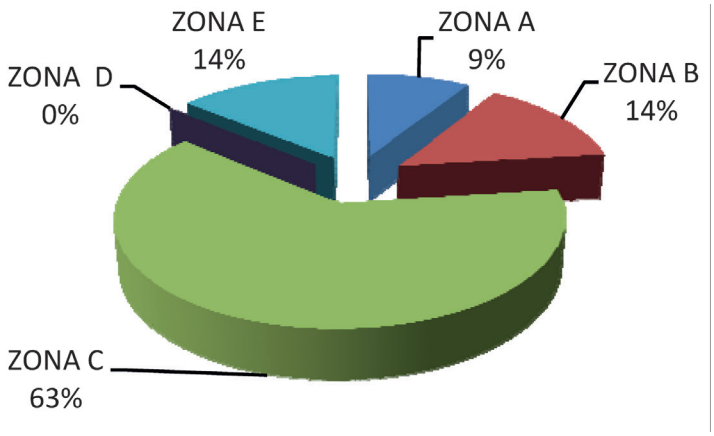

Fig. 4.- Distribución de presencia porcentual total por zonas de los poliquetos bentónicos en el área intermareal de Manta. Marzo del 2011.

de presencia de especímenes capturados. De la misma manera para la zona C, que corresponde al área de la playa de Tarqui se encontró la mayor cantidad de especímenes con la especie Anaitides madeirensis con el 63% del total de especímenes. Para la zona D que corresponde al Estero Salitral, no se reportan poliquetos bentónicos. En la zona E, frente al aeropuerto Eloy Alfaro de Manta, se identificaron Anaitides madeirensis y Euclymene sp. que representan el 14% del total de especies identificadas. (Tabla 3, fig. 4)

De todas las estaciones estudiadas, se observó que en la zona C con el 63% de especímenes, que corresponde al área de la playa de Tarqui, se encontró la mayor cantidad de poliquetos macrobentónicos.

Se identificaron en toda el área de estudio las siguientes especies: *Anaitides madeirensis* con el 95%, y *Euclymene sp.* con el 5% del total de individuos contabilizados que prefieren vivir en sustrato tipo arenoso.

ZONA SUBMAREAL (Marzo)

Para el análisis de identificación taxonómica y distribución de los poliquetos bentónicos submareal en el área de la Bahía de Manta se tomaron muestras en15 estaciones en cinco perfiles, y los resultados se presentan en la Tabla 4.

Como producto del análisis de los sustratos **submareales** se identificaron 8 especies de poliquetos bentónicos siendo la especie *Paraonis gracilis* la más abundante con el 55 %, frecuencia relativa en 6 estaciones de las 15 estaciones muestreadas, seguida por la especie *Cossura brunnea con el 25%*; *Prionospio pinnata* 13%, las especies *Glycindi sp. y Euclymene sp.,* con el 2% respectivamente. Finalmente *Nereis succinea , Nepthys glabra y Glycera americana* con el 1%. (Tabla 4) (Fig. 5 y 6).

PERFILES	PERFIL 1			PERFIL 2		PERFIL 3		PERFIL 4			PERFIL 5				
ESTACIONES	ESTACIÓN			ESTACIÓN		ESTACIÓN		ESTACIÓN			ESTACIÓN				
ESPECIES	1	2	3	4	6	8	9	10	11	12	13	14	15	% TOTAL	FRECUENCIA RELATIVA
Paraonis gracilis	3	13	8	17						13	1			55	6
Nereis succinea					1									1	1
Glycindi sp.	1				1									2	2
Euclymene sp.				2										2	1
Glycera americana				1										1	1
Cossura brunnea		4			1	1	8	2				4	5	25	7
Paraprionospio pinnata									13					13	1
Nepthys glabra												1		1	1
% Total de especímenes	4	17	8	20	3	1	8	2	13	13	1	5	5		
Riqueza de especies	2	2	1	3	3	1	1	1	1	1	1	2	1		

Tabla 4.-- Presencia porcentual, riqueza de especies y frecuencia relativa de los poliquetos submareales identificados en la Bahía de Manta. Marzo del 2011.

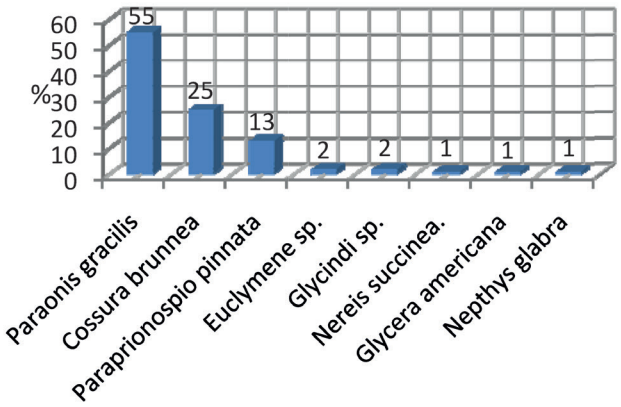

Fig. 5.-Presencia porcentual de las especies de poliquetos bentónicos submareales del área de Manta. Marzo del 2011.

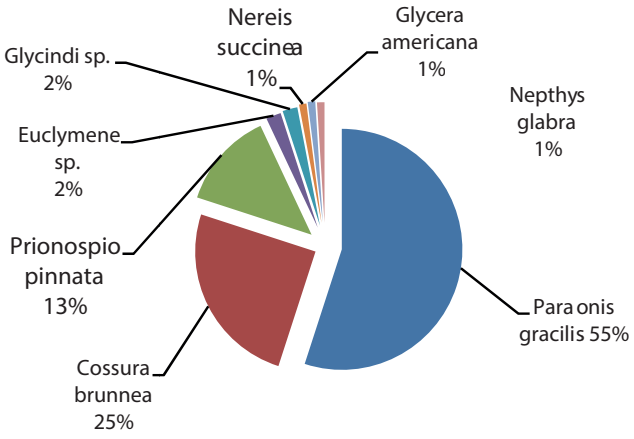

Fig. 6.- Frecuencia porcentual de las especies de poliquetos bentónicos submareales del área de Manta. Marzo del 2011.

De las 15 estaciones estudiadas, se observó que la mayor riqueza de especies de poliquetos fue en el perfil 2, mientras que la mayor abundancia de organismos en las estaciones 2, 4,11 y 12. (Tabla 4), (Fig. 7).

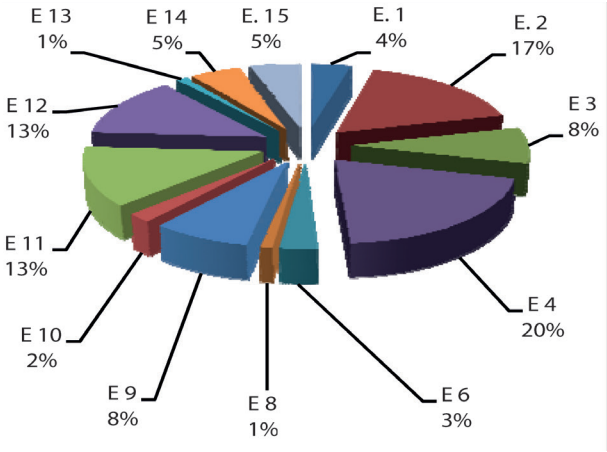

Fig. 7.-Distribución de presencia porcentual total por estación de los poliquetos bentónicos en el área submareal de Manta. Marzo del 2011.

En el **perfil 1**, se identificaron los siguientes poliquetos: *Paraonis gracilis* con el 3% en la estación 1; 13% en la estación 2 ; 8% en la estación 3, y *Glycindi sp*. con el 1% en la estación 1, estas especies prefieren los sustratos arena limosos. Para el **perfil 2**, los poliquetos identificados en las estación 4, *Paraonis gracilis* con el 17%, *Euclymene sp*. el 2% y *Glycindi sp.* con el 1%. En la estación 6, *Nereis sp*. *Cossura brunnea* y *Glycera americana* con el 1%.

Analizado el **perfil 3** se identificó la especie *Cossura brunnea* con el 1% en la estación 8, y el 8% en la estación 9. De la misma forma el **perfil 4**, se identificaron Paraprionospio pinnata, y *Paraonis gracilis* con el 13% respectivamente en las estaciones 11-12, y *Cossura brunnea* con el 2% en la estación 10.

En el **perfil 5**, se identificaron 3 especies de poliquetos bentónicos siendo la especie más abundante *Cossura brunnea* con el 4% en la estación 14, y el 5% en la estación 15. *Paraonis gracilis* con el 1% en la estación 13, y *Nepthys Glabra* con el 1%. en la estación 14.(Tabla 3, Fig. 7)

ÉPOCA SECA (AGOSTO)

ZONA INTERMAREAL

Durante el mes de agosto, los poliquetos identificados en la zona intermareal de Manta, la familia Phyllodocidae con la especie *Anaitides madeirensis* tiene una frecuencia relativa de 4, que representa el 56.25 % del total de poliquetos. De la misma manera *Euclymene sp.* con el 25%, *Nephtys glabra* con el 12.5%, y *Eunice antennata* con 6.25% (Fig. 8), (Tabla 5).

En la **zona A**, que corresponde al área de Barbasquillo cerca de Punta Mal Paso, en esta zona se identificaron las siguientes especies de poliquetos: *Anaitides madeirensis, Euclymena sp. Eunice antennata* y *Nepthys glabra* que corresponde al 20% del total de poliquetos identificados. En la **zona B**, que corresponde a

	ESTACIONES O ZONAS DE ESTUDIO						
ESPECIES	ZONA"A" PUNTA MAL PASO (BARBASQUILLO)	ZONA"B" PLAYA MURCIÉLAGO	ZONA "C" PLAYA DE TARQUI	ZONA "D" ESTERO SALITRAL	ZONA "E" FRENTE AL AEROPUERTO	% TOTAL DE ESPECIES	FRECUENCIA RELATIVA
Anaitides madeirensis	6.25	12.50	31.25		6.25	56.25	4
Euclymene sp.	6.25	6.25		6.25	6.25	25	4
Nepthys glabra	6.25			6.25		12.50	2
Eunice antennata	6.25					6.25	1
% DE ESPECIES	25	18.75	31.25	12.50	12.50		
RIQUEZA DE ESPECIES	4	2	1	2	2		

Tabla 5.- Presencia porcenttual, frecuencia y riqueza de especies de poliquetos identificados en la zonna intermareal de Manta. Agosto del 2011

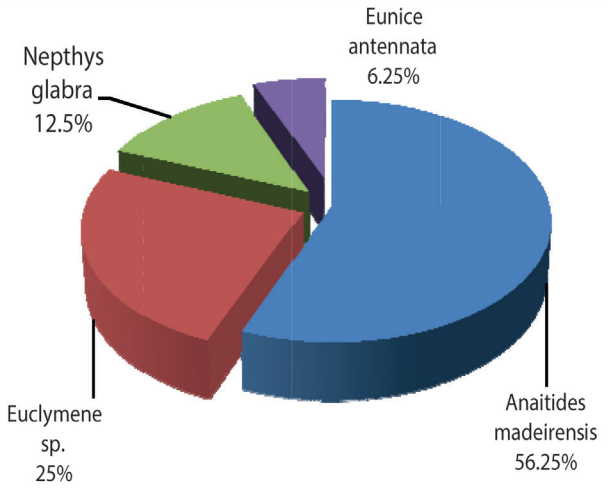

Fig. 8.- Distribución porcentual de los poliquetos bentónicos identificados en la zona intermareal de Manta. Agosto del 2011.

la zona de la playa Murciélago, se identificaron: *Anaitides madeirensis* y *Euclymene sp.* que representan el 20% del total de especies. De la misma manera para la **zona C**, que corresponde al área de la playa de Tarqui la especie *Anaitides madeirensis* con el 34% del total de especies. Para la **zona D**, que corresponde al área del Estero Salitral, se identificaron: *Euclymena sp*. y *Nepthys glabra* con el 13% del total de especies. En la **zona E** frente al aeropuerto Eloy Alfaro, se identificaron: *Anaitides madeirensis* y *Euclymene sp*. con el 13%. (Tabla 5; Fig. 9).

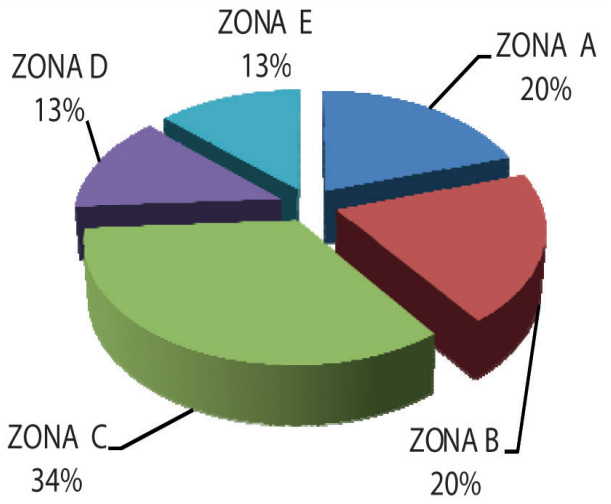

Fig. 9.- Distribución de presencia porcentual total por estación de los poliquetos bentónicos identificados en el área intermareal de Manta. Agosto del 2011.

ZONA SUBMAREAL.

Del análisis del sustrato submareal se identificaron en total 7 especies de poliquetos bentónicos siendo la especie *Paraonis gracilis* la más abundante con 32%, con frecuencia de presencia en 10 estaciones de las 15 estaciones muestreadas, seguidos por la especie *Cossura brunnea* con 26%; *Nepthys glabra* el 26%. El 6% la especie *Paraprionospio pinnata*, y *Nereis succinea* con el 4%. De la misma manera *Diopatra tridentata* y *Euclymene sp.* con el 3% respectivamente. (Tabla 6) (Fig. 10).

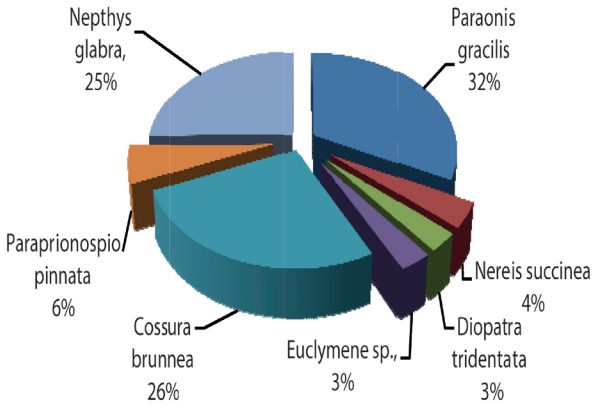

Fig. 10.- Frecuencia porcentual de las especies de poliquetos bentónicos submareales identificados en toda el área de Manta. Agosto del 2011.

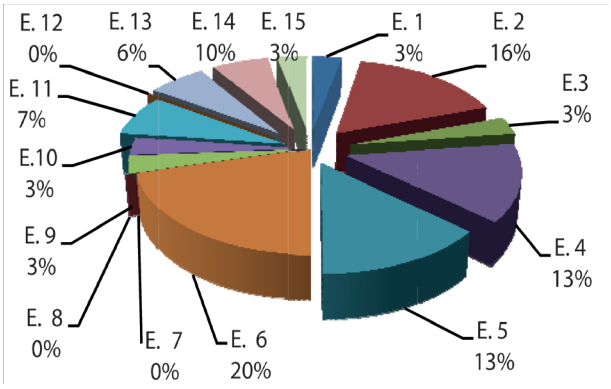

Fig. 11.- Distribución de presencia porcentual total por estación de los poliquetos bentónicos identificados en el área submareal de Manta. Agosto del 2011.

En el **perfil 1**, se identificaron los siguientes poliquetos: *Paraonis gracilis* y *Nephtys glabra* en la estación 1 con 3%. En la estación 2 se identificaron *Paraonis gracilis, Nereis succinea, Cossura brunnea y Nephtys glabra* con 16%. En la estación 3 *Paraonis gracilis* con 3%. Para el **perfil 2**, los poliquetos identificados en la estación 4, *Paraonis gracilis*, *Euclymene sp*., *Cossura brunnea*

PERFILES	PERFIL 1			PERFIL 2			PERFIL 3			PERFIL 4			PERFIL 5				
ESTACIONES	ESTACIÓN			ESTACIÓN			ESTACIÓN			ESTACIÓN			ESTACIÓN				
ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	% INDIVIDUOS	FRECUENCIA RELATIVA
Paraonis gracilis	1,4	5,8	2,8	4,3		7,2				1,4	1,4		2,8	2,8	1,4	32	10
Nereis succinea		1,4			1,4				1,4							4	3
Diopatra tridentata					1,4				1,4							3	2
Euclymene sp.				2,8												3	1
Cossura brunnea		2,8		2,8	4,3	7,2				1,4	1,4			4,3	1,4	26	8
Paraprionospio pinnata.					1,4	2,8					1,4			1,4		6	4
Nepthys glabra	1,4	5,8		2,8	4,3	2,8					2,8		2,8	1,4		25	8
% DE ESPECIES	3	16	3	13	13	20	0	0	3	3	7	0	6	10	3		
RIQUEZA DE ESPECIES	2	4	1	4	5	4	0	0	2	2	4	0	2	4	2		

TABLA 6.- Total porcentual, frecuencia relativa y riqueza de las especies de poliquetos bentónicos submareales identificados en el área de Manta. Agosto del 2011.

y *Nereis succinea,* con 13%. En la estación 5, *Nereis sp., Diopatra tridentata,Cossura brunnea, Paraprionospio pinnata*, y *Nephtys glabra* con 13%. En la estación 6, *Paraonis gracilis, Cossura brunnea, Paraprionospio pinnata,* y *Nephtys glabra* con el 20%.

Para el **perfil 3** se identificaron *Paraonis gracilis* y *Diopatra tridentata,* solo en la estación nueve con el 3%.

De la misma forma en el **Perfil 4**, se identificaron en la estación 10, *Paraonis gracilis* y *Cossura brunnea* con 3%, y en la estación 11 *Paraonis gracilis, Cossura brunnea, Paraprionospio pinnata*, y *Nephtys glabra* con 7%.

Analizado el **Perfil 5**, se identificaron en la estación 13 las siguientes especies: *Paraonis gracilis* y *Nephtys glabra* con 6%; Estación 14 *Paraonis gracilis, Cossura brunnea, Paraprionospio pinnata* y *Nephtys glabra* con 10%; Estación 15 las especies *Paraonis gracilis* y *Cossura brunnea* con el 3%. (Tabla 6) (Fig. 10 y 11).

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES:

Durante el mes de **marzo** se reportan para el área **intermareal** dos especies siendo *Anaitides madeirensis* la más frecuente con el 95%, y para la zona **submareal** ocho especies de poliquetos presentándose *Paraonis gracilis* con el 55% como la más frecuente. Este mes corresponde a la temporada de invierno con lluvias (húmeda), la temperatura del agua del mar osciló entre 27 y 28.5°C., de la misma forma la salinidad del agua presentó valores entre 33.9 y 34.2 (UPS) valores aceptables para la época. El pH del agua de mar presentó sin mayor variación un valor constante de 8.28. Se puede decir que estos parámetros ambientales son factores importantes para la supervivencia de los poliquetos bentónicos.

En los perfiles **submareales** 1 y 2 frente a Punta Mal Paso y Playa Murciélago respectivamente, las condiciones oceanográficas son similares tanto en salinidad como en temperatura, en cambio en el perfil 3, estaciones 8 y 9 frente al muelle de Manta los poliquetos disminuyen en especies y población por estar en áreas intervenidas posiblemente por desechos orgánicos provenientes de las actividades de pesca, presentando el sedimento de color oscuro con poca oxigenación y de características limo-arenoso. Los perfiles 4 y 5 frente a la playa de Tarqui y el aeropuerto "Eloy Alfaro" estos perfiles se presentan con similares características que los perfiles 1 y 2 no habiendo cambios o variaciones estacionales significativas tanto en la temperatura como en la salinidad del agua del mar (Fig. 12).

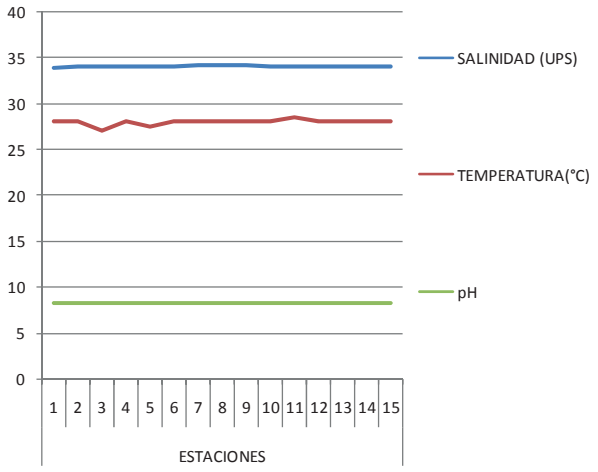

Fig.12.- Estaciones con los valores de temperatura, salinidad y pH del agua de mar superficial. Marzo del 2011

Durante el mes de **agosto** que corresponde a la temporada de verano (seca) sin lluvia, se reportan cuatro especies de poliquetos en la zona **intermareal** de los cuales la más frecuente fue la especie *Anaitides madeirensis* con el 55%, y siete especies en la zona **submareal** siendo *Paraonis gracilis* la más frecuente con el 32%. De los cinco perfiles estudiados la temperatura osciló entre 23.6 y 25.2°C. valores considerados relativamente bajos si los comparamos con el mes de marzo del mismo año entre 27 y 28.5°C., de la misma forma la salinidad del agua se presentó con valores entre 34 y 34.3 (UPS) valores considerados relativamente más altos si los comparamos con el mes de marzo entre 33.9 y 34.2 (UPS). El agua de mar presentó el pH en esta época con un valor constante de 8.15 considerado normal para la época (Fig.13).

CONCLUSIONES

Se ha determinado que las condiciones oceanográficas del agua de mar en el área de estudio durante la época húmeda, y en época seca, se presentan sin mayores diferencias estacionales, se observó que las especies bentónicas identificadas en la Bahía de Manta mantienen su biodiversidad con las características ambientales y condiciones térmicas del agua del mar entre 27.5 °C y 23.6°C, salinidad entre 33.9 y 34.3 UPS, pH entre 8.28 y 8.15 para los meses de marzo y agosto respectivamente.

Así mismo, los poliquetos identificados en la **zona intermareal** en el área de la Bahía de Manta con características errantes, está

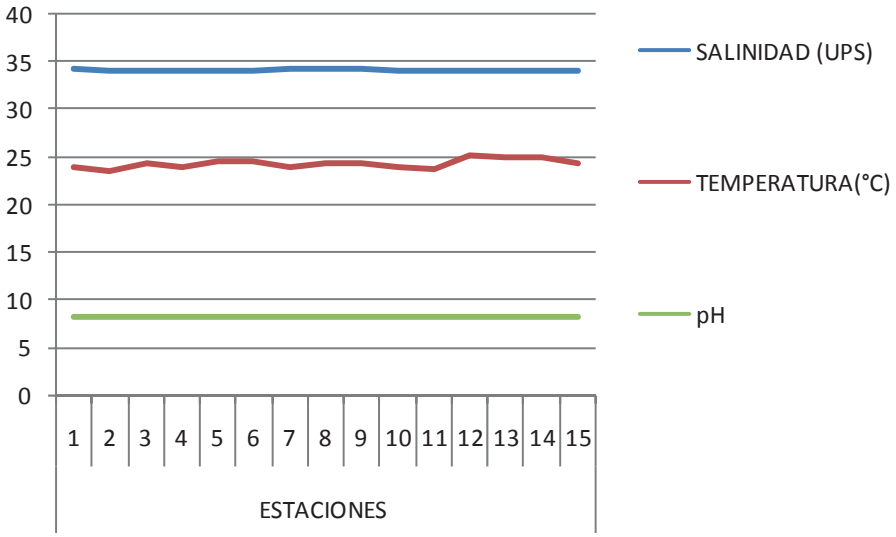

Fig.- 13.- Estaciones con los valores de temperatura, salinidad y pH del agua de mar superficial. Agosto del 2011

la familia Phyllodocidae representada por la especie ***Anaitides madeirensis***, como la más frecuente y abundante en las dos épocas del año. Prefieren las playas arenosas húmedas cerca a la orilla del mar.

De la misma manera se concluye que para el ***área submareal*** predominan para las dos épocas del año, las especies de poliquetos con características excavadores: ***Paraonis gracilis, Cossura brunnea y Paraprionospio pinnata,*** las mismas que prefieren vivir en sustrato tipo limo arenoso.

Además, se ha determinado que la mayor diversidad y riqueza de especies se encuentra en la zona submareal entre los 3m. y 20m. de profundidad, con 8 especies de poliquetos bentónicos, y en la zona intermareal en donde las condiciones ambientales son similares, se identificaron cuatro especies de poliquetos. De acuerdo a la publicación de Villamar (2005-2006), algunas especies de poliquetos identificadas en esa área, también han sido reportadas durante el muestreo de marzo y agosto del año 2011 en el área de Manta.

De acuerdo a la "Caracterización Biológica de la Bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana", (Gualancañay, *et al,* 2010-2011), el muestreo fue realizado tanto en época húmeda y época seca en abril del 2008, de las 13 especies de poliquetos reportados, ninguno de ellos se reportan en el presente trabajo lo que significa que estos organismos mantienen su presencia relativa en el área de la Bahía de Manta.

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento al señor Director de INOCAR CPFG-EM Juan Proaño Vega, y al Jefe del departamento de Ciencias del Mar TNNV-TNC Willington Renteria Agurto, por brindar el apoyo necesario para la publicación del presente artículo científico. Además, al Lic. Danny Castillo por la traducción del resumen al inglés.

BIBLIOGRAFÍA

Brusca, R. 1973**.-** A Handbook to the Common Invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press: 427.

De León, J y B. Trovant, 2013**.-** A new species of *Nicon* Kinberg, 1866 (Polychaeta, Nereididae) from Ecuador, Eastern Pacific, with a key to all known species of the genus. ZooKeys 269: 67–76. doi: 10.3897/zookeys.269.4003.

Cruz, M., M de González., E. Gualancañay y F. Villamar.1980.- Lista de la fauna sublitoral bentónica del Estero Salado inferior, Ecuador: Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 1(1): 82-96.

Cruz, M. y F. Villamar. 1983.- Presencia de *Platasteria Latirradiata* en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Guayaquil- Ecuador, 2(1): 169–177.

Guartatanga, S., Marín J., Miño S., Cornejo M. y Vincx M. 2003.- Estudio Preliminar de los Efectos Antropogénicos en la Distribución Intermareal de la Fauna Hiperbentónica en la playa de Salinas (Chipipe – Provincia del Guayas). Revista Tecnológica. Vol. 16, No. 1: 108 – 117.

Gualancañay, E., M. Tapia, C. Naranjo, M. Cruz, F. Villamar. 1910-1911.- Caracterización biológica de la Bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 16 (1): 33 -52.

Hartman, O., 1939.-Polychaetous Annelids. Pt. 1 Aphroditidae to Pisionidae. Allan Hancock Pacific Expedition. 7 (1-2): 1-170.

Hartman, O. 1988.- Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles: 1-828.

Monro, C.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: 1-96.

Monro, C.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. Proceeding of the Zoological Society of London: 1039-1039.

Quiroz, L. 2009.- Los Poliquetos como Bioindicadores de Calidad en los Ecosistemas Marinos. IES. Serrallarga: 13 p.

Reish, D.J.1979.- Briste Worms (Annelida: Polychaeta) Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates. C.W.Hast,Jr. and S.L.H. Fuller (Eds). Academy Press, New York:77-125 p.

Roger, J. Lincoln & J. Gordon Sheals. 1979.- Invertebrates Animals. Collection and preservation. Britis Museum (Natural History) Cambridge University Press. London: 1 – 175 p.

Villamar, Francisco. 1983.- Catálogo de los poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. 2 (2).

Villamar, Francisco. 1986.- Distribución de los poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. 3 (1).

Villamar, Francisco.1989.- Estudio de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil, Exterior (Canal del Morro y Jambelí). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. 5 (1).

Villamar, Francisco. 2005 – 2006.- Estudio Taxonómico y Distribución de los Poliquetos Bentónicos en la Zona Intermareal de las Provincias de Esmeraldas y Manabí (Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. 13 (1): 169 – 197.

Villamar, Francisco y Manuel Cruz. 2007.- Poliquetos y Moluscos Macrobentónicos de la zona intermareal y submareal en la Provincia del Guayas, (Monteverde, Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. 14 (1): 147 – 154.

MOLUSCOS BIVALVOS PERFORADORES DE ROCAS EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS-ECUADOR, 2002-2005

Manuel Cruz [1]

RESUMEN

Del análisis de cinco áreas rocosas en la zona intermareal de la provincia de Esmeraldas: Tachina, Balao, Sua-Atacames, Galera y Mompiche, desde el límite de la pleamar hasta el límite de la bajamar, se encontraron nueve (9) especies de moluscos bivalvos perforadores, que pertenecen a tres familias: Mytilidae, Petricolidae y Pholadidae.

Petricola denticulata fue la especie más abundante en la provincia de Esmeraldas y representa el 26,1% de todas las especies, mientras que los sitios o estaciones que presentaron la mayor abundancia de organismos fueron Balao y Súa-Atacames con el 39,1 %. La mayor riqueza de especies se observó en Súa-Atacames, representando el 50 % de la diversidad total.

En Tachina no se observaron organismos perforadores de rocas.

Se amplía la distribución de las siguientes especies: *Petricola cognata* desde el área de Panamá hasta Ecuador y *Petricola parallela* desde Nicaragua hasta Ecuador.

Palabras claves: moluscos, bivalvos, costa, Esmeraldas, rocas, Ecuador

ABSTRACT

Of the analysis of five rocky areas in the intertidal zone of the Emeraldas Province: Tachina, Balao, Sua-Atacames, Galera and Mompiche, from the limit of the high tide to the limit of the low tide, were founded nine (9) species of drilling bivalves mollusks, that belong to three families: Mytilidae, Petricolidae and Pholadidae.

Petricola denticulata was the most abundant species in the Emeraldas Province and represents the 26.1% among all species, whiles the sites or stations that were observed the greater abundance of organisms were Balao and Súa-Atacames with 39.1% each one. The greater richness of species was observed in Súa-Atacames, having represented 50% of the total diversity.

In Tachina station, drilling rock organisms were not observed.

The distribution of the following species is extended: *Petricola cognata* from the area of Panama to Ecuador and *Petricola parallela* from Nicaragua to Ecuador.

Key words: mollusks, bivalves, coast, Esmeraldas, rocks, Ecuador

1.- Instituto Oceanográfico de la Armada Base Naval Sur, Vía Pto. Marítimo, Av. 25 de Junio, Guayaquil, Ecuador

INTRODUCCIÓN.-

Los moluscos bivalvos cumplían una función útil de degradar las maderas que se encontraban en el medio marino, hasta que el hombre construyó estructuras como muelles y embarcaciones, que son "atacadas" por estos organismos. Se han reportado dos familias que degradan la madera: Teredinidae y Pholadidae, de esta última familia solo los géneros Martesia y Lignopholas se las ha encontrado infestando sustratos de madera (Turner y Johnson 1971).

Algunas familias de los moluscos marinos perforadores de rocas en la costa Ecuatoriana tienen géneros que son de importancia comercial, como la familia Mytilidae conocida comúnmente como marine mussel (www.thefreedictionary.com/Mytilidae), son moluscos bivalvos de gran interés económico y gastronómico. Son animales filtradores que viven fijados al sustrato (es.wikipedia.org/wiki/Mejillón), la forma de pera y su preferencia de estar adheridos a las superficies duras por un biso, le permiten obtener una gran cantidad de oxígeno y alimento (http://shells.tricity.wsu.edu/ArcherdShel Collection/Bivalvia/Mytilidae.html), unas de las especies que se consumen en Ecuador son *Mytella guyanensis* y *Mytella strigata.*

En Ecuador una de las primeras investigaciones sobre moluscos de la familia Mytilidae, se reportaron 17 especies resaltando que la especie de mayor importancia comercial que se vende en los mercados es *Mytella guyanensis*, cuya época de captura preferida se realiza entre junio a noviembre (Bonilla, D. 1967), mientras que existe otra especie más pequeña de tamaño que no se la vende pero es consumida por la población que vive en las orillas del Estero Salado del Golfo de Guayaquil, es *Mytella strigata*, común en áreas estuarinas de la costa ecuatoriana, asociada al ecosistema del manglar.

En la familia Mytilidae, también hay especies de moluscos que perforan roca, piedras, corales, otros moluscos etc. y es Keen, M. (1971), que de los 14 géneros y 39 especies que reporta para la provincia Panameña, menciona una distribución regional para cada especie, sin dar nombres ni detalles de los lugares donde se ha recolectado la especie.

Otros trabajos donde se mencionan especies de moluscos perforadores de rocas de forma aislada, sin enfatizar preferencia por substratos o sitios en la costa ecuatoriana es el de Cruz, *et al., (*1980), que publica "Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior" en la que publica para el Golfo de Guayaquil tres especies *Barbatia gradata, Petricola denticulata* y *Petricola parallela.*

Otros trabajos que mencionan características que tienen algunas especies de perforadoras de roca como tamaño de la protoconcha o concha larvaria de dos especies encontradas en la Plataforma Continental de Manabí, de *Acar gradata (Barbatia gradata*) cuya concha larvaria mide 175 micras de largo y 150 micras de alto, mientras que *Musculos coarctata (Gregariella coarctata)* tiene una protoconcha relativamente grande, mide 625 micras de largo y 475 micras de alto (Cruz, M. 1982), se menciona que estos datos son importantes para identificar las larvas cuando están en estadio de pediveliger.

Se han reportado especies que pueden vivir también en la zona infralitoral como *Petricola parallela,* que se encuentra entre los 14 a 18 m. de profundidad en el Golfo de Guayaquil y sus dimensiones fueron largo 31,5 cm. y alto 11 mm. (Cruz, M. 1983).

De una colección de organismos del Instituto Nacional de Pesca (INP), recolectados desde 1960 hasta 1989, se reporta que *Lithophaga aristata* ha sido encontrada en el litoral Ecuatoriano desde Esmeraldas a Playas de Villamil. (Mora, E. 1990), sin dar detalles de su densidad, tipo de sustrato y medidas. Algunos investigadores relacionan las características taxonómicas de los extremos posteriores de las valvas de *Lithophaga aristata* con artefactos como tijeras o fórceps (Morton, B. 1993).

En un estudio realizado en la zona infralitoral de la Plataforma Continental superior interna de Manabí, desde Puerto Cayo a Salango, los bivalvos perforadores de rocas son muy raros (Cruz, M.1997).

Hay investigaciones a nivel de género sobre perforadores de rocas, que no mencionan su distribución para el Ecuador como el de Coan, Eugene V. (1998), quien reporta una rara *Petricola* para la provincia Panámica. También hay reportes que dan a conocer especies como *Gregariella coarctata,* que existe en Ecuador, y son capaz de perforar el coral en el mar de la India (*Subba* Rao, N.V. and K.V. Surya Rao. 1981). El género *Lithophaga* también es capaz de perforar el coral *Porites lobata* (Scott, P.J.B. and M.J. Risk. 1988).

Muchos reportes son esporádicos y aislados, por eso es de mucha importancia y necesidad conocer las especies perforadoras y el rol que están cumpliendo a lo largo de la costa Ecuatoriana, hay que reunir la información fragmentada, recopilarla y ordenarla para que sea utilizada de mejor manera, en el país hay trabajos donde se menciona a los moluscos perforadores de rocas como es el de Mair, James *et al.,* (2002), en el "Manual de campo de los Invertebrados Bentónicos marinos: Moluscos, Crustáceos y Equinodermos de la zona Litoral Ecuatoriana", se reporta que *Petricola denticulata* fue observada en Salinas.

En el trabajo sobre la biodiversidad marina del Ecuador "The known and unknown about marine biodiversity in Ecuador (continental and insular)", que en base a un informe interno no publicado, se reporta solo cinco especies de moluscos perforadores para el Ecuador, y se menciona que *Petricola denticulada* con el 29 % es uno de los *pelecypodos* perforadores de rocas, con más frecuencia en la costa de Ecuador. (Cruz, M. *et al.,* 2003).

Se conoce que en toda la costa Ecuatoriana se ha reportado cuatro especies de moluscos bivalvos perforadores de rocas de la familia Mytilidae, que son *Gregariella coarctata, Lithophaga aristata, Lithophaga (L) attenuata y Lithophaga hastasia*., de las cuales *Lithophaga aristata* es la especie "más abundante", y con una amplia distribución, desde Punta Galera en la provincia de Esmeraldas, hasta Punta Carnero, en el Golfo de Guayaquil. (Cruz, M. y J. Mair 2009).

El propósito de este trabajo es ampliar el conocimiento de las especies de moluscos perforadores que existen en la Provincia de Esmeraldas, que están degradando y erosionando el perfil costero rocoso de la zona intermareal, que sirve de protección para nuestros pueblos y contribuir al mejor conocimiento de la diversidad de especies que existen en el país, para manejar sustentablemente el perfil costero de forma integrada y mejorar el buen vivir de las poblaciones que dependen de los recursos del mar.

ÁREA DE ESTUDIO.-

El área estudiada en la provincia de Esmeraldas, comprende cinco estaciones o lugares localizados en la zona rocosa intermareal, donde se encuentran las especies de moluscos bivalvos perforadores de rocas. Los sitios seleccionados fueron áreas alejadas de las poblaciones de Tachina, Balao, Súa-Atacames, Galera y Mompiche. (Fig. 1), con la finalidad de que no esté influenciado por la acción antropogénica o por las descargas domésticas e industriales que afecten a la diversidad de estas especies de moluscos. (Tabla 1).

Por la posición geográfica de la provincia de Esmeraldas, ubicada al norte del Ecuador, limita por el norte con el vecino país de Colombia que también tiene influencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) que provienen de la Bahía de Panamá y se caracteriza por presentar temperaturas mayor a 25º C. y menor a 33.0 ups de salinidad (Enfiel, 1976). Este tipo de agua cálida, está influenciado por las altas temperaturas propias de la zona ecuatorial y la baja salinidad se debe a las precipitaciones de la zona de convergencia Intertropical que se localiza en el hemisferio norte, generalmente entre los 5 a 10 grados de latitud norte.

Durante un evento "El Niño", y la época lluviosa (enero a abril), el área costera tiene una influencia de Aguas Tropicales Superficiales y la productividad del mar disminuye, mientras que en eventos fríos de "La Niña" y la época no lluviosa o fría, (mayo a diciembre), la influencia del ecosistema de Humboldt, puede llegar a la provincia de Esmeraldas y hasta Colombia.

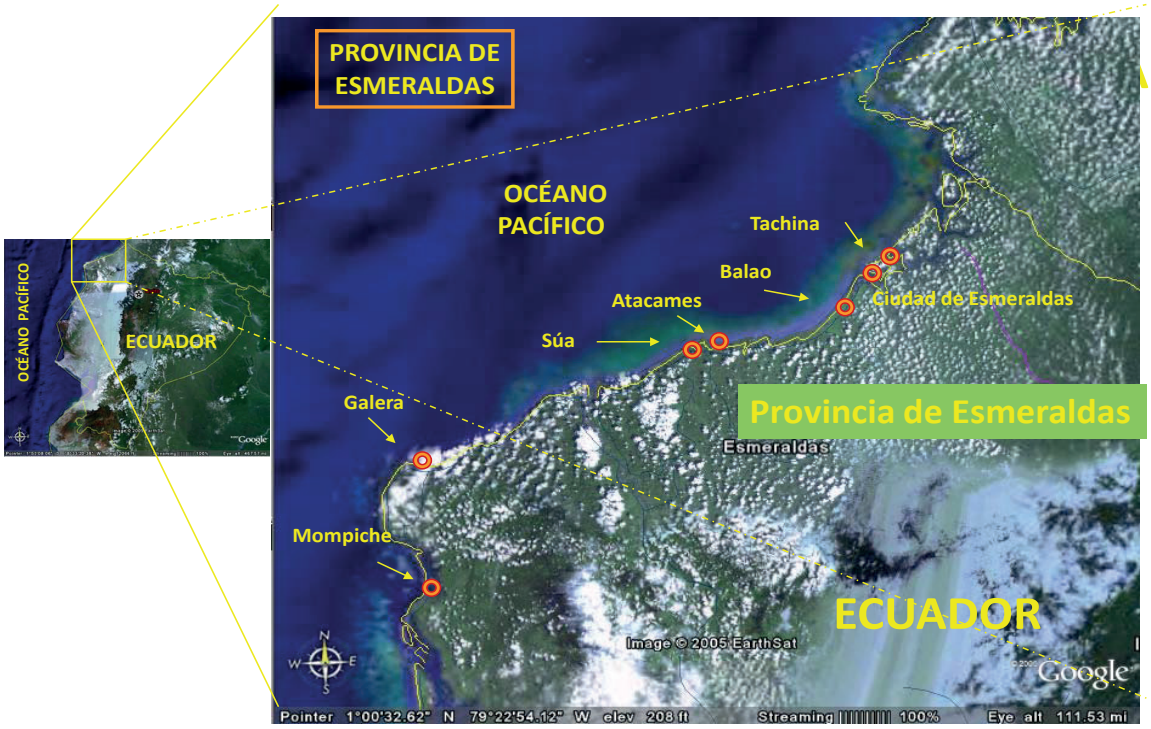

Fig. 1.- Sitios estudiados, con área rocosa intermareal en la provincia de Esmeraldas

SITIOS ESTUDIADOS	LATITUD	LONGITUD
Tachina	0° 59′ 31′′	79° 36′ 59′′
Balao	0° 58′ 13′′	79° 42′ 36′′
Súa - Atacames	0° 51′ 56′′	79° 52′ 24′′
Galera	0° 49′ 32′′	80° 03′ 20′′
Mompiche	0° 30′ 30′′	80° 01′ 45′′

Tabla 1.- Posición de las estaciones o sitios estudiados

METODOLOGÍA:

El área de estudio muestreada es la zona rocosa intermareal de la provincia de Esmeraldas, cercana a los pueblos, que no esté intervenida o influenciada por el hombre, turismo, ni por desechos domésticos e industriales, que a través de las corrientes marinas puedan afectarlo, con la finalidad de tener referencias del efecto que producen los moluscos perforadores de rocas al sustrato rocoso natural.

Para el muestreo de campo, se utilizaron cuadrantes de 25 cm. por 25 cm., que se colocaban sobre las rocas infestadas por los moluscos perforadores para tener referencia de su densidad poblacional por m2, se tomaba foto digital del área de estudio y del sustrato infestado antes de romper la roca con la ayuda de un martillo y un formón, posteriormente se recolectaban solo los organismos vivos y completos a los que se medían con un calibrador de vernier y se le tomaba varias fotos en digital al organismos vivo. Se los retiraba de la roca de forma manual, para evitar romperlos y se fijaban con formol al 5 %, neutralizado con bórax, se lo etiquetaba para ser analizado en el laboratorio; las valvas vacías no se consideraban para su densidad.

En el laboratorio, se volvía a fotografiar los detalles taxonómicos y se lo identificaba con la ayuda de un estéreo microscopio de 40 aumentos y claves taxonómicas de libros especializados.

La información se ingresa en excel, luego son pasadas a Lotus para hacer las tablas y gráficos que se arreglan con el programa Freelance, luego se graban en Power point para agregar detalles y posteriormente pegados a Word para su publicación.

RESULTADOS.-

En la zona intermareal rocosa de la provincia de Esmeraldas se encontraron nueve (9) especies de moluscos perforadores de rocas en cinco sitios estudiados: Tachina, Balao, Súa-Atacames, Punta Galera y Mompiche (Fig. 2)

La especie más abundante en la costa rocosa intermareal esmeraldeña es *Petricola denticulata*, que representa el 26,1 % de toda la diversidad malacológica que está degradando las rocas y acelerando la erosión del perfil costero (Fig. 3)

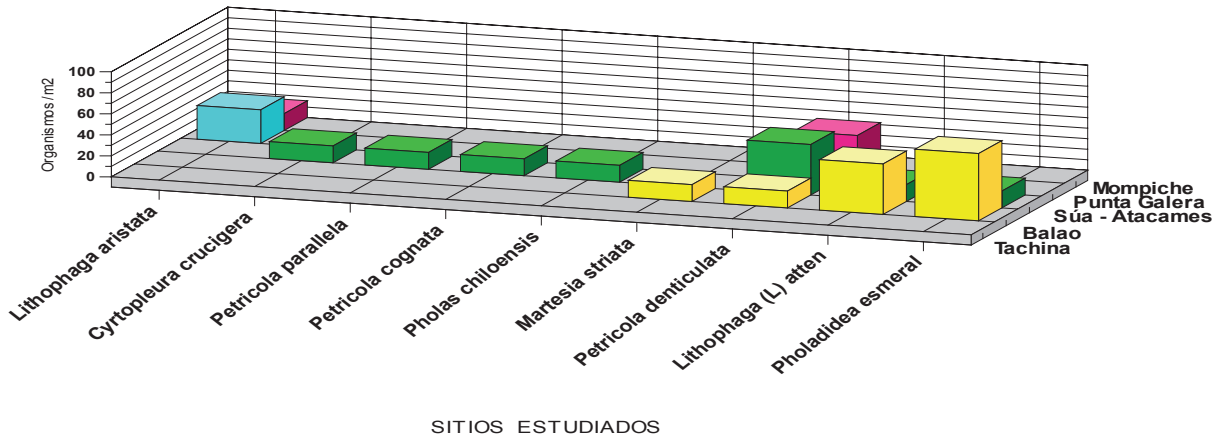

Fig. 2.- Nueve especies de moluscos bivalvos perforadores de rocas se observaron en la provincia de Esmeraldas

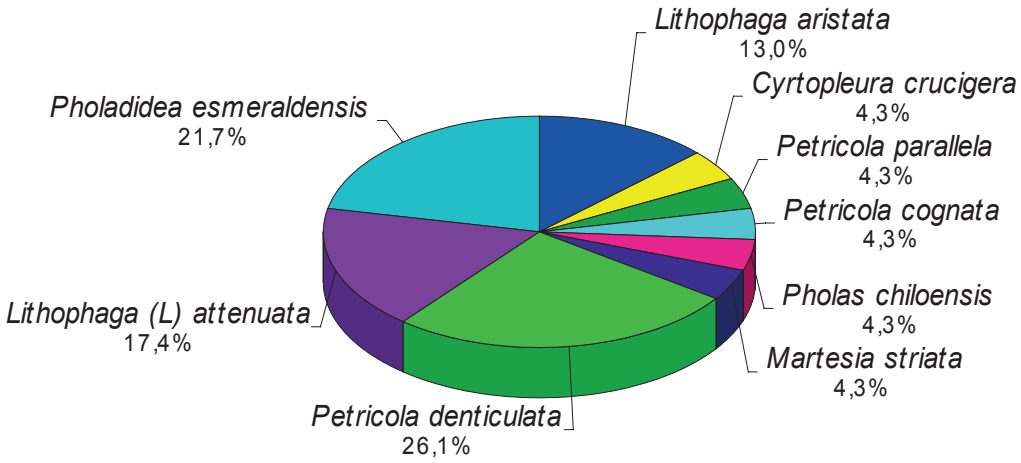

Fig. 3.- Se observa que Petricola denticulata con el 26,1% es la especie más abundante de las 9 especies encontradas en la provincia de Esmeraldas.

De los cinco sitios estudiados, en Tachina no se observaron moluscos perforadores de rocas porque en la zona rocosa intermareal, el sustrato duro está influenciado por el Rio Esmeraldas, hay un ambiente estuarino y está constituido por rocas blandas tipo limolita, que con una ligera presión se desmorona.

De los cuatro sitios donde se encontraron bivalvos perforadores, el sitio entre Súa y Atacames, en un área rocosa se encontró la mayor abundancia de especies, y representa el 39,1% (Fig. 4)

La mayor riqueza de especies, también se lo observó entre Súa y Atacames, representando el 50% del total de especies (Fig. 5)

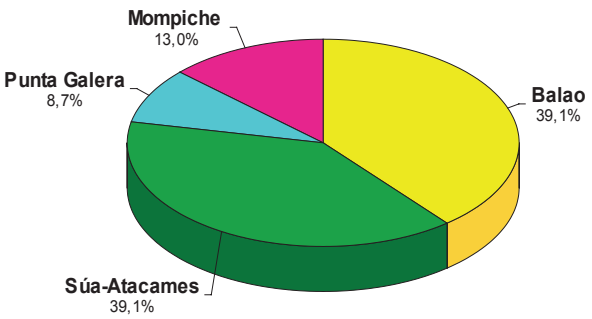

Fig. 4.- En la zona rocosa intermareal entre Súa y Atacames se encontró la mayor abundancia de los moluscos perforadores de rocas.

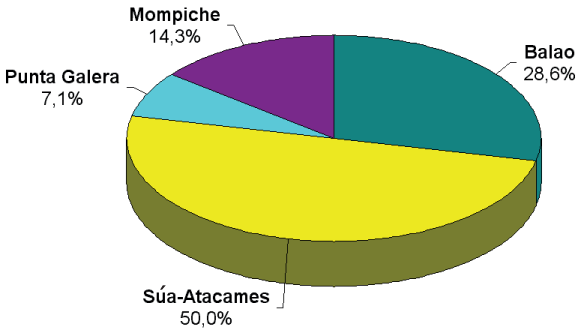

Fig. 5.- La mayor diversidad de especies, se encontró entre Súa y Atacames, representando el 50% de todas las especies de moluscos perforadores de rocas

SISTEMATICA Y DISTRIBUCIÓN.-

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758
Order Mytiloida Ferussac, 1822
Family Mytilidae Rafinesque, 1815

Breve descripción taxonómica .- Bivalvos con forma ovalada o de pera (mytiliforme), pequeñas a medianas de tamaño, umbo prosogiro que puede ser terminal o subterminal, charnela disodonta (dientes pobres) con dientecitos atrofiados o edéntula, ligamento externo-hundido opistodético distribuido en un área cardinal estrecha, dimiarios heteromiarios, integropaleados con el interior nacarado. La mayoría son bisíferos o pueden perforar rocas. En la costa esmeraldeña se encontraron dos especies de bivalvos perforadores de rocas (Fig. 6)

Lithophaga (Mioforceps) attenuata (Deshayes, 1836)

Diagnosis: Concha cilíndrica, más alargada que *L. aristata*, umbo prosogiro subterminal, donde se concentran las incrustaciones calcáreas con granulaciones finas, ligamento externo-hundido opistodético distribuido en un área cardinal estrecha, dimiarios heteromiarios, integropaleados con el interior nacarado. Las incrustaciones calcáreas se proyectan en la parte posterior y son rectas, (Foto 7a)

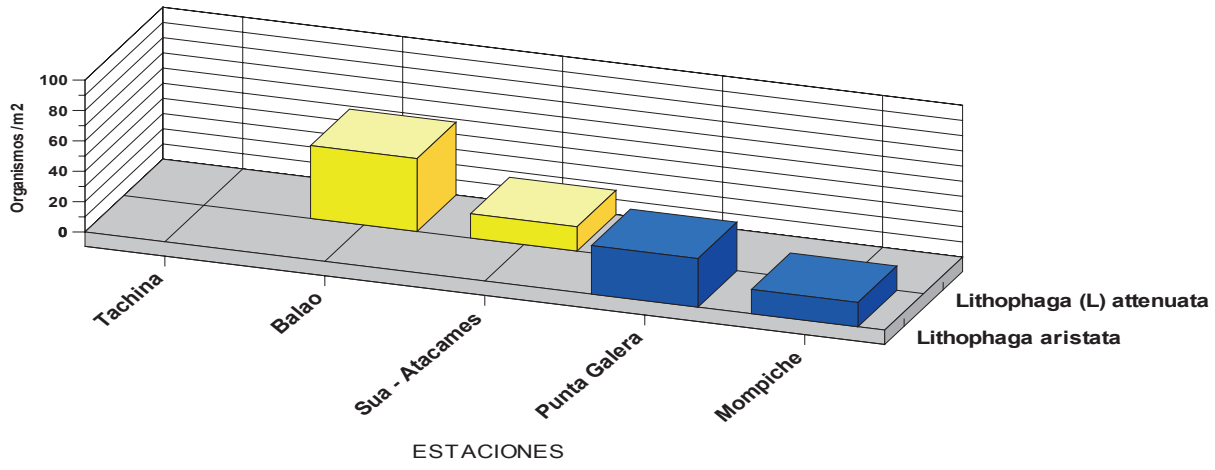

Fig. 6. En Balao se observó la mayor abundancia relativa de Lithophaga attenuata

Fig. 7.- Distribución de Lithophaga attenuata y Lithophaga aristata en la zona intermareal de la provincia de Esmeraldas

Distribución.- *L. attenuata* en el Pacífico Sud-este ha sido reportada desde California hasta Chile. En Esmeraldas se la observó en el 2003 y 2004 en Balao y en un área rocosa entre Súa y Atacames. (Fig. 7).

Lithophaga (Mioforceps) aristata (Dillwyn, 1817)

Diagnosis: Concha cilíndrica, delgada, parecida a un submarino, pequeña a mediana de tamaño, umbo prosogiro subterminal, lúnula lisa, posee incrustaciones calcáreas sobre las dos valvas, que son utilizadas como lija para erosionar y perforar rocas blandas. Las incrustaciones calcáreas se proyectan en la parte posterior y se doblan como las hojas de una tijera, siendo la característica principal de esta especie. (Foto 7b)

Distribución.- *Lithophaga aristata* es una especie que tiene una amplia distribución, se la ha reportado al oeste de África, el mar Mediterráneo, Mar Rojo, , Australia, Japón y en el Pacífico este desde Baja California a Perú (Keen, M. 12971). En Ecuador, se la ha observado en toda la costa ecuatoriana, pero en Esmeraldas se la observó en el 2000 y 2002 en dos sitios de la provincia de Esmeraldas, en Punta Galeras y Mompiche. (Fig. 7)

En los sitios o estaciones en la costa Esmeraldeña que tiene influencia estuarina o de un río, como Tachina, no se observaron moluscos perforadores de rocas (Fig. 7)

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758
Orden Veneroida
Familia Petricolidae

Breve descripción taxonómica.- Concha de forma ovalada-alargada, mediana de tamaño con umbo prosogiro subterminal, ligamento externo opistodético, charnela con dos dientes cardinales, sin dientes laterales, no presenta lúnula ni escudo, senopaleados con el interior porcelanado, viven en sustratos rocosos que lo perforan, raspando con los nudos o "dientecillos" que tienen sobre las estrías radiales de su escultura que generalmente es más fuerte en la parte anterior del organismo. Se han encontrado tres especies en la zona intermareal rocosa de la costa ecuatoriana. (Fig. 8)

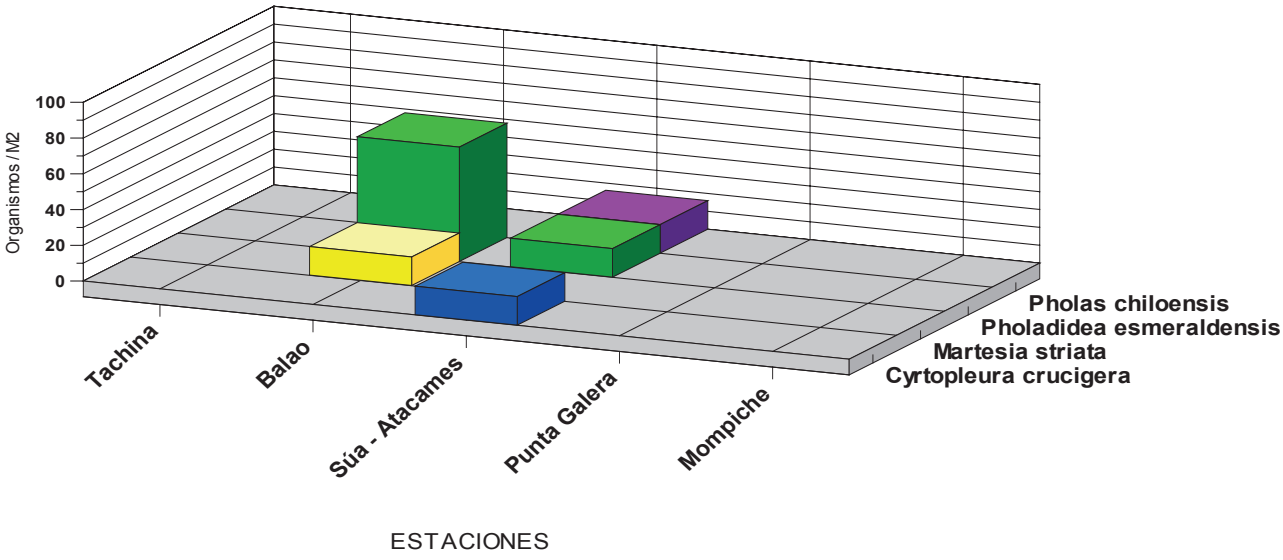

Fig. 8.- Entre Súa y Atacames se encontró la mayor abundancia de Petricola denticulata y la mayor diversidad de la familia Petricolidae

Petricola (Petricolaria) cognata C.B. Adams, 1852

De forma subcilíndrica, sólida, con las estrías radiales más fuertes en la parte anterior de la concha. Los dientes derechos de la charnela son más fuertes que los de la valva izquierda. Impresiones de los músculos aductores y la línea paleal son fuertemente marcadas, seno paleal ancho y redondeado. (Foto 9a)

Distribución.- *P. cognata* ha sido reportada solo para el área de Panamá (Keen, 1971), por lo que se estaría ampliando la distribución de estas especies hasta Ecuador y en la provincia de Esmeraldas se la observó en la zona rocosa entre Súa y Atacames. (Fig. 9)

Petricola (Petricolaria) parallela Pilsbry & Lowe, 1932

La forma subcilíndrica es mas alargada que *P. cognata*, la escultura con las estrías radiales en la parte anterior, presenta pocos nudos pero fuertes con los que raspan las rocas, seno paleal profundo y redondeado, se la ha reportado desde la zona intermareal hasta los 15 metros de profundidad. (Keen, M. 1971) (Foto 9b))

Distribución.- *P. parallela* ha sido reportado desde Baja California hasta Nicaragua. En el Ecuador, el autor la ha encontrado desde Esmeraldas hasta Chanduy y en la Provincia de Esmeraldas se la observó en el mismo hábitat que *P. cognata*, entre Súa y Atacames, ampliándose la distribución de esta especie desde California hasta Ecuador. (Fig. 9)

Petricola (Rupellaria) denticulata Sowerby 1834

Concha de forma cilíndrica-ovalada con la tendencia a ser ligeramente puntuda anteriormente, con la escultura más o menos uniforme en toda la valva. El seno paleal es ligeramente angular y puntudo y el interior presenta una coloración que puede variar de púrpura a café. Es común encontrarla en rocas blandas como arcilla dura o consolidada. Es una de las petricolas mas abundantes, y común en la costa Ecuatoriana, el autor la ha encontrado desde Balao hasta Chanduy, en el Golfo de Guayaquil. (Foto 9c)

Distribución.- *P. denticulata* Ha sido reportada desde Baja California hasta el Perú, el autor la ha encontrado en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y Guayas, menos en la Provincia de El Oro. En Esmeraldas se la observó en Balao, Súa-Atacames y Galera. (Fig. 9)

Fig. 9.- Distribución de Petricola cognata, Petricola parallela y Petricola denticulata, en la zona intermareal de la Provincia de Esmeraldas

Class Bivalvia Linnaeus, 1758
Orden Myoida
Familia Pholadidae

Breve descripción taxonómica.- Todas las especies de esta familia están adaptadas para vivir en orificios que ellos mismos hacen, algunas especies perforan madera, otras perforan rocas, piedras, otras conchas etc. y han desarrollado estructuras especializadas como los cóndilos dorsal y ventral, que le permiten rotar sus conchas y estructuras como los platos accesorios, (Protoplax, mesoplax, metaplax, hipoplax y sifonoplax), que protegen los espacios entre las dos valvas y los sifones inhalante y exhalante.

La ausencia de charnela le da mayor movilidad a las valvas, que no se lo impide el pequeño ligamento interno y para sostener las partes blandas poseen un apófisis calcáreo interno.

La conchas son inequilaterales, alargadas de forma cilíndricas, pequeñas de tamaño, umbo prosogiro, que puede ser ligeramente cubierto por la reflexión umbonal, el condróforo es pequeño, interior porcelanado, senopaleados y con tres músculos aductores, el anterior, ventral y posterior. Ciertas especies como Martesia, cuando son adultos, dejan de perforar y fabrican un callum que tapona el orificio pedal. Se encontraron cuatro especies de la familia Pholadidae (Fig. 10)

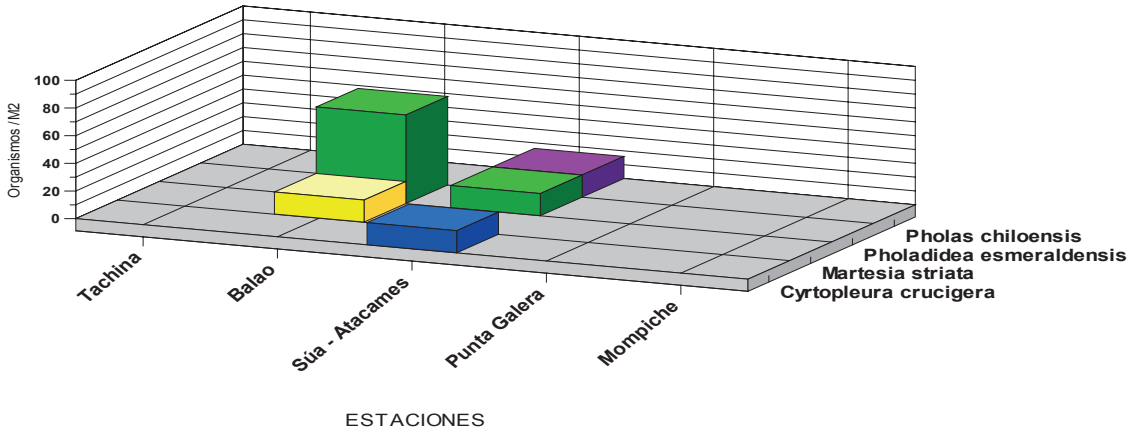

Fig. 10.- Pholadidea esmeraldensis presentó su mayor abundancia en Balao y la mayor riqueza de especies de la familia Pholadidae se observó entre Súa y Atacames.

Pholas chiloensis Molina, 1782

Concha ovalada alargada de tamaño mediano, que puede alcanzar más de 120 mm. presenta un protoplax dividido en dos partes y la reflexión umbonal es septada. Son raras o escasas, pero con amplia distribución en la costa ecuatoriana. (Foto 11 a)

Distribución.- *P. chiloensis* es una especie poco abundante, se la considera rara o escasa, el autor la ha encontrado en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena. En Esmeraldas se la observó solo entre Súa y Atacames. (Fig. 11)

Cyrtopleura crucígera (Sowerby, 1834).- Concha avalada-alargada de tamaño mediano con dos platos accesorios, un protoplax quitinoso y un mesoplax, se parece al género Pholas, pero no tiene reflexión umbonal septada, la escultura es finamente reticulada y son consideradas poco abundantes.(Foto 11b)

Distribución.- *C. crucígera* es una especie rara y poco frecuente, esta reportada desde México a Ecuador (Keen, M. 1971), pero no menciona el sitio. En Esmeraldas se la encontró entre Súa y Atacames. (Fig. 11)

Martesia striata (Linnaeus, 1758).- Concha de forma ovalada, pequeña de tamaño con tres platos accesorios, un mesoplax más o menos redondeado, un metaplax y un hipoplax. Cuando son adultos, cubren el orificio pedal con una capa calcárea denominada callum. Esta especie puede encontrársela perforando rocas o madera. (Foto 11c)

Distribución.- *M. striata* para el Pacífico este, esta reportada desde Baja California hasta el Perú. El autor la ha encontrado en las provincias de Esmeraldas y Manabí, en Esmeraldas se la observó en Balao, perforando rocas. (Fig. 11)

Pholadidea (Hatasia) esmeraldensis (Olsson 1961).- Concha de forma ovalada-alargada, pequeña de tamaño, con un mesoplax y reflexión umbonal no septada, el sifonoplax es desarrollado y siempre está presente. (Foto 11d)

Distribución.- *P. esmeraldensis* es una de las especies más abundantes y de amplia distribución en la costa ecuatoriana, el autor la ha encontrado en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena, en Esmeraldas se la observó en Balao y entre Súa y Atacames. (Fig. 11)

Fig. 11.- Distribución de Martesia striata, Pholadidea esmeraldensis, Pholas chiloensis y Cyrtopleura crucígera en la zona intermareal de la Provincia de Esmeraldas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

En la zona intermareal rocosa de la provincia de Esmeraldas existen nueve (9) especies de moluscos bivalvos que están degradando el perfil costero. De los cinco sitios o estaciones estudiados, en Tachina, que se localiza al norte de la desembocadura del río Esmeraldas, no se encontraron moluscos perforadores rocas por la ausencia de áreas rocosas y la influencia de los sólidos suspendidos del rio Esmeraldas.

En la costa de la provincia de Esmeraldas, *Petricola denticulata* con el 26,1% es la especie más abundante y los sitios o estaciones donde se encontró fueron Balao y Súa-Atacames con el 39,1 %, mientras que la mayor riqueza de especies se la observó en Súa-Atacames, representando el 50 % de la diversidad total.

Se considera que toda la diversidad de organismos perforadores de rocas observadas en la zona rocosa entre Súa y Atacames, presenta el sustrato y el ambiente marino ideal, existe poca intervención antropogénica, y no se evidenció influencia de descargas domésticas ni industriales, permitiendo que de las nueve (9) especies encontradas, siete (7) estén presentes en este sitio, que por su posición geográfica tiene influencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y muy poca influencia del río Esmeraldas, ya que sus aguas tienden a desplazarse hacia el norte del País.

Se amplía la distribución de las siguientes especies: *Petricola cognata* desde el área de Panamá hasta Ecuador. *Petricola parallela* desde Nicaragua hasta Ecuador.

En Tachina no se encontraron moluscos perforadores de rocas.

BIBLIOGRAFÍA

Bonilla Dolores. 1967.- Estudio de la familia Mytilidae en aguas Ecuatorianas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Químicas y Naturales, Universidad de Guayaquil. Pp. 1-50.

Coan, Eugene V. 1998. New distributional information for a rare Panamic *Petricola.* Festivus 30(5), pp. 59.

Cruz, Manuel 2009.- Ecología y Distribución de los Moluscos Bivalvos Perforadores de rocas (Familia Mytilidae) en la Costa Ecuatoriana del 2000 Al 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 15, No. 1, pp 151-164

Cruz, Manuel., Nikita Gabor, Elba Mora, Roberto Jiménez & James Mair. 2003. The known and unknown about marine biodiversity in Ecuador (Continental and Insular). Lo conocido y desconocido de la biodiversidad marina en el Ecuador (Continental e Insular). Gayana 67(2): 232- 260. ISSN 0717-652X.

Keen, A. M. 1971. Sea shell of tropical west América; marine mollusks from Baja California to Perú. 2nd ed. Stanford Univ. Press: Stanford, California. Xiv + 1064 pp.; 22 pls. (1 Sept).

Mair, James; Elba Mora y Manuel Cruz (Editores) 2002 Manual de campo de los Invertebrados bentónicos marinos: Moluscos, Crustáceos y Equinodermos de la zona Litoral Ecuatoriana. Universidad Estatal de Guayaquil y Heriot-Watt University. pp: 1-108

Mora, E. 1990.- Catálogo de Moluscos bivalvos marinos del Ecuador. Bol. Cient. y Tec. INP Vol. X, No. 1, pp. 1-136

Morton, B. 1993. How the 'foreceps' of *Lithophaga aristata* (Bivalvia: Mytiloidea) are formed. Journal of Zoology (London) 229(4), pp. 609-621.

Scott, P.J.B. and M.J. Risk. 1988. The effect of Lithophaga (Bivalvia: Mytilidae) boreholes on the strength of the coral *Porites lobata.* Coral Reefs 7(3) pp. 145-151.

Subba Rao, N.V. and K.V. Surya Rao. 1981. Occurrence of a coral boring bivalve *Gregariella coarctata* (Carpenter) (Bivalvia: Mytilidae) in the Indian waters . Bulletin of the Zoological Survey of India 4(2), pp. 213- 215.

Turner, R.D. and A.C. Johnson. 1971. Biology of Marine Wood-Boring mollusks. Marine Borer, Fungi and Fouling Organisms of Wood. Chapter 13, pp. 259-301

Páginas web visitadas:

- www.inocar.mil.ec Boletín de alerta climático. No. 117, junio de 2000. Comisión Permanente del Pacifico Sur, CPPS

- www.inocar.mil.ec Boletín de alerta climático. No. 124, enero de 2001. Comisión Permanente del Pacifico Sur, CPPS

- www.inocar.mil.ec Boletín de alerta climático. No. 139, abril de 2002. Comisión Permanente del Pacifico Sur, CPPS

- www.inocar.mil.ec Boletín de alerta climático. No. 150, marzo de 2003. Comisión Permanente del Pacifico Sur, CPPS

- www.inocar.mil.ec Boletín de alerta climático. No. 169, octubre de 2004. Comisión Permanente del Pacifico Sur, CPPS

- www.inocar.mil.ec Boletín de alerta climático. No. 180, septiembre de 2005. Comisión Permanente del Pacifico Sur, CPPS

- http://shells.tricity.wsu.edu/ArcherdShell Collection/Bivalvia/Mytilidae.html

PARTICIPACIÓN EN LA CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN DE RECURSOS MARINOS EN GALÁPAGOS A BORDO DEL SUMERGIBLE JOHNSON SEA LINK, JULIO DE 1998.

María Elena Tapia[1]

RESUMEN

En Julio de 1998, el sumergible norteamericano Johnson Sea Link del Instituto Harbor Branch de la Florida realizó investigaciones submarinas en las Islas Galápagos. Las islas poseen áreas hidrotermales ricas en biodiversidad marina que aún no han sido exploradas por el hombre y que podrían proveer importantes recursos marinos que aún no han sido descubiertos. El presente muestreo se realizó con la finalidad de explorar estos recursos marinos en la zona oeste de la Isla Isabela, además de ser el sitio donde se originan las islas y se encuentran las especies que comienzan a colonizar sustratos duros y rocosos.

Se realizaron inmersiones hasta 3500 metros de profundidad durante un lapso de 6 horas, alcanzando presiones muy altas. La ubicación del sumergible fue monitoreada por su buque acompañante, el R/V Seward Johnson de bandera norteamericana.

Dos tipos de muestras fueron colectadas: Las primeras para ser mantenidas vivas y las otras fueron preservadas para llevarlas al Museo de Historia Natural de la Florida. Adicionalmente, se colectaron algas marinas para la elaboración de medicinas naturales.

ABSTRACT

In July 1998, the submersible Johnson Sea Link from the Marine Research Institute Harbor Branch of Florida developed research at Galapagos Islands. Unexplored hydrothermal areas in the islands which are rich in biodiversity could provide important marine resources that have not been discovered yet. Thus, the aim of this survey was to explore these resources at the west of Isabela Island besides being the site where they originate are islands and species begin to colonize substrates hard and rocky

Immersions till 3500 meters depth were performed during a time frame of 6 hours. The location of the submersible was monitored by its support ship, the R/V Seward Johnson American flag.

Two types of samples were collected: the first ones were kept alive and the others were preserved to be transported to the Natural History Museum of Florida. Marine algae were also collected in order to manufacture natural medicines.

1 Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur.
Email: maria.tapia@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones de los fondos oceánicos siguiendo los métodos de la geología continental empleando los sumergibles requieren recursos más variados y complejos. Es así que se ha hecho necesaria la formación de grupos internacionales, como la asociación entre franceses y norteamericanos en el proyecto FAMOUS en un área del dorsal Mesotlántica al suroeste de las Azores y en la Fosa Caymán del Caribe.

Se ha observado la actividad biológica a grandes profundidades como distribución de peces, esponjas, corales estableciéndose una estrecha relación con las condiciones oceanográficas físicas y geológicas. Se han realizado mediciones sobre la degradación de los desechos orgánicos, y recuperación de poblaciones de las grandes profundidades para tratar de conocer el impacto que producirá la minería suboceánica a la eliminación de desechos en el mar (Treves, 1976).

El primer sumergible fue construido en 1620 por Cornelius Jacobszon Drebbel, un holandés al servicio de Jaime I de Inglaterra. Estaba propulsado por medio de remos, si bien su naturaleza exacta es objeto de cierta controversia algunos afirman que era simplemente una campana remolcada por una barca.

En 1973 descendió el sumergible Johnson Sea Link, del que solo se ha encontrado una foto en el libro Mundo Submarino de Cousteau, manejado por la Smithsonian Institution para realizar un estudio sobre la zona de los hundimientos(Ballard,1975). Según la revista Time la inmersión estaba prevista para "*Una hora a unos pocos cientos de pies*". Pero el pequeño sumergible quedó atrapado en la red de cables y antes de que se pudiera liberar sus tripulantes habían muerto.

Aunque los primeros vehículos sumergibles eran meras herramientas para exploraciones subacuáticas, a los inventores no les costó mucho advertir su potencial de utilidad en el campo militar.

Los buques subacuáticos con movilidad limitada, destinados a permanecer en el mismo lugar durante la mayor parte de su tiempo de uso, como los usados para rescate, investigación o salvamento, suelen denominarse sumergibles. Los sumergibles suelen ser llevados a su zona de operación por barcos comunes o grandes submarinos y tienen una autonomía muy pequeña. Muchos sumergibles funcionan conectados como un cordón umbilical a un buque nodriza (submarino, buque de superficie o plataforma), que les suministra aire, electricidad y están en comunicación permanente con los investigadores.

Todos los sumergibles modernos pequeños, así como los más antiguos, tienen un solo casco (Aryana,1975). En el Buque de Investigación R/V Seward Johnson del Instituto Oceanográfico Harbor Branch de la Florida, USA se navegó durante un mes alrededor de las Islas Galápagos y la experiencia de haber participado de una inmersión en el Sumergible Johnson Sea Link durante 6 horas en el fondo del mar a una profundidad de 3.500 metros al oeste de la Isla Isabela. Se puede considerar afortunadas las personas que tuvieron la oportunidad de observar *in situ* muchos organismos marinos pintorescos y otros aberrantes, cabe mencionar que los objetivos de esta expedición científica fueron:

• La filmación de la película Galápagos 98-IMAX.

• La colección de muestras bentónicas para el Museo de Historia Natural de California, Parque Nacional Galápagos e INOCAR (Foto 1).

• Colectar organismos para fines de la industria médica.

El sumergible era piloteado por un Ingeniero Naval, 03 científicos apoyados por un equipo de casi 70 expertos a bordo del buque oceanográfico y que efectuaron pruebas de funcionalidad del sumergible, investigaciones científicas y colección de muestras del fondo del mar.

El desafío de esta misión consistió en que

el sumergible era **sometido a una presión extremadamente alta**, mucho mayor que la de 3.500 metros de profundidad, con un sistema de presión hidráulica del sumergible para que pueda soportar la alta presión y las bajas temperaturas a las profundidades mencionadas.

El sumergible **equipado automáticamente, tenía conexión directamente con el buque, para una comunicación permanente entre los investigadores.**

IMPLEMENTACIÓN Y UTILIDAD.

El R/V Seward Johnson está equipado con una grúa y un marco sobre la popa. En el lapso de diez minutos, tres miembros de la tripulación pueden lanzar el sumergible. El operador levanta la cubierta y la coloca en el agua, un proceso supervisado por el coordinador de operaciones sumergibles, que permanece en contacto con el miembro de la tripulación para el funcionamiento del buque. Otro miembro de la tripulación se encarga de las líneas de la grúa.

El sumergible se puede implementar incluso en condiciones de mar moderadamente rigurosas con unos 3 a 6 pies de alto, pero la decisión de desplegar puede ser subjetiva, el coordinador de las operaciones sumergibles puede decidir no desplegar en el caso que las olas vengan en ambas direcciones, lo que se conoce como un "mar confusa", o si se detectan que se infla bajo la superficie.

Este equipo es altamente flexible y adaptable. Se utiliza para estudiar tanto en el ámbito de aguas profundas, inspeccionar los vertederos, realizar tareas de búsqueda, recuperación, y realizar misiones submarinas arqueológicas. Una inmersión típica dura aproximadamente 6 horas. El sumergible puede flotar entre dos aguas fuertes y el resto en el fondo del mar para permitir a los investigadores realizar observaciones y recoger muestras, parece que es fácil de manejar y se puede navegar por pendientes submarinas y topografías de fondos complicados.

El sumergible está equipado con el exterior y cámaras de vídeo, esta cámara se basa en una plataforma que se puede extender hasta 8 metros de la embarcación. Un brazo robótico hidráulico puede manipular múltiples dispositivos de muestreos. Un tubo de aspiración utiliza una aspiradora para "sorber" hasta muestras delicadas, como los peces, corales u otros invertebrados bentónicos.

Además cuenta con un sistema de sonar activo, lámparas de arco de xenón. Las luces iluminan las escenas bajo el agua en "color amarillo", se asemeja a la luz del día. El equipo antes de bajar es probado y revisado previo a soportar la presión de las profundidades del mar.

El Johnson Sea Link es de propiedad y operado por científicos y técnicos del Instituto Oceanográfico Harbor Branch de la Florida con una capacidad de 20,6 metros de largo, 10,9 metros de altura y 8,3 pies de ancho, estos sumergibles altamente maniobrables puede llegar a una profundidad de 4.000 metros y viajar a una velocidad máxima de un nudo.

El sumergible llevaba una tripulación de cuatro personas en dos compartimentos separados. El compartimiento del piloto hacia adelante era una esfera de acrílico y un diámetro de 5 pies (1,5 m), proporcionando una vista panorámica submarina para el piloto y un acompañante observador, en la parte de atrás para dos observadores, posee dos cascos de presión separados.

Cabe mencionar que el acrílico es un buen aislante y dificulta la conductividad de las temperaturas frías del océano, el compartimento delantero posee aire acondicionado. La segunda cámara, el compartimiento de popa, alberga otro miembro de la tripulación y un segundo observador. Los ocupantes tienen acceso a dos puertos de la vista lateral y un monitor de video hacia el buque.

Una grúa A-Frame en la popa del buque R/ V Seward Johnson se utiliza para lanzar y recuperar el sumergible Johnson Sea Link en sus múltiples inmersiones hacía el fondo marino.

Expediciones: Un cambio en el enfoque.

La sostenibilidad ya no es ecológicamente ni económicamente factible considerar el medio ambiente marino como una fuente ilimitada de muestras marinas para el descubrimiento de fármacos. En 1996, el interés de las expediciones está encaminado a colectar ejemplares marinos con el propósito de obtener agentes terapéuticos potenciales para combatir o prevenir enfermedades.

Los genes implicados en la regulación de las enfermedades están aumentando de forma exponencial. Cada avance ofrece una nueva oportunidad para la intervención en la enfermedad y el descubrimiento de fármacos con efectos secundarios reducidos. A través de las asociaciones con la industria, se continúa implementando nuevos productos con fines medicinales.

Sitios de las inmersiones del Sumergible Johnson Sea Link.

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 1º40´norte con la isla Darwin hasta 1º30´sur con la isla Española, y desde el meridiano 89º W con la isla San Cristóbal hasta el meridiano 92°W con la isla Darwin, (Knauss ,1966). Se navegó por todas las Islas Galápagos por un período de 30 días y se realizaron inmersiones en la mayoría de las islas de acuerdo a las profundidades existentes (Fig. 1).

Figura 1. Ubicación de los sitios de las inmersiones del Sumergible Johnson Sea Link durante julio de 1998 en la Isla Isabela, Islas Galápagos.

Foto 1. Vista general del R/V Seward Johnson del Instituto Harbor Branch de la Florida- EEUU.

COLECCIÓN DE MUESTRAS

El Instituto Oceanográfico Harbor Branch tiene una extensa colección de organismos marinos para apoyar el programa de investigación científica. Muchos de estos ejemplares fueron recolectados a través de los sumergibles Johnson Sea Link I y II, tienen capacidad para la recogida de especies marinas frágiles desde el fondo del océano sin destruirlos, utilizando un brazo hidráulico para succionar los organismos, este se encuentra localizado en la parte delantera del sumergible. Los sumergibles tienen la capacidad de recoger muestras de los sitios incluidos los arrecifes coralinos profundos que no son accesibles mediante redes de arrastres o dragas (Foto 2 -3).

Foto 2. Vista frontal del Sumergible Johnson Sea Link, previo a la inmersión (Dra. Tapia).

Foto 3. Vista panorámica del Sumergible Johnson Sea Link.

El programa de exploración, ha documentado numerosos hábitats de aguas profundas proporcionando un primer vistazo a la increíble diversidad de especies bentónicas y demersales presentes en aguas profundas de coral y de los hábitats de fondos duros. Esta información ha sido incorporada en numerosos informes y ha dado lugar a planes de manejo para la conservación de algunas de estas áreas, incluyendo sus recomendaciones para la protección del Parque Nacional Galápagos.

Una iniciativa reciente ha sido la de crear un Arca Molecular que conserva el ADN de todas las muestras recogidas de aguas profundas en los últimos siete años. Este repositorio ofrece colaboradores científicos de todo el mundo para estudiar la diversidad taxonómica, diversidad genética, potencial biocinética y las comunidades microbianas de estos ejemplares en aguas profundas.

INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA MARINA

Explorando la biodiversidad

Al igual que la selva, el fondo o piso marino ofrece un recurso excepcional de la biodiversidad. La naturaleza sésil de muchos organismos marinos les ha llevado a desarrollar un inventario único de las sustancias químicas que se utilizan para su defensa, la reproducción y la comunicación (Treves, 1976). La misión de la división de investigación biomédica marina es el estudio de esta biblioteca de compuestos con el fin de descubrir nuevos tratamientos para diversas enfermedades. Adicionalmente en el Museo de Biología Marina del INOCAR se encuentra preservada una colección de especies bentónicas marinas (Fotos 4-5 y 6).

CONCLUSIONES

• Las investigaciones a grandes profundidades oceánicas desde sumergibles, ha quedado demostrado que son factibles y proporcionan variada información de las especies marinas existentes en el fondo marino. El impulso que ha recibido la exploración submarina mediante este nuevo método se viene reflejando en el campo de la Oceanografía biológica.

• Antes de empezar la inmersión submarina e ingresar al Sumergible se procedió a realizar chequeos cardíacos, peso corporal a cada uno de los navegantes.

Foto 4. Pez sapo N.C: Lophiodes sp, identificado por el Dr. John Mc.Cosker.

Foto 5. Pez murciélago N.C: Ogocephalus darwini,identificado por el Dr. John Mc. Cosker.

Foto 6. Estrella de mar N.C: Asteria rubens, identificado por el Dr. John Mc.Cosker.

• Es importante la preservación y conservación de los recursos marinos existentes en las Islas Galápagos sobre todo los que se colectaron a los 3.500 metros de profundidad.

• El tiempo que dura en bajar el Sumergible al fondo marino fue de aproximadamente 45 minutos, hasta llegar al sustrato plano para proceder a la colección de muestras demersales mediante el uso de un brazo hidráulico.

• Siendo una experiencia muy maravillosa y que vale la pena que otros biólogos ecuatorianos la experimenten, y conozcan la gran diversidad de especies marinas existentes y otras que faltan por ser estudiadas e identificadas taxonómicamente.

• Se recomienda continuar fomentando la investigación marina en nuestro país con el diseño y construcción de un sumergible por parte de expertos ecuatorianos contribuiría con esta misión, permitiendo alcanzar sitios aún no explorados de nuestra Plataforma Continental e Insular.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a los MSc. Christian Naranjo, Gabriela Alvarez, Manuel Cruz por su apoyo incondicional en la revisión del inglés y las valiosas sugerencias vertidas al documento. También se agradece a los Directivos del INOCAR, Científicos del buque Seward Johnson y al Oc. Rodney Martínez.

BIBLIOGRAFÍA:

Arcyana M. 1975. Transform Fault and rift Valley from Bathyscaph and diving Soucer, Science. Vol. 190. No. 4210:108-116.

Ballard, R. 1975. Manned Submersible observations in the FAMOUS area: MIO-ATLANTIC RIDGE. Science, Vol. 190, No.4210:103-108.

Cousteau, J. 1991. Mundo submarino, J. RBA Editores. Volumen II.

Treves Néstor. 1976. Exploración submarina en Sumergibles. Deep Sea Research By Manned Submersible Science. Vol.194, No. 4262: 294-299.

Páginas consultadas en Internet:

http://es.wikipedia.org/wiki/Submarino, consulta febrero 22 de 2013.

http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,879228,00.html,consulta marzo 5 de 2013.

http://www.kwahs.com/labels/Navy%20sinks%20ship.html, consulta abril 20 de 2013.

PRONÓSTICO DE TSUNAMIS PARA LAS ISLAS GALÁPAGOS

Willington Rentería[1]

RESUMEN

Este estudio presenta la implementación de un sistema de Pronóstico de Tsunamis para las Islas Galápagos. Este sistema, consiste en el desarrollo de modelos de pronóstico de tsunamis de corto y de largo plazo. El primero es utilizado en tiempo real, una vez que se conozca la ocurrencia de un tsunami en el Océano Pacífico, a fin de conocer los efectos físicos que el evento producirá a su impacto con las Islas. Mientras que el pronóstico de largo plazo, servirá para identificar las zonas de generación de tsunamis de potencial peligro para las islas, así como también, tener una referencia inmediata para la evaluación de un evento en particular.

El modelo numérico utilizado para la ejecución de ambos pronósticos es el MOST(Method of splitting Tsunami)[1] con la metodología ComMIT(Community Model Interface for Tsunami)[2], la metodología ha sido adaptada a las condiciones particulares locales.

Keywords: pronóstico, tsunamis, Galápagos

ABSTRACT

This study present the implementation of a Tsunami forecast system for Galapagos Islands. This system is formed by the development of short and long term forecast models. The first is used in real time, with the information of the ocurrence of a tsunami event in the Pacific Ocean, in order to predict the physical effects of the impact on islands. While , the long term forecast, is used to identify tsunami generation zones with potential threat to damage the islands and also is used to have a reference to evaluate an particular event.

The numerical model used to get both forecasts is MOST(Method of splitting Tsunamis) with ComMIT methodology (Community Model Interface for Tsunami),which has been adapted to local conditions.

(1) Centro de Investigaciones Marinas Galápagos Instituto Oceanográfico de la Armada Puerto Ayora, Santa Cruz-Galápagos Ecuador
wrenteria@inocar.mil.ec

I. INTRODUCCIÓN

Debido a su ubicación geográfica las Islas Galápagos se encuentran en un alto nivel de exposición a los tsunamis que suceden en el Océano Pacífico. A pesar de no tener una fuente cercana para la generación de sismo-tsunamis, su localización hace que se encuentre en el paso obligado de los tsunamis que transitan por este océano. Su nivel de exposición es distinto al de la costa ecuatoriana, que tiene la zona de subducción a unos cuantos kilómetros, Galápagos por su parte posee una configuración litoral omnidireccional, lo que expone a sus poblaciones costeras a las diferentes amenazas tsunamigenicas, provenientes de las varias zonas de subducción del Pacífico.

Para responder a la amenaza de tsunamis, tanto para Galápagos como para las provincias costeras, el Ecuador es parte del Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico, cuyo punto focal es el Instituto Oceanográfico de la Armada, con su Centro Nacional de Alerta de Tsunamis. Este Centro recomendó al Gobierno las acciones a seguir, luego de los tsunamis de Febrero 28, 2010 y Marzo 11, 2011; generador por sismo de magnitudes 8.8 y 9.0, respectivamente en la escala de momento sísmico. En ambos casos, esta recomendación se basó en la aplicación de Procedimientos Operativos Standard, los que permiten una rápida evaluación del evento en función de la localización del epicentro, magnitud del sismo y profundidad del hipocentro, principalmente. Esta información es reforzada con el análisis de eventos históricos en la zona sismo-generadora, la distancia al epicentro del evento sísmico y el tiempo de arribo de las olas generadas por el tsunami. Todas estas variables forman parte de una matriz de decisión, que se concreta al momento de evaluar el nivel de amenaza que presenta un evento tsunami-génico al generarse. Sin embargo, aunque este proceso garantiza una evaluación objetiva del evento, permitiendo en primera instancia alertar o no a la población; este proceso no entrega información respecto a los posibles efectos que el tsunami pueda generar al momento de arribar a las costas. Este tipo de información se puede conseguir solamente a través de una simulación del evento y con la sistematización de datos que permita un pronóstico operacional de tsunamis.

La necesidad de herramientas operacionales que produzcan un adecuado pronóstico de tsunamis y que permitan una rápida evaluación de los eventos, ha sido discutida ampliamente en[3], donde se realiza un análisis prospectivo del estado de los sistemas de pronóstico de tsunami existentes, los retos y cambios en los modelos vigentes. La razón por la que esta información es importante, es porque permite una cuantificación de los datos de la máxima distancia de inundación, la altura de flujo, y la velocidad de las corrientes. Con esta información disponible al menor tiempo posible, las autoridades competentes pueden organizar rápidamente la respuesta para hacer frente a la situación.

El presente estudio tiene por objeto presentar una propuesta de pronóstico operacional de Tsunamis para las Islas Galápagos, el mismo que incluye la generación de modelos de inundación para tres diferentes lugares de las islas, y que pueden ser utilizados en el corto plazo, es decir, inmediatamente luego de ocurrido del tsunami a fin de conocer cuantitativamente los efectos del mismo. Así mismo, se presenta la generación de pronóstico de tsunamis pre-computados, para 103 zonas sismo-generadoras, que para fines de gestión de riesgos, pueden ser utilizadas para identificar cuales serian las zonas que presenten una amenaza potencial una vez que produzcan un tsunami.

La base de esta propuesta será el empleo de la herramienta ComMIT/MOST, cuya metodología será explicada de manera sucinta en este documento. Los resultados de la propuesta de corto plazo, son validados con los datos levantados de los efectos del tsunami de Tohoku en las costas de Galápagos; además se expondrá la utilización de los resultados del pronóstico de largo plazo y su uso en el Centro de Investigaciones Marinas Galápagos.

II. METODOLOGÍA COMMIT/MOST

A. Modelo numérico MOST

A continuación se realizará una descripción comprensiva del modelo, que es la base para el modelamiento numérico de la presente propuesta, sin embargo, mayor información se puede encontrar en[4],[5].

El modelo MOST(Method of Splitting Tsunamis) se deriva del modelo VTCS [4] y su formulación matemática consiste en convertir las ecuaciones bidimensionales no-lineales de aguas someras integradas en la vertical, en dos sistemas de ecuaciones hiperbólicas, para las dimensiones espaciales en el plano horizontal, esta conversión se realiza usando el método de pasos fraccionales[6]. MOST obedece a esta formulación matemática para la simulación de la propagación del tsunami, sin embargo el código también incluye la simulación de las etapas de generación del tsunami e inundación o impacto costero.

MOST, consiste en tres etapas, la primera que es la simulación del proceso de generación y se basa en el modelo de plano de falla de la fuente sismo-generadora desarrollado por Okada [7], y asume la incomprensibilidad de la columna de agua ubicada sobre el plano de falla. MOST calcula las condiciones iniciales de perturbación en base a esa deformación estática del suelo marino. La principal asumpción, es que esta deformación ocurre tan rápidamente que la perturbación en la superficie del mar es un reflejo de lo que ocurre al nivel del suelo marino, ya que la velocidad horizontal de la propagación de la perturbación es mucho menor que la velocidad con la que se transfiere la perturbación en la vertical.

En la segunda etapa, el modelo simula la propagación de las ondas, aplicando un sistema de grillas anidadas. Aquí el modelo MOST, utiliza la formulación matemática de la separación de las ecuaciones y las discretiza utilizando el método de diferencias finitas en un esquema explícito, con una aproximación de segundo y primer orden, en espacio y tiempo respectivamente. Con estas ecuaciones se computa los valores de las invariantes de Riemann, obtenidas luego de la aplicación de los pasos fraccionales y que se utilizan para calcular los valores de U, V y H, que son respectivamente el componente de velocidad en X, en Y y la perturbación del nivel del mar. Así mismo, este modelo ha sido probado para diferentes eventos [8],[9].

La última etapa es la de inundación, para esta se necesita convertir el borde del dominio computacional en uno dinámico; en esta fase, el modelo aplica un algoritmo que de acuerdo a la relación tiempo/espacio proyecta el avance de la ola sobre el perfil de la costa, utilizando el valor del último nodo dentro del dominio computacional, y de esta manera ir incrementado el borde tierra adentro. En esta etapa se busca calcular el "run-up", en base a la altura alcanzada por las aguas y la distancia inundada desde el límite del borde en las condiciones iniciales.

Cabe destacar que el cálculo de "run-up", es un campo activo de la investigación[10] del comportamiento de las olas al momento de arribar a las costas. El grado de dificultad al momento de calcularlo se debe al incremento de los efectos no lineales provocados por el cambio del fondo marino (batimetría) tanto en la vertical como en la horizontal. Una buena referencia respecto al calculo del runup se puede encontrar en [11].

B. Metodología ComMIT/MOST

El ComMIT/MOST es una iniciativa del PMEL/NOAA(Pacific Marine Environmental Laboratory/ National Ocean Atmosphere Agency) para implementar una comunidad de intercambio en el modelamiento de tsunamis [2]. Su objetivo es proveer de una plataforma con una interfaz grafica intuitiva para el modelamiento numérico de tsunamis. Esta interfaz gráfica permite que de una manera sencilla que se ingresen los parámetros que necesita el modelo MOST para la simulación del Tsunami. ComMIT/MOST fue pensado para ser empleado por personal entrenado[2], sin necesidad de ser científico experto en tsunamis.

ComMIT/MOST se basa en el empleo de la herramienta operacional SIFT(Short-term Inundation Forecast for Tsunami), y de SIMs (Standby Inundation Models). El SIFT consiste en escenarios de propagación de tsunamis pre-computados, ligados a una fuente generadora conocida, cuyos parámetros y ubicación han sido escogidos para garantizar la generación de un tsunami, tomando como referencia la historia sísmica de cada sitio[12], estas reciben el nombre de unidades fuentes. Los SIFTs han sido almacenados en bases de datos y son extraídos conforme la necesidad de simular eventos particulares de acuerdo a cada región. Mientras que los SIMs, consisten en un conjunto de grillas que forman parte del dominio computacional, en el que se desarrollará la simulación; estas grillas deben cumplir ciertos requisitos a fin de garantizar el menor tiempo de ejecución de los modelos, para lo cual se debe armonizar entre las dimensiones de cada grilla, la resolución y el tiempo en el que se quiere obtener los resultados.

El empleo del ComMIT/MOST, de los SIFTs y los SIMs, consiste en un sistema operacional que permite el modelamiento rápido del tsunami. El uso del usuario final se puede dar en dos diferentes modos: manual y con solución numérica. En el modo manual, de acuerdo a los parámetros del sismo, el usuario escoge las unidades fuentes e ingresa los parámetros para la combinación lineal de las mismas. Esta combinación produce las condiciones iniciales y de borde dinámico que son empleadas por el modelo MOST para la simulación del tsunami en el área escogida a través de los SIMs. Con solución numérica, los parámetros de combinación y las unidades fuentes necesarias, se obtienen refinando la solución manual utilizando los datos de la boya DART[9].

Ambas soluciones se basan en que la propagación del tsunami en el océano profundo es mayormente lineal[13], ya que la amplitud de las olas es muy pequeña en comparación con la longitud de onda, de esta manera la soluciones pre-computadas de los SIFTs pueden combinarse linealmente para simular un tsunami que resulte de la combinación de las unidades fuentes.

$$(1) \qquad T_M = \mu L W \sum_{1}^{k} u_k$$

Las unidades fuente que se combinan, utilizan los parámetros conocidos μ, L, W que son el coeficiente de rigidez, la longitud y ancho del plano de falla, respectivamente; uk, representa el slip que se necesita aplicar a cada unidad fuente para simular un sismo-tsunami, con la magnitud similar al evento que quiere modelarse.

Como se mencionó anteriormente, en el proceso manual los valores del slip, son escogidos manualmente empleando (1) hasta conseguir un magnitud de tsunami que represente su contraparte de magnitud de momento sísmico, para lo cual se emplea la relación Mw= (2/3) log(Mo).

En la solución numérica, se emplea un algoritmo inverso, que utiliza series de tiempo extraídas de cada unidad fuente g(t)j,k, en la posición de la boya DART, para combinarlas linealmente y obtener una serie de tiempo similar a la obtenida en tiempo real por la boya DART, d(t)j.

$$(2) \quad d(t)_j = \alpha_1 g(t)_{j,1} + \ldots + \alpha_k g(t)_{j,k} + e_j$$

Los coeficientes para la combinación lineal se obtienen a partir de la obtención del error mínimo cuadrado, entre la serie de tiempo real y las series de tiempo pre-computada usadas para la solución. Este algoritmo se encuentra ampliamente explicado en [9].

De esta manera se consigues las condiciones iniciales y de borde dinámico para la simulación de eventos en las comunidades costeras. Con esto se obtiene una aproximación del tiempo de arribo y altura de ola, así como su inundación, información que como se mencionó antes permitirá una rápida organización de la respuesta.

III. EFECTOS DEL TSUNAMI TOHOKU JAPÓN 2011, EN LAS COSTAS DE LAS ISLAS GALÁPAGOS

En marzo 11, a las 05:46 UT ocurrió un sismo de magnitud 9.0, el cual produjo un tsunami que azotó varias localidades a largo de las costas del Océano Pacifico. Tras este tsunami el Estado Ecuatoriano emitió una alerta y orden de evacuación para todas sus costas y región insular. Adicionalmente se dispuso la paralización de las actividades marítimas, obligando además el

desvío del tráfico marítimo y la prohibición de ingresar a las bahías y puertos de Galápagos.

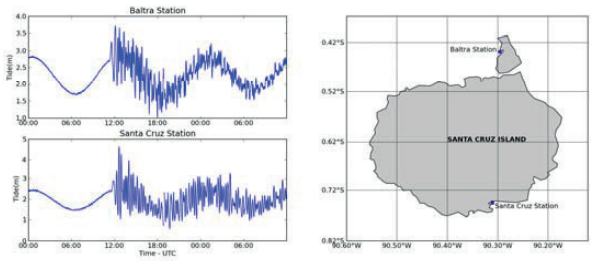

Figura 1 Registro mareográfico del tsunami de Japón, Marzo 2011, en Puerto Ayora-Isla Santa Cruz y Puerto Seymour-Isla Baltra.

Este tsunami fue registrado por dos mareógrafos y un correntómetro en las Islas Galápagos[14], [15]. El impacto del tsunami en las islas dejó grandes afectaciones a la ciudad de Puerto Ayora en Santa Cruz, Galápagos, la misma que fue la más afectada de los lugares poblados en las islas. Aunque se tiene el registro del mareógrafo de Puerto Ayora, este sitio no fue mayormente afectado.

El registro mareográfico del arribo de las olas (Figura 1), muestra que las perturbaciones se mantuvieron persistentes por aproximadamente tres días, hasta que la superficie del mar retornó a su estado habitual.

En los días posteriores al tsunami, Lynett et al.,(2011) realizaron un levantamiento de los impactos del tsunami sobre las costas de Galápagos; de este estudio se han extraído los datos levantados de los sitios que serán utilizados en el presente estudio. Los datos extraídos se registran en la Tabla 1.

Sitio	Coordenadas	Run-up (m)	Inund. (m)
Pto. Ayora	S0 44.807 W90 18.696	2.81	40
Pto. Ayora	S0 44.834 W90 18.756	2.44	0
Pto. Ayora	S0 44.561 W90 18.589	2.56	23.4
Pto. Ayora	S0 44.571 W90 18.672	2.01	129.5
Pto. Ayora	S0 44.657 W90 18.723	2.69	25
Pto. Baquerizo	S0 54.084 W89 36.702	2.16	46.9
Pto. Baquerizo	S0 54.138 W89 36.829	2.23	25
Pto. Baquerizo	S0 54.116 W89 36.836	2.23	0
Pto. Baquerizo	S0 53.979 W89 36.558	2.56	23.5
Pto. Baquerizo	S0 53.911 W89 36.568	2.52	36

Tabla 1

Los datos obtenidos muestran información valiosa respecto del comportamiento del tsunami al momento de impactar las islas, y serán utilizados para validar los resultados obtenidos con los modelos propuestos en el presente estudio

IV. PRONÓSTICO DE CORTO PLAZO

El pronóstico a corto plazo, pretende estructurar las metodologías del ComMIT/MOST, a fin de elaborar un modelo que pueda ser utilizado en la modelación de tsunamis, inmediatamente después de conocer su generación. Este modelo, puede ser utilizado tanto en el modo manual como de solución numérica para la combinación de las unidades fuentes. El diseño del pronóstico de corto plazo requiere que se optimicen los modelos en cuanto a rapidez y precisión, para lo cual se debe encontrar la mejor combinación de resolución y extensión de las áreas de estudio[12]. Es importante además que se validen los resultados con datos levantados de eventos históricos, para el presente caso se usaron los datos del Tsunami de Japón 2011.

A diferencia de la metodología propuesta por Tang et al., (2009), en este estudio se prescinde del modelo de referencia, ya que los sitios de interés tienen poca extensión geográfica, por lo consiguiente es posible tener una grilla de alta resolución (15 metros) sin sacrificar el tiempo de cómputo.

La calibración del modelo está en función de obtener un tiempo aceptable en la ejecución y la identificación de los errores de truncado. Para el presente estudio, una de las causas, de errores de truncamiento, fue el *coeficiente de Manning*, cuya determinación consistió en si misma en un verdadero reto, ya que no se tiene estudios relacionados en el área. Así mismo, se comprobó, que el run-up obtenido era el parámetro más sensitivo a los cambios de valores escogidos para el coeficiente de Manning, tal como fue observado en [12]. También, se pudo constatar que este coeficiente no genera mayor impacto en los registros de mareogramas sintéticos.

El desarrollo de los modelos de Pronóstico de corto plazo, inicia con el diseño de las grillas a ser utilizadas como dominio computacional para el modelamiento numérico. Estas grillas fueron elaboradas en base a modelos digitales de terreno obtenidas de GMRT(Global Multi-resolution Topography)[16], cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar, Cartas Náuticas del Instituto Oceanográfico de la Armada, y de una compilación Batimétrica realizada por William Chadwick de la Universidad de Oregón. Todas estas fuentes de datos espaciales fueron referenciadas de manera vertical y horizontal a un mismo nivel de referencia. A fin de considerar el peor escenario, los datos de nivel del mar fueron referenciados a la máxima marea, es decir, la línea de costa. Se utilizaron además dos métodos de interpolación, de acuerdo a la distribución espacial de los datos, estos métodos fueron "Krigging" y "Natural Neighbor". Las grillas obtenidas guardan una relación 1:6 en su resolución, de acuerdo a la recomendación para el modelo MOST; siendo la mas grande en extensión de 18 arcsec~540 metros, la mediana de 3 arcsec~90metros y la más pequeña de 0.5 arcsec~15 metros de resolución.

La fuente sismo-generadora, fue extraída del ComMIT, la misma que consiste de la combinación lineal de seis unidades fuentes cercanas al epicentro, la misma que se entiende es la mejor combinación obtenida para la simulación del evento en particular, la combinación de las unidades fuentes se aprecia en la Tabla 2.

Unidad fuente	Slip(m)
ki24b	4.66
ki25b	12.23
ki26a	26.31
ki26b	21.27
ki27a	22.75
ki27b	4.98

Tabla 2

Ya que se desconoce el valor de Manning para cada sitio, fue necesario realizar una calibración inicial de este coeficiente, para lo cual se realizaron doce modelamientos, variando los valores del coeficiente desde 0.001 a 0.03.

Esta validación se realizó de manera cuantitativa y en base de la información disponible. Para casos en los que solamente se cuenta con los valores del levantamiento de la Tabla 1, se realizó una comparación de la extracción de los valores obtenidos del modelo en cada uno de esos puntos. Para los valores del levantamiento se adicionó un margen de error de +- 30 centímetros, los cuales son atribuibles al instrumento y el tipo de medición[14]. Se considera que los valores de run-up extraídos del modelo numérico que se encuentren dentro de ese margen, son aceptables.

Así mismo se utiliza la información mareográfica disponible para realizar la validación; para este caso se utilizó el método de Taylor, que valora la capacidad de los modelos para reproducir tanto los valores a comparar como el comportamiento estadístico de la muestra de resultados [17], y facilita la comparación entre varios modelos y los datos de referencia.

En las validaciones se ha considerado que pueden existir diferencias entre lo modelado y los datos reales de referencia, por varias razones entre las que se puede mencionar, la falta de batimetría y topografía de alta resolución, la asumpsion que la propagación del tsunami es lineal, y por el esquema numérico empleado por el modelo[9].

A. PUERTO AYORA

Para el caso de Puerto Ayora, los valores del coeficiente de Manning que mejor se ajustaron a los valores obtenidos por el levantamiento de Lynett et al., (2011) fueron: 0.015, 0.017, 0.019, 0.020.

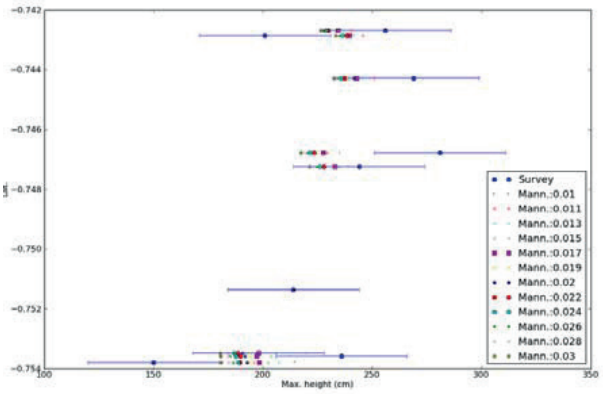

Figura 2. Validación de doce modelos (12 valores de Manning) con los datos levantados por Lynett et al.,(2011).

De la misma forma se realizó una validación de los doce (12) modelos con el registro mareográfico de la estación ubicada en Puerto Ayora-isla Santa Cruz.

Dado que el método de Taylor valora la correlación entre los datos del modelo y los datos de referencia, fue necesario introducir una compensación en el retardo de la señal del tsunami sintético, hasta conseguir la mejor correlación positiva entre le modelo numérico y los datos de referencia.

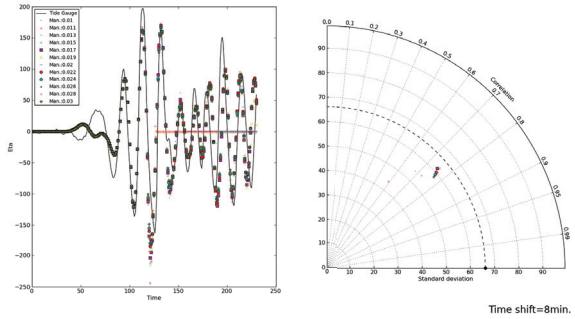

Figura 3. Validación de modelos en base al diagrama de Taylor, para Puerto Ayora.

El valor de Manning escogido fue de 0.019, el mismo que otorgaba una desviación estándar de 60.43 y una correlación de 76%, además se encontró que la señal sintética se encuentra retrasada alrededor de 8 minutos, las causas son atribuibles a las encontradas por [9], la dispersión del tsunamis por su viajes de largas distancias.

El resultado de la máxima inundación para Puerto Ayora, se aprecia en la Figura 4. El modelo de inundación muestra alturas de ola entre 2.3 y 2.6 metros, valores que fueron similares a los encontrando por el levantamiento de [14].

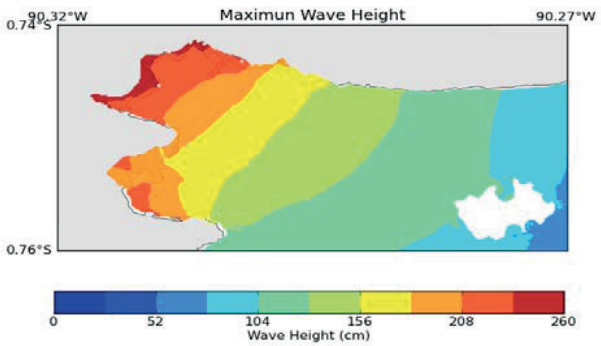

Figura 4. Máxima inundación simulada para Puerto Ayora, Isla Santa Cruz.

B. PUERTO SEYMOUR

Para el caso de Puerto Seymour no contó con datos de levantamiento, por tal motivo se emplearon los datos del mareógrafo instalado en este sitio. El valor del coeficiente de Manning fue escogido de acuerdo al Método de Taylor, utilizando los mareogramas sintéticos obtenidos con cada modelamiento y comparando estas series con los datos del mareógrafo.

De los resultados obtenidos en cada Modelo se obtuvo que el mejor valor de Manning fue de 0.020, así mismo se encontró una demora de 13 minutos entre la señal del tsunami sintético y el registro mareográfico.

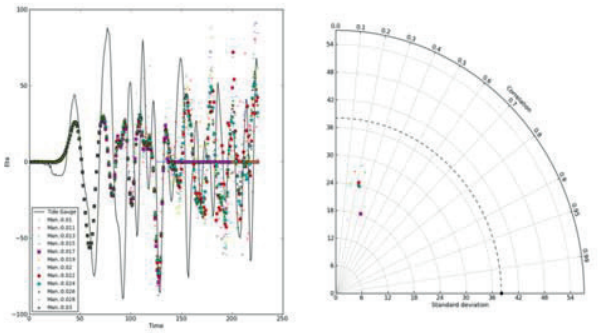

Figura 5. Validación de modelos en base al diagrama de Taylor, para Puerto Seymour.

Con el coeficiente de 0.020, se simuló el tsunami de Tohoku, obteniendo un mapa de inundación, que se muestra en la Figura 6. Los resultados de este modelo, no pueden compararse con datos reales de inundación, puesto que para este sitio, no se obtuvo esta información.

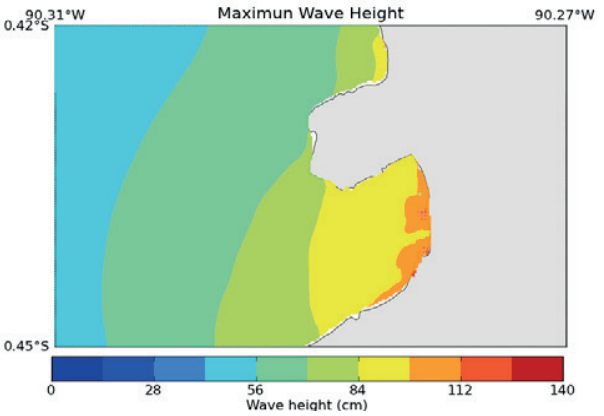

Figura 6. Máxima inundación simulada para Puerto Seymour, Isla Baltra.

C. PUERTO BAQUERIZO MORENO

En el caso de Puerto Baquerizo Moreno, no se contó con registro mareográfico, por tal razón la validación solo puede realizarse por medio de los datos levantados de la Tabla 1.

Los datos obtenidos en estos modelos, mostraron una pobre correlación, por lo que se decidió utilizar un valor de Manning acorde a los valores obtenidos en los casos de Puerto Seymour y Puerto Ayora, el valor escogido fue de 0.02, independiente de la similitud de los datos obtenidos por el modelo en comparación con los datos levantados.

Esta diferencia entre los datos es posiblemente atribuible a la falta de batimetría de alta resolución alrededor de la Isla San Cristóbal. En el modelamiento, se pudo observar que previo a su arribo al Puerto Baquerizo Moreno, las olas interactuaron con el borde oeste de la isla. Esto permite concluir que, si no existe una cobertura batimétrica de alta resolución, como en este caso, esto induce ciertos errores, puesto que esta interacción no es modelada adecuadamente. Por otro lado, el modelo es "no dispersivo", lo que hace que no se incluyan variaciones en la forma de las ondas cuando se propagan en el océano profundo. Nótese en la Figura 7, que existe una diferencia de un metro aproximadamente entre los datos modelados con los datos levantados.

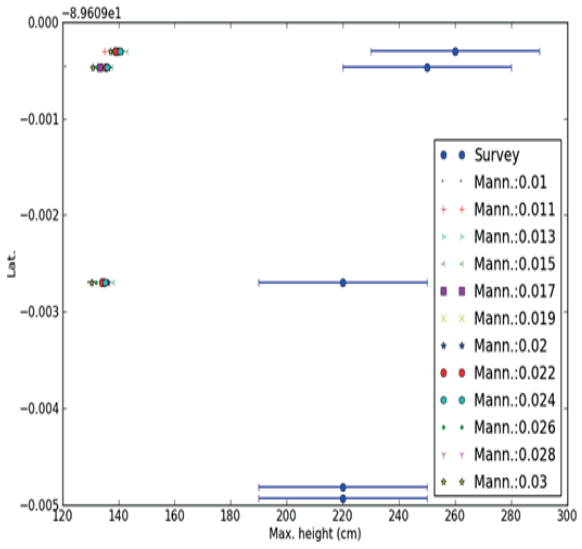

Figura 7. Validación de los modelos en base a los datos de la Tabla 1, en Puerto Baquerizo Moreno.

Con un coeficiente de Manning de 0.02, se realizó la simulación en el Puerto Baquerizo Moreno, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 8.

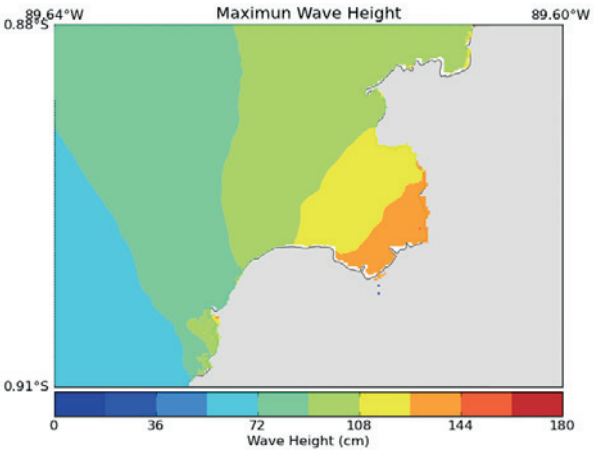

Figura 8. Máxima inundación modelada en Pto. Baquerizo Moreno, debido al Tsunami de Tohoku.

V. PRONÓSTICO DE LARGO PLAZO

El pronóstico de largo plazo se realiza para Puerto Seymour, Puerto Ayora y Puerto Baquerizo Moreno, y tuvo por objetivo la identificación de las áreas de mayor potencial para producir tsunamis que puedan afectar a los sitios de estudio.

Se realizó la simulación de tsunami sintético a lo largo de la costa del Pacifico, realizando diferentes combinaciones lineales de la fuente de manera de obtener un tsunami de magnitud 8.5, es decir suficientemente fuerte como para garantizar el arribo de las perturbaciones hasta Galápagos.

Se llevaron a cabo un total de 104 modelamiento numéricos, con escenarios formados por la combinación de 6 unidades fuentes y un slip uniforme de 5.26 metros, a fin de obtener una magnitud simulada de 8.5 *Mw*.

La extracción de los máximos para cada sitio se obtuvo del mareograma sintético tomado de cada modelo, y en la posición de los mareógrafos de los sitios Puerto Ayora y Puerto Seymour.

Las zonas identificadas como de potencial

peligro para Puerto Ayora fueron: la zona de subducción de la Aleutianas, la zona de subducción Ecuador-Colombia y la zona de subducción de Nueva Zelanda-Kermadec-Tonga.

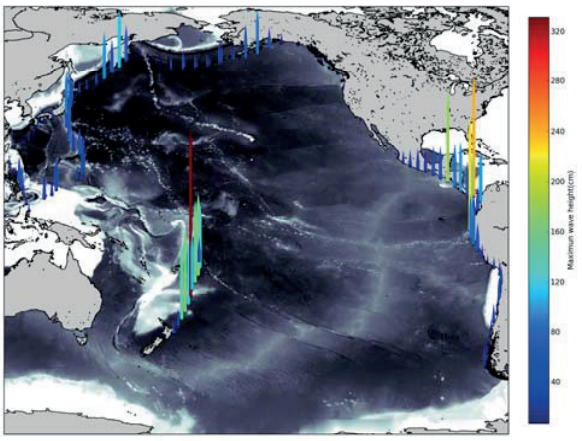

Figura 9. Pronóstico de largo plazo para Puerto Ayora.

Considerando las máximas inundaciones producidas por cada uno de estos 104 modelamientos, se obtuvo el máximo de los máximos de inundación, a fin de obtener las áreas inundable en Puerto Ayora, con la consideración de un sismo-tsunami de 8.5 Mw en cualquier lugar del Océano Pacifico. El mapa resultado se aprecia en la Figura 10.

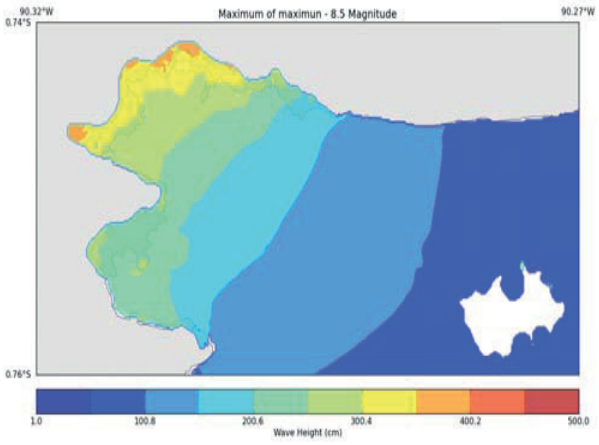

Figura 10. Máxima inundación para Puerto Ayora, en el escenario múltiple de 104 tsunamis.

Se considera que este mapa puede ser utilizado para propósitos de gestión de riesgos como mapa de inundación para el diseño de rutas de evacuación y planes de contingencia, ya que abarca un escenario múltiple de generación de tsunamis.

De igual forma se modelaron los efectos de los 104 tsunamis en el Puerto Seymour. Se identificó que el mayor peligro potencial lo representan las zonas de subducción de América Central y la de Ecuador-Colombia.

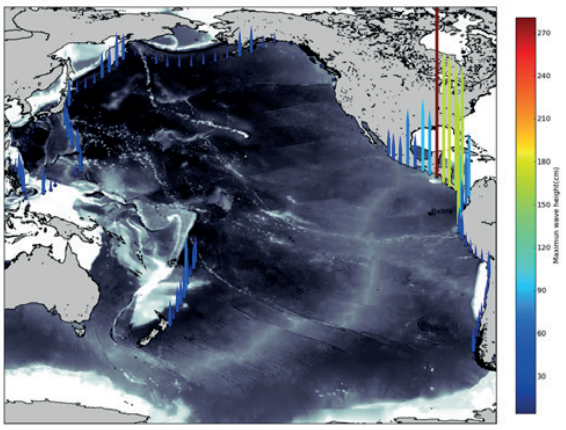

Figura 11. Pronóstico de largo plazo para Puerto Seymour

Finalmente, se realizó el modelamiento para el Puerto Baquerizo Moreno, identificándose que, la amenaza potencial se encuentra localizada en las zonas de subducción de América Central y Ecuador-Colombia. Es decir, tiene una similitud con la de Puerto Seymour.

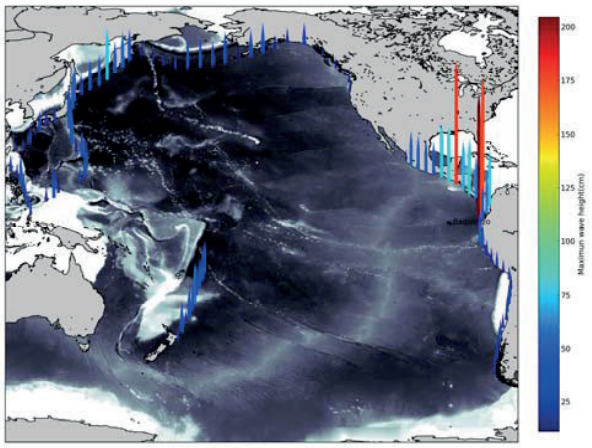

Figura 12. Pronóstico de largo plazo para el Puerto Baquerizo Moreno

La máxima inundación debida a los 104 modelamientos se representa en la Figura 13, aquí se observa que los máximos de inundación esperados por un sismo-tsunami de 8.5 Mw, se encuentran en la zona central de la bahía. Es necesario destacar que esta altura de inundación se mide desde la máxima marea.

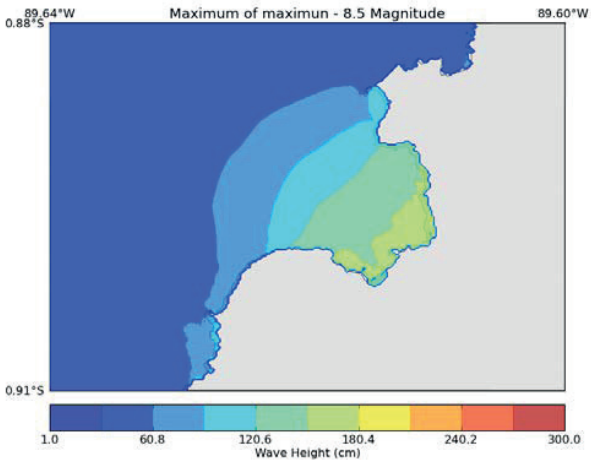

Figura 13. Máxima inundación para Puerto Baquerizo Moreno, en el escenario múltiple de 104 tsunamis.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la obtención del pronóstico de corto plazo, indican la necesidad de una mejor calibración de las grillas utilizadas para el modelamiento. Es necesario realizar un estudio más detallado para obtener los mejores modelos digitales de terreno y utilizarlos nuevamente en los modelamientos. La ventaja de la metodología, es que una vez que se tenga una grilla con datos de mejor calidad, esta puede ser remplazada, tomando en consideración que la extensión y la resolución deben ser las mismas.

Así mismo se destaca la necesidad de comparar los resultados con el empleo de otros modelos numéricos. Es necesario que se considere la dispersión física de las olas al propagarse grandes distancias, y verificar si existen diferencias en los efectos del impacto de las olas. Estas observaciones sin embargo no limitan la capacidad del modelo para ser utilizada en el pronóstico operacional y ser utilizado para los fines descritos en este estudio, ya que los resultados para Puerto Ayora, demostraron una buena capacidad para representar la realidad y el modelo ha sido ampliamente utilizado y validado en otros sitios. Es importante destacar, la rigurosidad de los métodos de comparación empleados en este estudio. Los mismos que exigen una buena correlación de los datos modelados con los datos reales. Por tal motivo, los resultados obtenidos en el pronóstico de corto plazo, pueden ser utilizados para la elaboración de planes de respuesta y para orientar a la población a reaccionar y evacuar de lugares de riesgo.

Los resultados obtenidos en el pronóstico de largo plazo, pueden ser utilizados en la gestión del riesgo de tsunamis, con la identificación de las zonas de mayor peligro para cada sitio, y como modelos de referencia para cuantificar y comparar los efectos del tsunami, cuando este ocurra.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Patrick Lynett y Robert Weiss por la asistencia brindada en la investigación de este tema. Al Prof. Robert Hetland por incentivarme a escribir este artículo.

El presente estudio se realiza como parte del Proyecto de Maestría en Ciencias en Oceanografía realizado en Texas A&M University, gracias a la beca concedida por el Convenio INOCAR-SENESCYT.

REFERENCIAS

[1] V. V. Titov, F. I. Gonzalez, and P. M. E. L. (U.S.), *Implementation and Testing of the Method of Splitting Tsunami (MOST) Model*. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Research Laboratories, Pacific Marine Environmental Laboratory, 1997.

[2] V. V. Titov, C. W. Moore, D. J. M. Greenslade, C. Pattiaratchi, R. Badal, C. E. Synolakis, and U. Kânoğlu, "A New Tool for Inundation Modeling: Community Modeling Interface for Tsunamis (ComMIT)," *Pure and Applied Geophysics*, vol. 168, no. 11, pp. 2121–2131, Mar. 2011.

[3] V. V. Titov, F. I. Gonzalez, E. N. Bernard,

M. C. Eble, H. O. Mofjeld, J. C. Newman, and A. J. Venturato, "Real-Time Tsunami Forecasting: Challenges and Solutions," *Natural Hazards*, vol. 35, no. 1, pp. 35–41, 2005.

[4] V. V. Titov and C. E. Synolakis, "Numerical Modeling of Tidal Wave Runup," *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, vol. 124, no. 4, pp. 157–171, Jul. 1998.

[5] V. V. Titov and C. E. Synolakis, "Modeling of Breaking and Nonbreaking Long-Wave Evolution and Runup Using VTCS-2," *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, vol. 121, no. 6, pp. 308–316, Nov. 1995.

[6] N. N. Yanenko, *The Method of Fractional Steps: The Solution of Problems of Mathematical Physics in Several Variables*, 1st ed. Springer, 1971.

[7] Y. Okada, "Surface Deformation Due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 75, no. 4, pp. 1135–1154, Aug. 1985.

[8] Y. Wei, E. N. Bernard, L. Tang, R. Weiss, V. V. Titov, C. Moore, M. Spillane, M. Hopkins, and U. Kânoğlu, "Real-time experimental forecast of the Peruvian tsunami of August 2007 for U.S. coastlines," *Geophysical Research Letters*, vol. 35, no. 4, Feb. 2008.

[9] D. B. Percival, D. W. Denbo, M. C. Eblé, E. Gica, H. O. Mofjeld, M. C. Spillane, L. Tang, and V. V. Titov, "Extraction of tsunami source coefficients via inversion of DART buoy data," *Natural Hazards*, vol. 58, no. 1, pp. 567–590, Dec. 2010.

[10] S. L. Douglas, "Estimating Runup on Beaches: A Review of the State of the Art," Oct. 1990.

[11] P. L. F. Liu, *Advanced Numerical Models for Simulating Tsunami Waves and Runup*. World Scientific, 2008.

[12] L. Tang, V. V. Titov, and C. D. Chamberlin, "Development, testing, and applications of site-specific tsunami inundation models for real-time forecasting," *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, no. C12, Dec. 2009.

[13] P. L. F. Liu, in *Tsunamis*, E. N. Bernard and A. R. Robinson, Eds. Harvard University Press, 2009, pp. 295–319.

[14] P. Lynett, R. Weiss, W. Renteria, G. Morales, and S. Son, "Coastal Impacts of the March 11th Tsunami in the Galapagos Islands," no. Submitted, 2011.

[15] P. Lynett, J. Borrero, S. Son, R. Weiss, D. Greer, and W. Renteria, "Observations and Modeling of Tsunami-Induced Currents in Ports and Harbors," no. Submitted, 2011.

[16] W. B. F. Ryan, S. M. Carbotte, J. O. Coplan, S. O'Hara, A. Melkonian, R. Arko, R. A. Weissel, V. Ferrini, A. Goodwillie, F. Nitsche, J. Bonczkowski, and R. Zemsky, "Global Multi-Resolution Topography synthesis," *Geochem. Geophys. Geosyst.*, vol. 10, p. 9 PP., Mar. 2009.

[17] K. E. Taylor, "Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram," *J. Geophys. Res.*, vol. 106, no. D7, pp. PP. 7183–7192.

EVIDENCIA SEDIMENTARIA DE TSUNAMIS EN LA PLANICIE ALUVIAL DE VILLAMIL PLAYAS, GOLFO DE GUAYAQUIL

Kervin CHUNGA [1]
María Fernanda QUIÑÓNEZ [2]

RESUMEN

La región costera del Ecuador es considerada altamente susceptible a eventos de terremotos y tsunamis por su cercanía a la zona tectónica de subducción, donde la placa de Nazca colisiona y se subduce con el segmento continental conformado por el Bloque Norandino y la placa Sudamericana. Desde 1906, ocho eventos de tsunamis han sido documentados en el Ecuador. El evento sísmico de 1901 (magnitud 7.8) en el Golfo de Guayaquil no tiene suficiente información que documente la generación de tsunamis. El presente estudio describe los criterios para identificar un depósito de tsunamis, individualizado en tres muestras testigos al interior de las planicies aluviales del cantón Villamil-Playas. Estas muestras testigos con longitudes entre 1,60 a 2 metros fueron extraídas con un equipo "Testificador de Vibraciones" a diferentes distancias desde la línea de costa, ie., Villamil-1 a 1128 metros, Villamil-2 a 788 metros y Villamil-3 a 580 metros. Los intervalos sedimentarios que delimitan esta secuencia de deposición caótica de arena limosa son: (a) desde 59 a 67 cm en la muestra Villamil-1; (b) desde 48 a 58 cm en la Villamil-2; c) 51.5 a 55 cm en Villamil-3. Los criterios que permitieron identificar el depósito de tsunamis fueron: (1) unidades deposicionales tipos "run-up" y "backwash"; (2) estructura leñosa de Rhyzophora harrisonii en estado de oxidación; (3) presencia de foraminífero Pullenia bulloides (hábitat ambiente marino profundo); (4) fragmentos de moluscos (ausente en los otros niveles sedimentarios); (5) clastos tipos "rip-up"; (6) matriz de clorita meteorizada; y (7) contactos estratigráficos gradacionales y de erosión. Análisis de C_{14} realizado a un fragmento de leño (referido en el intervalo 145 cm de la muestra Villamil-3) estiman una edad de 3420 ± 40 B.P (Before Present). La correlación de esta datación permite una aproximación en la edad del evento de tsunamis, de cerca 1250 ± 50 años, además de la tasa de sedimentación establecida para las planicies aluviales de Playas Villamil, de 0.42 mm/año.

Palabras claves: Depósito de tsunamis, facies sedimentaria, Golfo de Guayaquil

1. Centro de Investigaciones de Geociencias CIGEO. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE, La Libertad, Ecuador.
2. Instituto Oceanográfico de la Armada – INOCAR. Base Naval Sur - Guayaquil.

ABSTRACT

The Ecuadorian shoreline is considered highly susceptible to tsunamis events of tectonic origin due to its closeness to the Nazca and South America plates subduction zone. Since 1906, eight tsunamis events have been witnessed along this coast. All have been related to seismic activity (earthquakes between Ms 6.9 to 8.9) on or near the Ecuadorian platform. Such tectonic environment favours the generation and surge of tsunamis in this region. The study area is located in the outer area of the lower basin of the Guayas River, in what is referred as the Canton General Villamil Playas. Three cores were retrieved from the supratidal coastal plain around Villamil at different horizontal distances from the Pacific shoreline. Villamil 1 was cored at 1128 m from shore; Villamil 2 was located at 788 m and Villamil 3 at 580 m from the coastline. A potential tsunamis deposit was identified in all three cores at different depths: a) 59 to 67 cm in core Villamil 1; b) 48 to 58 cm in core Villamil 2; c) 51.5 to 55 cm in core Villamil 3. It was characterized as a chaotic layer of muddy sands to fine sands depicting high depositional energy. The Tsunamigenic layer was defined based on the following criteria: identifiable run-up and backwash depositional units; presence of plant detritus (mangrove Rhyzophora harrisonii); presence of Pullenia bulloides (Gulf of Guayaquil continental slope benthic foraminifera); fragments of marine mollusks; rip-up clasts; sea weed; weathered chlorite matrix; erosional and gradational stratigraphic contacts. A radiocarbon date of 3420 ± 40 C14 B.P. was obtained from a 145 cm-deep plant detritus retrieved from core Villamil 3. Based on this age and the above mentioned geological evidence, it was determined that a tsunamis surged the coastal lowlands around Villamil Playas about 1250 ± 50 yrs ago. The estimated sedimentation rate for the alluvial plains around Villamil Playas is 0.42 mm/yr based on the radiocarbon date.

Keywords: Tsunamis deposit, sedimentary facies, Guayaquil Gulf

1. INTRODUCCIÓN

El Golfo de Guayaquil está localizado en un activo margen de subducción donde la placa oceánica de Nazca (con dirección N80°E) colisiona y subduce a los segmentos continentales de la placa Sudamericana y del Bloque Norandino (Benítez, 1995; Bourdon & Eissen, 2003; Eguez et al., 2003; Espinoza, 1992; Mendoza & Dewey, 1984). La velocidad estimada de la placa de Nazca es de 6 a 8 cm/año (Baldock 1983, Barazangi & Isacks 1976, Bourdon & Eissen et al. 2003, Dumont et al., 2005; Gustcher et al., 1999, White et al., 2003). Los principales esfuerzos de deformación tectónica son direccionados desde la zona de subducción limitante hacia el este con el Golfo de Guayaquil.

Terremotos históricos documentados al interior del Golfo de Guayaquil inician desde el 11 de junio de 1787 (magnitud estimada 6.5, intensidad macrosísmica de VIII), en su totalidad se han registrado 26 sismos con magnitudes en el orden de $5.5 \leq M \leq 7.8$. Muchos de estos sismos tienen distancias hipocentrales menores a 20 Km de profundidad, son atribuidos a sistemas de fallas corticales y de subducción. Los terremotos que generaron eventos por tsunamis en el Golfo de Guayaquil son poco documentados, el terremoto del 7 de enero de 1901 de magnitud 7.8 (otros catálogos estiman 7.6) frente a la Península de Santa Elena no tiene suficiente documentación que permita evaluar los daños macrosísmicos en el terreno; otro evento como el tsunamis del 2 de octubre de 1933 (Magnitud 6.9) documenta oscilaciones del nivel del mar con alturas de ondas de tsunamis en el orden de los 2 a 2.5 m, penetrando como forma de inundación y no como oleaje turbulento para el borde costero de Santa Elena (Arreaga & Ortiz, 2002; Espinoza, 1992). El tsunamis del 12 de diciembre de 1953 (magnitud 7.8), generado frente a la costa de Tumbes (frontera Ecuador – Perú) reporta ondas de 20 cm de altura para la población La Libertad y rápida inundación para la franja costera de Salinas (Silgado, 1957) . El terremoto tsunamis del 7 de febrero de 1959 (Mw 7.2) no proporciona mayores datos relevantes a efectos cosísmicos en el terreno. Esta escasa información de sismicidad histórica direcciona a buscar otras disciplinas que permitan comprender la recurrencia de grandes terremotos generadores de tsunamis y estimar los máximos niveles de sismicidad.

Este artículo contiene una serie de análisis biológicos, químicos, estratigráficos y sedimentológicos, que han permitido identificar el primer depósito de tsunamis registrado en la planicie aluvial del sector El Arenal, cantón Playas Villamil, provincia del Guayas. La complejidad geomorfológica del sitio de estudio, la baja tasa de sedimentación de 0.42mm/año, la alta tasa de erosión no han permitido la conservación de otros eventos sedimentarios recientes tales como tsunamitas, sísmitas, tempestitas y registros de inundaciones por fenómenos de El Niño. En las siguientes secciones de este documento se detalla la metodología, implementación de un instrumento para obtener muestras de testigos de sedimentos y los criterios utilizados que permiten identificar el depósito de tsunamis, los cuales podrían ser útiles para futuras prospecciones en sitios como Chanduy, La Libertad y Engabao.

2. SISMICIDAD Y GEOLOGÍA

Para comprender la distribución espacial y recurrencia de los sismos se ha consultado los catálogos disponibles en literatura y sitios Web de instituciones gubernamentales; por ejemplo, para el Golfo de Guayaquil y parte de la región costera de la península de Santa Elena, Guayas y El Oro, el catálogo "National Earthquake Information Center" (NEIC, http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/), junto al Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS, www.ceresis.org), registran y documentan desde 1653 hasta el 2005, 26 sismos tanto instrumentales como históricos (ver, Tabla 1), estos últimos han sido convertidos desde grados de intensidad macrosísmica a valores de magnitudes del orden de 5,7 y 7,8 (con profundidades comprendidas entre $10 \leq H \leq 40$ Km; H representa la distancia focal del sismo). A nivel local, la red sísmica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN, http://www.igepn.edu.ec/) ha registrado desde su funcionamiento en 1988, 26

sismos con magnitudes inferiores comprendidas entre los 5 y 5,6. (Ver referencia Bibliográfica, RENSIG). Magnitudes menores a 5 no han sido consideradas en este estudio debido a su poca probabilidad de causar efectos cosísmicos en el terreno.

Esta información sismológica disponible indica que el Golfo de Guayaquil tiene un corto registro de sismos (Chunga et al., 2011), en efecto el primer temblor histórico documentado de moderada intensidad aconteció el 9 de julio de 1653 (Magnitud 5.7 convertida desde la intensidad macrosísmica VI, CERESIS). Información histórica compilada por el autor y descrita en detalle en un reporte del departamento Bibliográfico del Municipio Histórico de Quito (ie., MHQ, 1879), menciona que el 11 de junio de 1787 se documentó el primer terremoto macrosísmico en la región costera del Ecuador (Tabla 1). Daños a las viviendas y considerables efectos cosísmicos en el terreno fueron observados en la ciudad de Guayaquil. Este terremoto es considerado con epicentro local o cercano a Guayaquil, debido a la ausencia de reportes de efectos o daños a las poblaciones con distancia mayor a 50 Km. En el siglo XX, el 7 de enero de 1901, frente a la península de Santa Elena aconteció un terremoto de Magnitud 7.8 (Fuente: CERESIS; Figura 1); sin embargo, no se encontró una evaluación regional de los grados de intensidades macrosísmicas de aquella época, que permita corroborar la localización del epicentro y por ende caracterizar la estructura sismogénica desde su cinemática y dimensión estructural. En el catálogo del NEIC se obtuvo importante información sismológica e instrumental, que indica una alta recurrencia sísmica entre abril 1961 a marzo 1962, donde se reportaron al interior del Golfo de Guayaquil, cuatro [4] terremotos de considerables magnitudes en el orden de los 6 y 6.2 (ver Tabla 1).

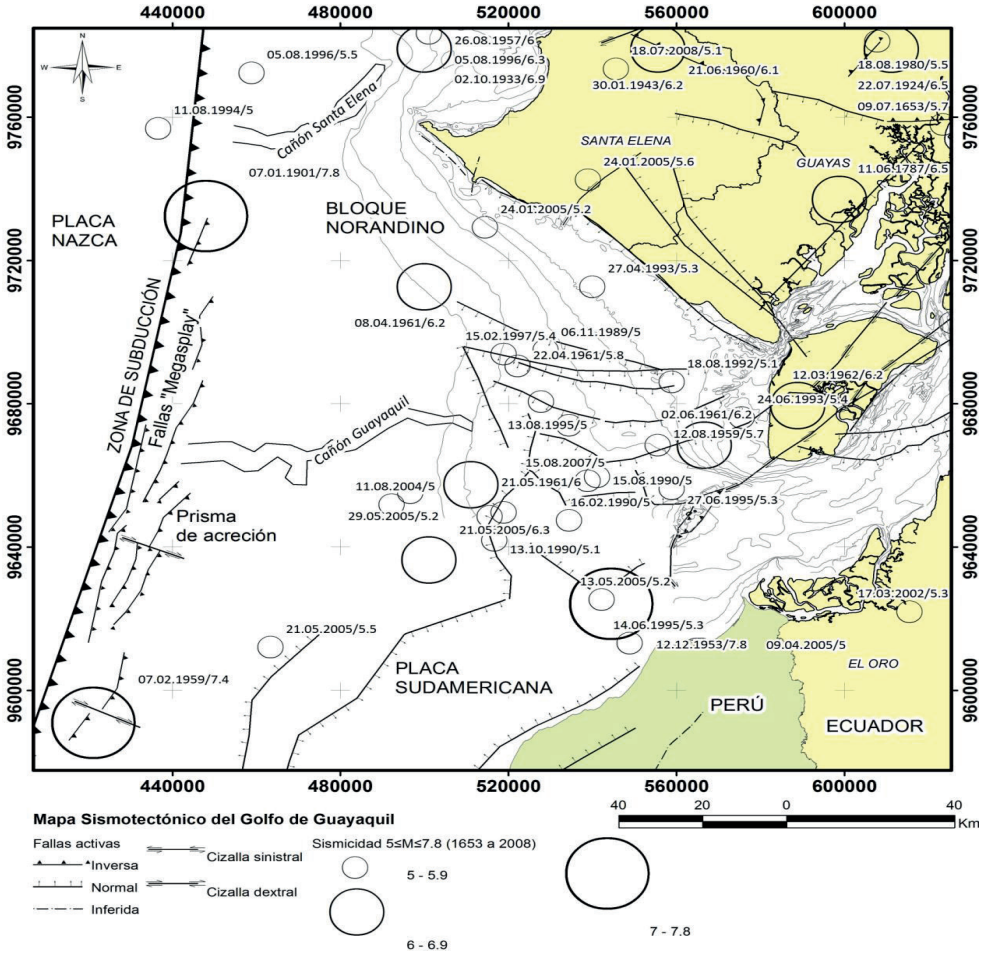

Figura 1. Mapa sismotectónico del Golfo de Guayaquil y segmento continental de Santa Elena, Guayas y El Oro. Sismos históricos e instrumentales obtenidos desde los catálogos NEIC, CERESIS y EPN-RENSIG. Morfología submarina y altos batimétricos desde Collot et al. (2010).

Fecha	Lat.	Long.	Mg	Prof.	Catálogo
09.07.1653	-2.19	-79.89	5.7	ND	CERESIS
11.06.1787	-2.38	-80.11	6.5	20	
07.01.1901	-2.42	-81.46	7.8	25	CERESIS
22.07.1924	-2.00	-80.00	6.5	ND	CERESIS
02.10.1933	-2.00	-81.00	6.9	15	CERESIS
03.10.1933	-1.75	-80.75	6.3	ND	CERESIS
30.01.1943	-2.00	-80.50	6.2	100	CERESIS
12.12.1953	-3.40	-80.60	7.8	30	CERESIS
12.03.1957	-1.59	-80.15	6.2	60	CERESIS
26.08.1957	-2.00	-81.00	6	ND	CERESIS
07.02.1959	-3.70	-81.71	7.4	33	CERESIS
12.08.1959	-3.00	-80.50	5.7	33	CERESIS
21.06.1960	-2.00	-80.50	6.1	ND	CERESIS
10.09.1960	-2.50	-82.00	5.7	33	CERESIS
08.04.1961	-2.60	-81.00	6.2	25	CERESIS
22.04.1961	-2.80	-80.80	5.8	30	CERESIS
21.05.1961	-3.10	-80.90	6	27	CERESIS
02.06.1961	-3.00	-80.40	6.2	37	CERESIS
10.12.1970	-3.97	-80.66	7.1	15	CERESIS
12.03.1962	-2.90	-80.20	6.2	25	CERESIS
18.08.1980	-1.98	-80.03	5.5	74	CERESIS
06.05.1981	-1.96	-80.99	5.8	36	CERESIS
26.08.1982	-2.69	-79.87	5.8	70	NEIC
06.11.1989	-2.76	-80.74	5	ND	EPN
10.02.1990	-3.18	-80.86	5.6	ND	EPN
16.02.1990	-3.19	-80.69	5	ND	EPN
15.08.1990	-3.08	-80.63	5	19	EPN

Fecha	Lat.	Long.	Mg	Prof.	Catálogo
10.02.1990	-3.17	-80.83	5.5	56	NEIC
13.10.1990	-3.24	-80.85	5.1	ND	EPN
18.08.1992	-2.84	-80.47	5.1	0.4	EPN
27.04.1993	-2.60	-80.64	5.3	0.3	EPN
24.06.1993	-2.93	-80.32	5.4	12.3	EPN
11.08.1994	-2.20	-81.57	5	11.8	EPN
26.03.1995	-2.05	-79.75	5.3	3.3	EPN
14.06.1995	-3.50	-80.56	5.3	0.3	EPN
27.06.1995	-3.11	-80.47	5.3	ND	EPN
13.08.1995	-2.89	-80.75	5	16	EPN
05.08.1996	-2.06	-81.37	5.5	6.6	EPN
05.08.1996	-2.00	-81.00	6.3	33	NEIC
15.02.1997	-2.77	-80.83	5.4	10	EPN
16.09.1998	-3.50	-79.68	5	18.9	EPN
17.03.2002	-3.42	-79.96	5.3	17.7	EPN
11.08.2004	-3.15	-81.07	5	35.9	EPN
24.01.2005	-2.33	-80.65	5.6	28	NEIC
24.01.2005	-2.45	-80.87	5.2	20.1	EPN
09.04.2005	-3.55	-80.30	5	13.3	EPN
13.05.2005	-3.39	-80.62	5.2	13.3	EPN
21.05.2005	-3.29	-80.99	6.3	39	NEIC
21.05.2005	-3.51	-81.33	5.5	9.3	EPN
29.05.2005	-3.12	-81.03	5.2	5.6	EPN
15.08.2007	-3.09	-80.65	5	18.3	EPN
26.01.2008	-2.95	-80.69	5.4	18	EPN
18.07.2008	-2.05	-80.59	5.1	15.7	EPN

Tabla 1. Sismos moderados a altos, documentados en el catálogo CERESIS (Centro Regional de Sismología para América del Sur) y registrados por el NEIC (National Earthquake Information Center), en el orden de magnitudes mayores a 5.5; mientras que sismos moderados mayores a 5 son registrados desde la red local de sismogramas del EPN para el Golfo de Guayaquil y parte de la península de Santa Elena y provincia del Guayas. Las casillas sombreadas en amarillo representan los terremotos cercanos al Golfo de Guayaquil, que originaron Tsunamis con alturas de olas run-up entre 0.2 y 1.8 metros. Para el terremoto de 1901 se estiman alturas de olas mayores a 2 metros.

En referencia a los efectos cosísmicos en el terreno de la recurrencia sísmica entre 1961 y 1962, al interior de las provincias costeras cercanas, no han sido documentados rasgos geológicos considerables; sin embargo, es probable que los movimientos telúricos de aquella época se presentaran como atenuaciones de mayores duraciones en sedimentos cuaternarios de tipo arcilloso no consolidados.

La red sismológica local del EPN, desde su funcionamiento en 1988, ha registrado sismos con magnitudes menores a 5,6, estos datos permiten indicar que la recurrencia de terremotos con magnitudes mayores a 6 corresponde a intervalos de recurrencias más largos, siendo el último documentado el 12 de marzo de 1962. Esta información podría permitir subestimaciones en los niveles de sismicidad, ya que por la falta de suficientes cantidades de sismos instrumentales podrían considerar al Golfo de Guayaquil y sus segmentos corticales como una zona de niveles de sismicidad moderada a baja, de aquí la importancia y recomendación de caracterizar las fallas activas, lo que permitirían obtener valiosa información sobre el potencial sísmico de cada estructura sismogénica, es decir, estimar las máximas magnitudes y las máximas aceleraciones en rocas que podrían generar en un determinado sitio de interés. La información sismológica disponible de la RENSIG (llamado así también a la EPN del Instituto Geofísico del Ecuador) comprende actualmente sismos con Ms≥4. La conversión de escalas mb, Ms a Mw ha sido aplicado desde las fórmulas propuestas por Caguari (2006) para características tectónicas del Perú similar al Golfo de Guayaquil.

El último sismo considerable fue registrado el 21 de mayo de 2005 con Mw 6.3 y distancia focal (H) de 39 Km (Fuente: NEIC, National Earthquake Information Center). Muchos de estos sismos hipocentrales son producto de la dinámica entre choques y posterior subducción a través del plano de Benioff de la placa oceánica de Nazca contra el segmento continental conformado por el Bloque Norandino en el Norte y la placa Sudamericana al Sur. Desde un punto de vista del análisis geológico estructural, las secciones sísmicas de reflexión (elaboradas por EP-Petroecuador) y registros litológicos de pozos exploratorios efectuados en alta mar (LRG, 1986; Witt et al., 2006), indican para el Golfo de Guayaquil un ambiente distensivo con dominio de fallas cizallas dextrales y sinistrales asociada a la abertura y formación de cuencas distensiva en el Golfo de Guayaquil. Cobos & Montenegro (2010) definen a la cuenca del Golfo de Guayaquil de tipo "pull-apart" de régimen distensivo. Regionalmente, los principales esfuerzos de deformación son direccionados por el empuje tectónico de la placa oceánica que colisiona y se subduce en la zona tectónica, limitante con el Golfo de Guayaquil. Esta dinámica de desplazamientos de bloques a través de planos de fallas geológicas, permiten distinguir en los márgenes costeros, unidades litológicas desde el Paleoceno hasta el Holoceno (Cuaternario) (ver Figura 2).

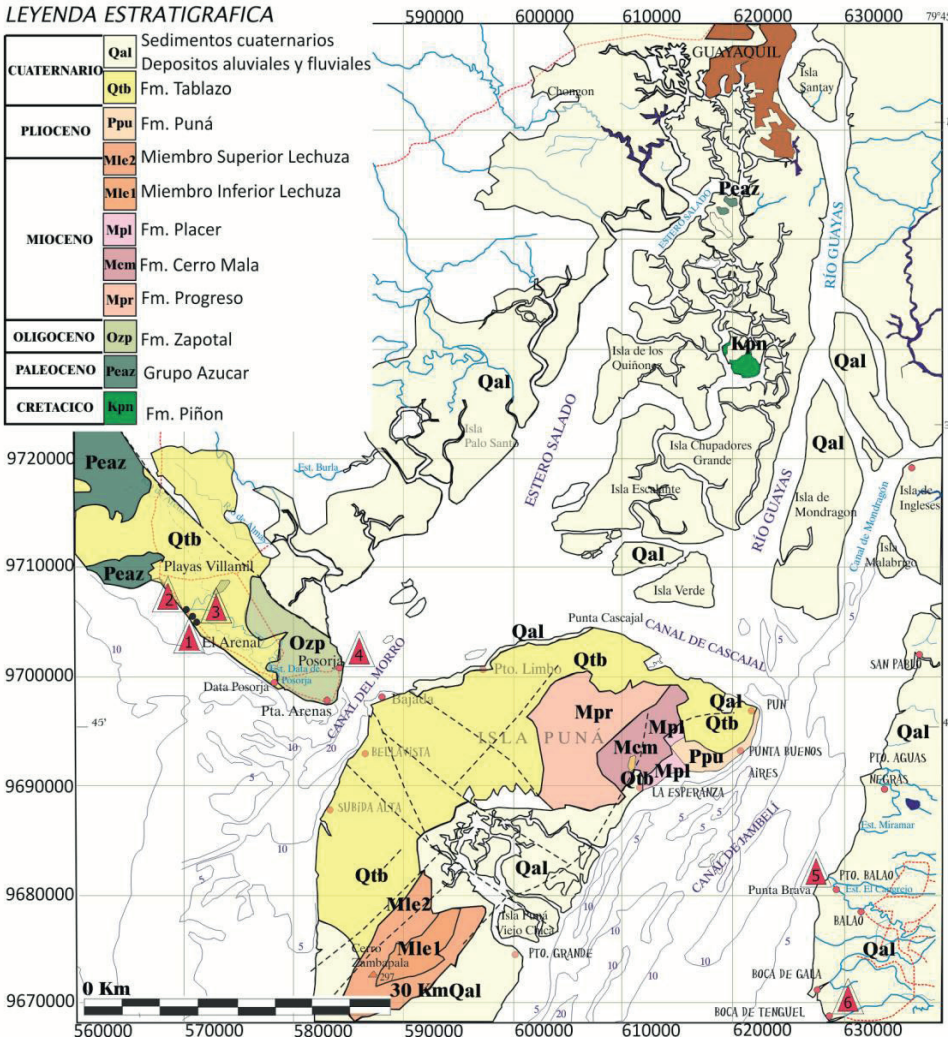

Figura 2. Geología del estuario interno del Golfo de Guayaquil (modificada desde, Antenor, 2000; Nuñez del Arco, 1986) y localización de las estaciones de muestras de testigos de sedimentos obtenidas en los sectores Playas Villamil (estaciones 1 a 3), Posorja (estación 4), Puerto Balao (estación 5) y Tenguel (estación 6). Para este estudio se han seleccionado las estaciones de El Arenal, Villamil Playas.

Estructuralmente en superficie, el Golfo de Guayaquil presenta una morfología marina muy irregular que varía desde la extensión de la plataforma hasta las subdivisiones del talud continental. En efecto, los datos multihaz-sonar de alta resolución, de reflectividad acústica y de acústica para penetración de sedimentos (cerca 150-m-estratos) evidencian deformaciones continentales asociadas a fallamientos activos de corrimientos de cerca 70 Km de longitud (ver fallas *Megasplay* en la Figura 1) localizado en el prisma de acreción frente a la fosa tectónica (CONVEMAR, 2010); a su vez, fenómenos de mega-deslizamientos submarinos han sido delineados desde datos batimétricos, permitiendo re-construir su paleo-ambiente sedimentario asumiendo que estos fenómenos fueron potencialmente activos hace ≈18.000 a 20.000 años atrás, cuando el nivel de mar alcanzaba los -120 metros debajo del nivel actual del mar.

En áreas cercanas a la fosa tectónica, los taludes continentales son altamente inestables formando potenciales deslizamientos submarinos que provocan una re-deposición sedimentaria en zonas de cuencas. Contrastando hacia el Norte, talud intermedio, son evidenciados notables cañones submarinos (ie. cañón Santa Elena) donde las altas tasas de erosión permiten diferenciar la geometría de estructuras con fuertes incisiones en el piso submarino. El cañón Guayaquil, localizado más hacia el Sur, evidencian considerables deslizamientos submarinos con escarpes circulares, además de potenciales diapiros "marcas de fondo oceánico" donde sus flancos estructurales permiten potenciales trampas de gas (CONVEMAR, 2010).

Análisis con tecnología GIS y a la aplicación de modelación digital del terreno permitieron delimitar terrazas erosionadas que pueden ser preliminarmente catalogadas como pisos de niveles de variaciones de mar (eustatismo), asociados a la última máxima glaciación (CONVEMAR, 2010). Estas informaciones han sido adquiridas desde campañas geológicas realizadas por el INOCAR con participación de la UPSE, permitiendo individualizar una potencial fuente sísmica de fallas de corrimiento en la zona de prisma de acreción (Figura 2) que desde aplicaciones metodológicas de Well & Coppermisth (1994) pueden generar terremotos con magnitudes de 7; además de deslizamientos submarinos donde escarpes circulares no hacen descartar también un potencial riesgo de ondas anómalas de tsunamis, que podrían afectar áreas urbanas y sectores industriales localizadas en las franjas costeras de las provincias de Santa Elena y Guayas.

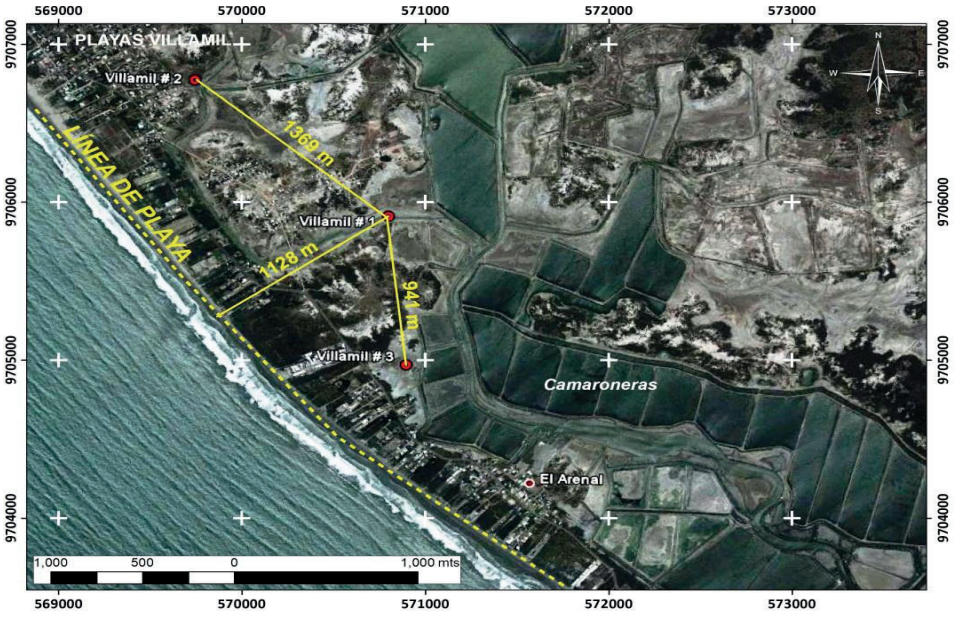

Figura 3. Mapa de ubicación de estaciones de muestreos de El Arenal, Villamil Playas. Datum WGS84.

Id.	Estación de muestreo	Coord. UTM – PSAD56		Distancia línea de costa	Características morfológicas
		Este	Norte		
V1	Villamil 1	571.056m	9.706.286m	1.128m	Planicie aluvial
V2	Villamil 2	570.000m	9.707.150m	788m	Planicie alluvial
V3	Villamil 3	571.149m	9.705.348m	580m	Planicie alluvial
P4	Posorja	584.751m	9.700.950m	80m	Zona intertidal
P5	Puerto Balao	629.750m	9.680.950m	980m	Planicie alluvial
T6	Tenguel	629.300m	9.669.100m	310m	Zona intertidal

Tabla 2. Ubicación de las muestras testigos. Las estaciones P1-P2-P3 corresponden a las muestras testigos de El Arenal donde se encontró el depósito de Tsunamis.

3. METODOLOGÍA Y FASE DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio consta de tres fases de investigación: (A) compilación de información bibliográfica y creación de una base de datos de sismos instrumentales proyectadas espacialmente al interior del Golfo de Guayaquil y parte continental de la provincia de Santa Elena y Guayas, aquí se ha consultado una serie de catálogos de terremotos disponibles por el NEIC (National Earthquake Information Center), CERESIS (Centro Regional de Sismología para América del Sur) y por el ente nacional de control sismológico, EPN (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional del Ecuador). La información de fallas geológicas ha sido compilada desde reportes técnicos y publicaciones científicas, con información de líneas de sísmicas de reflexión y reconocimiento geológico en el terreno, información necesaria para el análisis de tectónica activa. (B) obtención de muestras de testigos de sedimentos no perturbadas en unidades sedimentarias, a través de un instrumento de perforación del vibrotestificador, el sitio seleccionado es la planicie aluvial de El Arenal (Figura 3). (C) en esta tercera fase las muestras de testigos son analizadas desde un punto de vista de la estratigrafía, análisis biológicos, químicos y sedimentológicos proporcionan criterios esenciales y aplicables para los ambientes sedimentarios dominantes de las franjas costeras del Golfo de Guayaquil, en particular para la identificación de unidades sedimentarias anómalas como los depósitos de tsunamis.

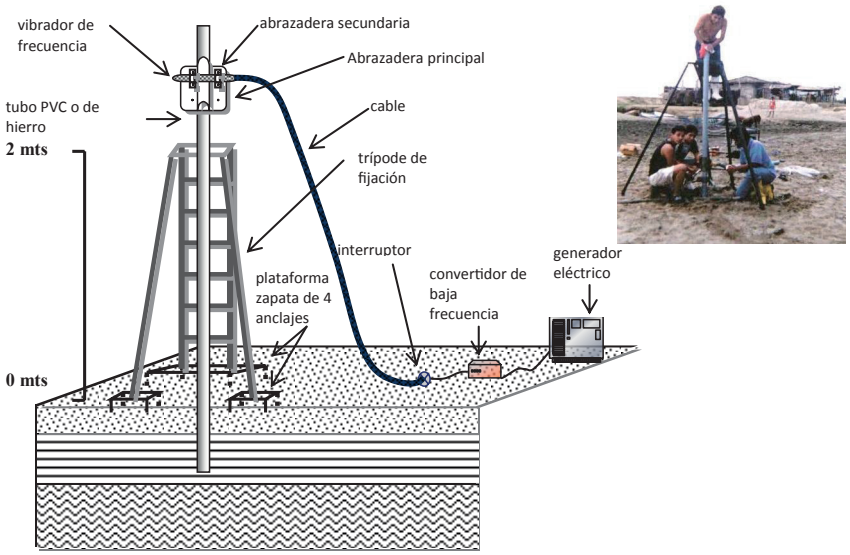

Figura 4. Diseño esquemático del testificador de vibración en proceso de extracción de muestras testigos en la planicie aluvial de El Arenal.

4. MATERIAL DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS TESTIGOS

El instrumento de extracción de muestras testigos de sedimentos (Figura 4), aplicado en este estudio, es el testificador de vibración o vibrotestificador; de construcción primaria y utilización simple, que puede ser operado por dos personas, su aplicación ha resuelto en gran parte el problema de recolectar muestras no consolidadas de sedimentos movedizos saturados de agua. El sistema de accionar en el proceso de perforación del vibrotestificador se realiza transmitiendo al tubo de muestreo PVC y a la herramienta cortante (localizada en la base del tubo) cargas vibratorias que combinadas con el esfuerzo axial creado por el peso del vibrador, efectúa la introducción del tubo en forma perpendicular a la superficie del terreno. Un cierto número de modificaciones y adaptaciones fue complementado al modelo original (ie., Martin & Flexor, 1995), con el fin de encontrar una operación más simple y tenaz. El equipo completo en su versión actual, es fácilmente transportable por un vehículo liviano y puede ser colocado en operación de extracción en tierra firme (incluyendo montaje y desmontaje) en una hora. Las características de los materiales principales y complementarios del testificador de vibración, así como el detalle de su aplicación en el campo es disponible en literatura (ie. Chunga, 2002).

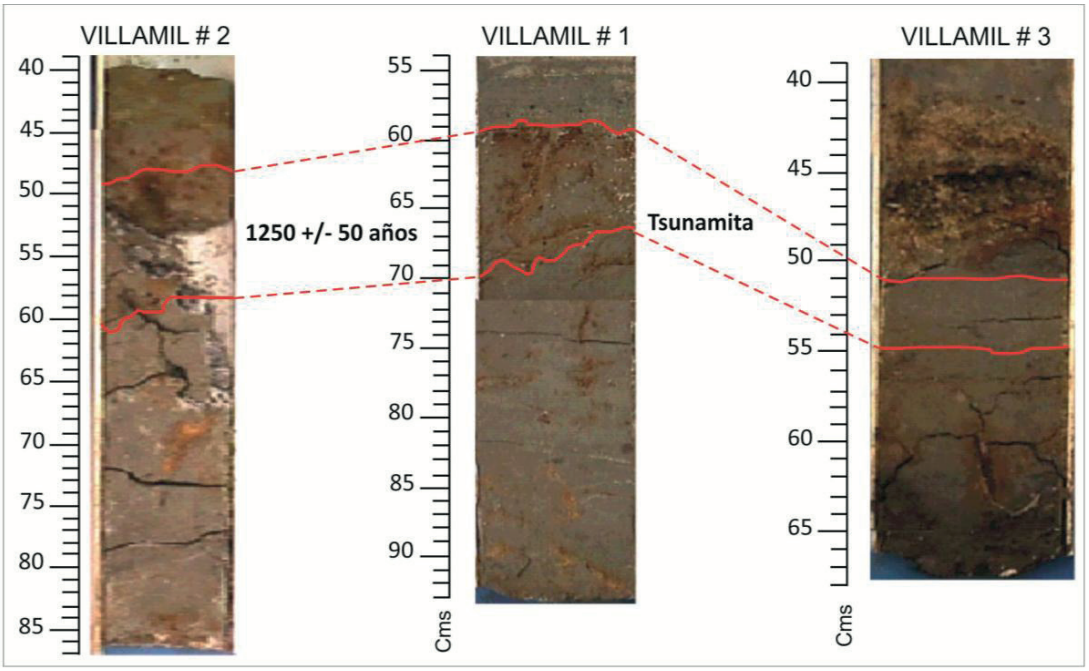

Figura 5. Correlación estratigráfica del depósito de tsunamis (tsunamita). Se estimó una edad de 1250 ± 50 años, correspondiendo a un evento tsunamigénico de gran magnitud registrado en sedimentos limosos arenosos y arenas de granos finos.

5. COMPORTAMIENTO GEOMÉCANICO DE SEDIMENTOS

El comportamiento geomécanico de los sedimentos en las planicies aluviales son variables, por ejemplo, las arenas secas en la zona "back-shore", presentaron una mayor resistencia durante el sondaje y perforación, siendo un poco dificultoso durante su extracción; y las arenas saturadas de agua, en la penetración del tubo de testigo es más fácil, pero las aguas ocupan un gran volumen en los espacios intergranulares, este es un caso típico que se observó en la estación Puerto Balao, ya que lo que se consideraba una perforación de 2.5 m, tenía 1 m de sedimento, resultado de la compresión y desalojo del agua de los espacios intergranulares. En el material de limo cohesivo se presentó una gran dificultad, debido a que este tipo de sedimento se adhería a las paredes interiores del tubo, razón por la cual era recomendable cambiar de tubo y seguir con la perforación, estos materiales se

presentaron en las tres estaciones de Playa Villamil; en cambio los limos saturados de agua presentaban una característica diferente, no presentaba dificultad durante la obtención de la muestra testigo. Para las arenas limosas y limos arenosos se observó un sondaje normal, y las longitudes de muestras en testigo fueron mayores, comparadas con los otros sedimentos. Las materias orgánicas se encontraron en su mayoría, en las estaciones de General Villamil Playas, como constituyentes en las secuencias de deposición de ambiente de estuarios y en pequeñas capas de raíces, que obstaculizaba la perforación, recurriendo a aumentar el peso por empuje manual, para así poder cortarlas y seguir avanzado en profundidad.

6. ESTRATIGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO PARA MUESTRAS TESTIGOS DE VILLAMIL PLAYAS

Debido al objeto de estudio de esta sección de describir los criterios aplicados para identificar el depósito sedimentario del Tsunamis, solamente se describirá en este artículo las características estratigráficas y sedimentológicas de las muestras testigos obtenidas en el sitio de General Villamil Playas. Información adicional sobre los ambientes costeros de las muestras obtenidas en Posorja, Puerto Balao y Tenguel, está disponible en literatura (Chunga, 2002).

6.1 Estratigrafía de muestra Testigo Villamil 1.

Para esta muestra, se identificaron 3 ambientes sedimentarios: costero de canal, transicional y de estuario subtidal; la estratigrafía es descrita desde el tope a la base de la muestra testigo. El primer ambiente costero de canal con intervalo desde los 2 cm hasta los 127 cm es interpretado como una deposición intercalada gradual, con influencia de energía débil, moderada y alta. Deposición rítmica secuencial de limo de grano fino a medio se encuentra suprayaciendo a una estratificación lensática de canalización de energía moderada a alta, constituida de arena muy fina en sedimento limoso, con laminaciones discontinuas de arena. Sucesivamente, estratificaciones cruzadas con deposiciones bidireccionales inclinadas y clastos de limos indican una depositación de energía alta de marea con predominancia de limo arenoso mal clasificado, laminaciones continuas de arena muy fina de energía débil. El cambio litológico del sedimento limo arenoso a arena limosa, ambos mal clasificados, se interpreta como una intercalación gradual progresiva de marea con comunes fragmentos de carbón (lignito).

Un evento sedimentario anómalo es identificado entre el intervalo 59 cm a 67 cm (ver Figura 7), depositación caótica de 10 cm de espesor en sedimento limo arenoso con coloraciones café rojiza y gris verdoso (Chunga et al., 2004). Su interpretación corresponde a un evento cosísmico de un depósito de tsunamis preservado, con restos de fragmentos leñosos de mangle llamado *Rhyzophora harrisonii*, encontrada en estado de oxidación, probablemente por la interacción de la salinidad alta del océano, transportada desde el talud continental por una ola tsunamis y el contenido iónico de hierro que conforma la estructura del mangle, esta hipótesis aún por confirmar. Clastos alargados horizontales de arcilla y arena muy fina dentro de sedimento limo arenoso muestran una deposición de energía débil debajo del depósito de Tsunamis.

El segundo ambiente transicional identificado desde el intervalo de los 127 cm hasta los 177 cm, se lo interpreta como una deposición secuencial progresiva decreciente en sedimento arena limosa, mal clasificado con un contacto gradacional en el intervalo 166 cm, que indica el incremento de arcilla y la disminución porcentual de la arena, acompañado con comunes fragmentos carbonosos. La determinación de este ambiente se basó en las características litológicas presentes y los constituyentes de accesorios que forman parte del sedimento estudiado como es el lignito.

Un contacto deformacional de contorno ondulado debido a la densidad de los sedimentos, es el límite estratigráfico entre el ambiente transicional y el tercer ambiente de estuario subtidal, localizado entre el intervalo de los 177 cm hasta los 206 cm, con predominancia de arena limosa, mal clasificada. Este último

ambiente se interpretó por la gran cantidad de restos plantíferos de mangle *Avicemia germinans* que se encuentran actualmente en los sectores costeros del estuario del Golfo de Guayaquil. Los Géneros de moluscos encontrados en este ambiente corresponden a *Turritelas* y *Crassostrea sp*. La edad estimada desde la datación de C_{14} realizado en este sitio y la correlación estratigráfica para esta tercera unidad sedimentaria, permitiría estimar una predominancia del ambiente de estuario subtidal hace aproximadamente 3.420 años.

6.2 Estratigrafía de muestra Testigo Villamil 2.

En relación a los ambientes sedimentarios descritos para la muestra testigo precedente, para esta muestra se ha identificado solamente 2 ambientes, costero de canal, y de estuario subtidal. La estratigrafía es descrita desde el tope a la base de la muestra testigo. El primer ambiente costero de canal delimitado entre los 9 cm hasta los 103 cm de profundidad, interpretado como una deposición intercalada gradual con influencia de energía débil, moderada y alta. La deposición rítmica secuencial de limo de grano fino a medio, muy asimétrico hacia los tamaños granulométricos más gruesos, con clastos rojizos de arcilla de energía débil, permite estratigráficamente correlacionarla con las secuencias descritas en la muestra testigo Villamil-1.

En el intervalo desde los 48 cm a los 58 cm se evidencia un depósito de Tsunamis, caracterizado estratigráficamente por la presencia de clastos "*rip-up*" de limo en arena de grano muy fino. Los clastos "rip-up" corresponden a la ola de llegada "run – up", mientras que los sedimentos limosos son deposiciones causadas por la ola "*backwash*" u ola artesa; recalcando que ambas deposiciones corresponde al mismo evento tsunamigénico. El límite inferior de este depósito es definido por un contacto erosional.

En esta unidad sedimentaria anómala se ha encontrado también restos de algas marinas y fragmentos de moluscos, los cuales son ausentes en las otras unidades sedimentarias del ambiente costero de canal. Una de las características evidenciadas y que ha permitido identificar esta unidad anómala es la presencia de fragmentos leñosos en estado de oxidación, *Rhyzophora harrisonii* o mangle rojo.

El segundo ambiente de estuario subtidal localizado entre los 103 cm y 200 cm de profundidad, es interpretado como una deposición progresiva gradual, muy asimétricos hacia los tamaños finos, con fragmentos carbonosos y restos plantíferos, constituido por sedimentos limos arenosos, con laminaciones horizontales discontinuos de arena muy fina, de energía moderada, individualizadas por 4 contactos gradacionales (a 142 cm, 180 cm, 184 cm, y 198 cm de profundidad), que indican una deposición de energía mareal débil. Los restos leñosos de mangles son los mismos encontrados en la muestra Villamil 1.

6.3 Estratigrafía de muestra Testigo Villamil 3.

Los ambientes sedimentarios identificados para esta muestra son los mismos descritos para la muestra testigo Villamil 2. Con un orden de identificación del tope a la base de la muestra testigo. El primer ambiente costero de canal, delimitado desde los 2 cm hasta los 62 cm de profundidad, es interpretado como una deposición intercalada gradual, con influencia de energía moderada y alta. La deposición rítmica secuencial de limo de grano fino a medio, muy asimétrico hacia los tamaños gruesos, con presencia de yeso mal formados, indica un transporte de sedimentos en suspensión de energía débil que también se correlaciona con la interpretación expresada en los testigos Villamil 1 y Villamil 2. Debajo de esta secuencia, clastos y laminaciones continuas y discontinuas de arcillas en sedimento limoso, intercalan con sedimento limo arenoso que suprayace una capa de 7 cm de espesor, constituido principalmente de fragmentos de yeso mal desarrollados entre 0.25 a 2.0 mm de diámetro y transportados en una matriz de limo grueso.

Un evento sedimentario preservado entre el intervalo 51.5 a 55 cm de profundidad, es

interpretado como una deposición caótica mareal de energía alta, correlacionable a la unidad anómala de depósito de tsunamis identificada en las dos muestras testigos anteriores. Aquí, la evidencia más clara para identificar este depósito es la presencia del Foraminífero bentónico *Pullenia bulloides*, cuyo hábitat corresponde a profundidades abisales entre los 3.000 metros de profundidades. Estudios realizados por el INOCAR, a través de la división de Biología, no han encontrado este microorganismo en la somera plataforma continental del Golfo de Guayaquil (ie. Boltovskoy & Muñiz, 1975), lo cual permite deducir que este microorganismo ha sido transportado por refracción a través de una onda tsunamis y depositado al interior del continente. Es importante indicar que el análisis que se llevó a cabo, fue considerado también la deposición sedimentaria por tempestitas, las cuales presentan características estratigráficas muy diferentes a las expuestas en un depósito de Tsunamis. Restos leñosos de mangles *Rhyzophora harrisonii* en estado de oxidación y fragmentos de moluscos también están presentes en esta unidad sedimentaria anómala.

El segundo ambiente, estuario subtidal es identificado desde los 63 cm hasta los 160 cm de profundidad, con predominancia de sedimentos limo arenosos y restos plantíferos de *Avicennia germinans,* conocido comúnmente como mangle negro, y fragmentos de moluscos *Crassostrea sp*; este ambiente se encuentra separado del ambiente costero de canal por un contacto deformacional bien definido de forma "*off-shots*", formado por la diferencia de densidad de los sedimentos, cuatro contactos gradacionales bien diferenciados se identificaron en los intervalos 98, 101, 120 y 122 cm de profundidad.

En conclusión, debajo del depósito de tsunamis, el análisis de Microsonda de Rayos X y de Microscopio Electrónico de Barrido (descrito en la sección 7), indica presencia de cristales de sal y cuarzo en sedimento limo arenoso, el cuarzo es muy abundante con tamaños variables entre 50 y 100 micras. En los resultados obtenidos por el análisis químico elemental se observa un aumento en la concentración de elementos Ca y Mg, en relación a los resultados de unidad sedimentaria anómala, estos iones son propios de un medio evaporítico y no aportan algún rasgo diferencial de importancia.

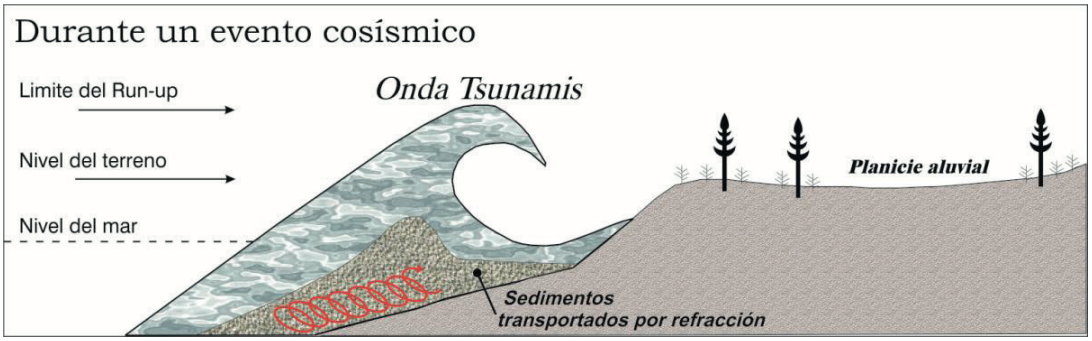

Figura 6. Diseño esquemático de un tsunamis llegando a la línea de costa. Nótese en la parte inferior de la onda, el arrastre de sedimentos de fondo marino por refracción durante el trayecto de propagación del tsunamis.

7. CRITERIOS UTILIZADOS PARA INTERPRETAR DEPÓSITOS DE TSUNAMIS EN LOS TESTIGOS VILLAMIL

En la sección precedente se describió las características estratigráficas y sedimentológicas individualizadas, en las unidades sedimentarias de las tres muestras testigos obtenidas en las planicies aluviales del sitio General Villamil Playas, con distancias variables desde la línea de costa, por ejemplo, la perforación Villamil 1 es la más lejana a la línea de costa, con una distancia de 1128 m, ubicada en medio de las otras dos perforaciones; la perforación Villamil 3, situada al noroeste de la parroquia Arenal, es la más próxima a la línea de costa, con una distancia de 580 m; y por último la perforación Villamil 2, ubicada al suroeste del sitio el Botadero, a una distancia de 788 m con respecto de la línea

de costa. Los intervalos sedimentarios que delimitan esta secuencia anómala del depósito de tsunamis son: (a) desde 59 a 67 cm en la muestra Villamil-1; (b) desde 48 a 58 cm en Villamil-2; y (c) 51.5 a 55 cm en Villamil-3.

Los criterios que permitieron identificar el depósito de tsunamis fueron: (1) unidades deposicionales tipos "*run-up*" y "*backwash*"; (2) estructuras de *Rhyzophora harrisonii* en estado de oxidación; (3) presencia de foraminífero *Pullenia bulloides* (hábitat ambiente marino talud inferior a abisal); (4) fragmentos de moluscos (ausente en los otros niveles sedimentarios); (5) clastos tipos "rip-up"; (6) matriz de clorita meteorizada (posiblemente por la degradación de la glauconita); y (7) contactos estratigráficos gradacionales y de erosión (ver Figura 6).

En los tres testigos de las muestras de Villamil se encontró restos de mangle *Rhyzophora harrisonii* en estado de oxidación, se deduce este proceso como el incremento de salinidad de aguas profundas, introducida al continente y que cambió la estructura del mangle llevándolo a un estado de oxidación, en efecto, y para confirmar esta teoría se efectuó un análisis químico elemental de Microsonda de Rayos X y de Microscopio Electrónico de Barrido, determinándose para los fragmentos del *Rhyzophora harrisonii*, un peso atómico de 48.45 % wt de Fe, 17.01 % wt de C y 9.55 % wt de O.

8. TASA DE SEDIMENTACIÓN DEL ÁREA DE VILLAMIL

Análisis de C_{14} realizado a un fragmento de leño (referido en el intervalo 145 cm de la muestra Villamil-3) estiman una edad de 3420 ± 40 B.P. La correlación de esta datación permite una aproximación en la edad del evento de tsunamis, de cerca 1250 ± 50 años, además de la tasa de sedimentación establecida para las planicies aluviales de Playas Villamil, de 0.42 mm/año.

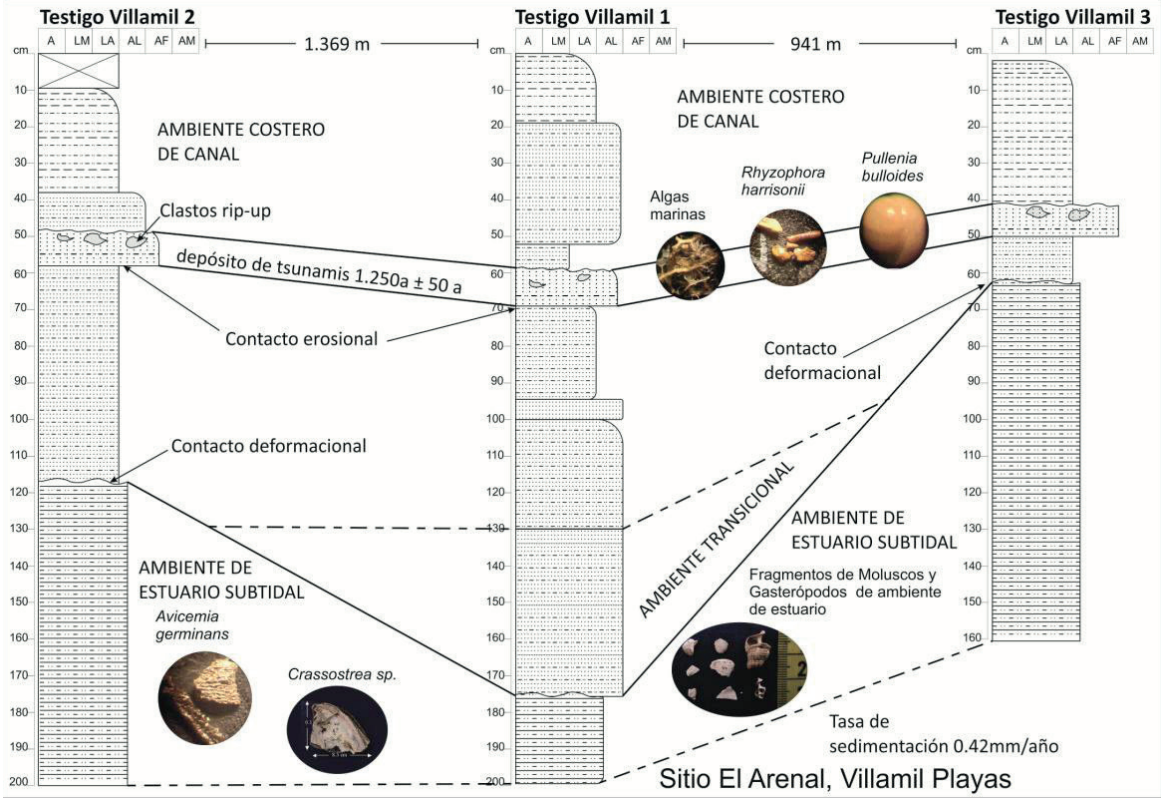

Figura 7. Correlación estratigráfica del depósito de tsunamis identificado en las planicies aluviales de El Arenal, Villamil Playas. En la columna litológica, las texturas de los sedimentos son abreviadas como: [A] arcilla, [LM] limo, [LA] limo arenoso, [AL] arena limosa, [AF] arena fina, [AM] arena media.

El bajo valor de la tasa de sedimentación explica la ausencia de restos de moluscos en todos los intervalos correspondientes al ambiente costero de canal; los moluscos de composición calcárea al estar expuestos en un medio subaéreo son fácilmente destruidos. La conservación del foraminífero *Pullenia bulloides* encontrado en el depósito de tsunamis se debió al rápido enterramiento en un medio subóxico de sedimentos provenientes de la ola tsunamis.

Pobladores del lugar afirman que en 60 años, el mar no ha avanzado hacia estas planicies y que solamente se inunda en épocas de grandes precipitaciones como el fenómeno de El Niño 1983, desbordando el estero Data y depositando mezclas de material arenoso y limoso. Las localizaciones de los cordones litorales y los cambios secuenciales de ambientes sedimentarios en profundidad, indican que esta área de estudio corresponde al tipo de playa regresiva con lentas deposiciones de sedimentos.

9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESPECTROMETRÍA DEL DEPÓSITO DE TSUNAMIS

Se procedió al análisis químico elemental de 4 muestras de sedimentos correspondientes al testigo Villamil 1, dos de ellos localizados en el depósito de tsunamis entre 60 y 66 cm de profundidad, uno, en la parte superior a 58 cm de profundidad; y otro, en la parte inferior del depósito anteriormente mencionado, a 67 cm de profundidad; utilizando el Microscopio Electrónico de Barrido y la Microsonda de Rayos X se obtuvieron resultados favorables de las concentraciones de elementos que constituyen el sedimento, con los cuales se interpretó las posibles causas de deposición que presentaron, cuyos resultados se explica a continuación.

En la muestra analizada a 58 cm de profundidad (Tabla 3), se incluye cristales de sal de tamaño menor a 30 micras y granos de cuarzo entre 70 – 100 micras en sedimento limo arenoso, con rara presencia de restos de plantas (la concentración de elemento indica un contenido de C y O); de acuerdo a los resultados de la concentración de elementos, obtenidos sobre la base de su particular energía de rayos X, como el Cl, Na, Si, Fe, estos corresponden a los minerales que están presentes en la muestra, y en el caso del Fe, es derivado del ambiente de oxidación manifestado también por el color marrón del sedimento.

La muestra tomada entre los 60 y 66 cm de profundidad correspondiente al depósito de tsunamis, dio como resultado un sedimento limo arenoso de aspecto granulado, donde sobresalen los granos de cuarzo de tamaños de 30 – 50 micras, incluidos en una matriz de clorita oxidada (posiblemente por la degradación de la glauconita), atribuyéndose está deposición a mezcla de medios continental y marino, con concentración mayor del 4 % de Fe, propia de medios arcillosos férricos. Se analizaron restos de mangle de *Rhyzophora harrisonii,* en cuyo resultado predomina el hierro como contaminante en un 48.45 % wt.

Debajo del depósito de tsunamis, el análisis efectuado a 67 cm de profundidad indica presencia de cristales de sal y cuarzo en sedimento limo arenoso; el cuarzo es muy abundante con tamaños variables entre 50 y 100 micras. De acuerdo a los resultados químicos dados por el análisis de Microsonda de Rayos X, se observa un aumento en la concentración de elementos Ca y Mg, en relación a los resultados de las muestras anteriormente descritas; estos iones son propios de un medio evaporítico y no aportan algún rasgo diferencial de importancia.

10. CONCLUSIONES

Terremotos históricos documentados al interior del Golfo de Guayaquil inician desde 11 de junio de 1787 (magnitud estimada 6.5, intensidad macrosísmica de VIII). En su totalidad se han registrado 26 sismos con magnitudes en el orden de $5.5 \leq M \leq 7.8$. Los terremotos que generaron eventos por tsunamis han sido poco documentados; el terremoto del 7 de enero de 1901, de magnitud 7.8 (otros catálogos estiman 7.6), frente a la Península de

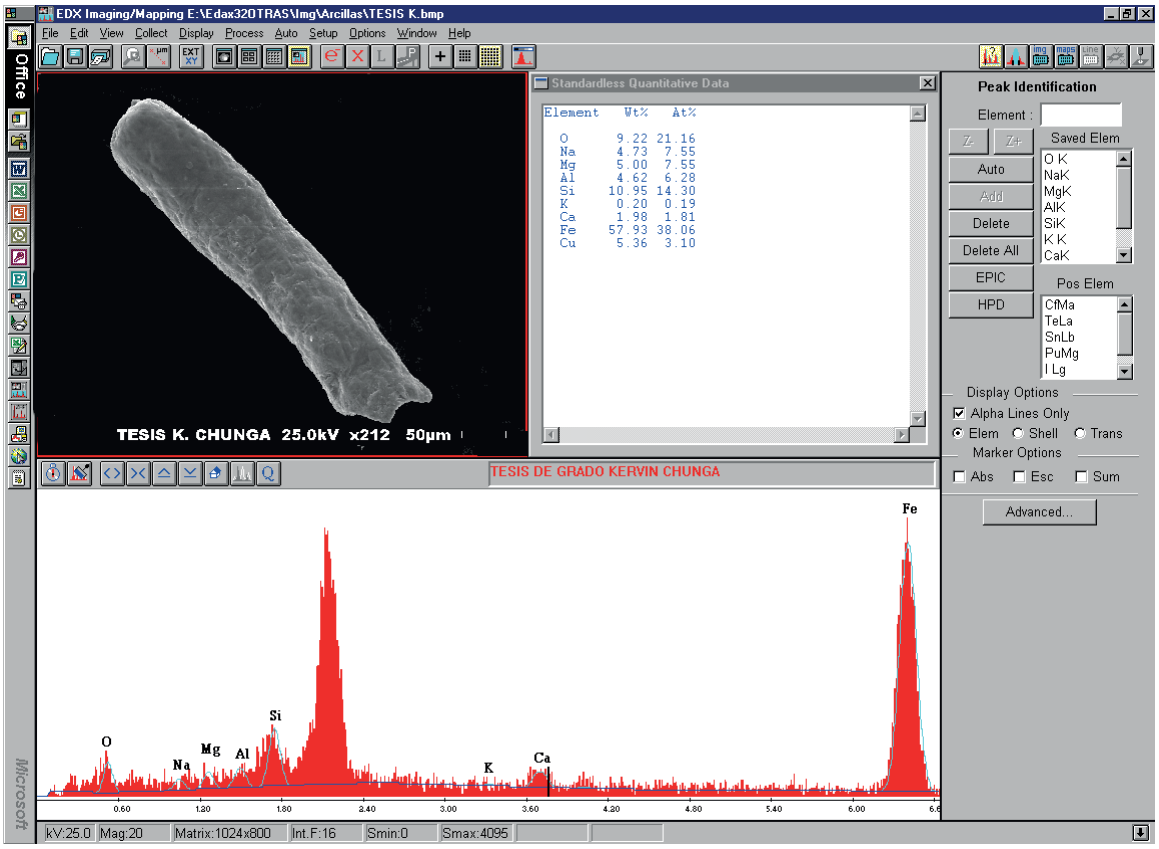

Figura 8. Espectro efectuado en el depósito de tsunamis indica los resultados de la concentración de elementos obtenidos a partir del Microscopio Electrónico de Barrido y la Microsonda de Rayos X. Se determinó una matriz de clorita oxidada, atribuyéndose esta deposición a mezcla de medios continental y marino.

ESPECTROMETRIA DE RAYOS X													
CODIGO	MUESTRAS	ANALISIS ELEMENTAL WT (%)											OBSERVACIONES
	Cms	C	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe	Cu	
1KCH1	58	14.3	21.8	8.0	0.8	7.0	28.4	6.7	1.4	1.5	6.7	7.0	Muestra total
1KCH2	58		7.8	34.0				58.2					Sal
2KCH1	60 - 66		13.0	3.0	1.8	8.4	28.4	2.9	3.3	0.8	35.4	3.0	Matriz
2KCH2	61 - 66	6.6	23.0	2.7	1.4	9.9	34.0		0.4	1.4	19.0	1.6	Muestra total
2KCH3	62 - 66	17.0	9.6	3.6	3.8	3.4	8.0		0.2	1.6	48.5	4.3	Mangle
3KCH1	67	3.4	24.5	4.0	3.0	10.0	35.3	2.4	1.8	5.6	9.0	1.0	Muestra total

Tabla 3. Resultados de Espectrometría de Rayos X realizadas a las muestras del testigo Villamil 1. [wt]: peso atómico.

Santa Elena, no tiene suficiente documentación que permita evaluar los daños macrosísmicos en el terreno; otro evento como el tsunamis del 2 de octubre de 1933 (Magnitud 6.9) documenta oscilaciones del nivel del mar, con alturas de ondas de tsunamis en el orden de los 2 a 2.5 m, penetrando como forma de inundación y no como oleaje turbulento hacia el borde costero de Santa Elena. El tsunamis del 12 de diciembre de 1953 (magnitud 7.8), generado frente a la costa de Tumbes (frontera Ecuador – Perú) reporta ondas de 20 cm de altura para la población de La Libertad y rápida inundación para la franja costera de Salinas. El terremoto tsunamis del 7 de febrero de 1959 (Mw 7.2) no proporciona mayores datos relevante a efectos cosísmicos en el terreno.

Desde un punto de vista del análisis paleosismológico, se confirmó el primer depósito de tsunamis (aprox. 1250 ± 50 años) documentado en la región costera del Ecuador, identificado en la planicie aluvial del sitio El Arenal, Villamil Playas. Los análisis biológicos, químicos, estratigráficos y sedimentológicos proporcionan criterios esenciales y aplicables para los ambientes sedimentarios dominantes de las franjas costeras del Golfo de Guayaquil. Estos criterios indican los procedimientos de análisis en detalle a ser considerados, para identificar nuevas unidades sedimentarias anómalas que permitan completar el registro paleo-histórico, y de este modo reconstruir la evolución paleo-ambiental del Golfo de Guayaquil.

Las características texturales indican que los sedimentos localizados en el área de Villamil Playas son predominantemente limos de granos finos y arenas muy finas, mal clasificados, con asimetrías que van de asimétricos hacia los tamaños finos en la base, hasta muy asimétricos hacia los tamaños gruesos en el tope.

Se identificaron tres tipos de ambientes sedimentarios evidenciados en las planicies aluviales de Villamil Playas: ambiente Costero de Canal con deposiciones intercaladas graduales de energía débil, moderada y alta; el ambiente Transicional, identificado sólo en los sedimentos del testigo Villamil 1, con una deposición secuencial progresiva decreciente de energía moderada; y el ambiente de Estuario Subtidal, de energía moderada con predominancia de arena limosa, mal clasificada.

La presencia de cordones litorales y los cambios secuenciales de ambientes sedimentarios en profundidad, indican que la planicie aluvial de Villamil corresponde al tipo de playa regresiva, con lentas depositaciones de sedimentos.

La Tasa de sedimentación en las planicies aluviales de Villamil, determina que cada 10 años existe una sedimentación de 0.42 cm, o dicho de otra manera 1 cm de deposición cada 23 años. Este valor explica la ausencia de restos de moluscos, las cuales son destruidos por estar expuestos en un medio subaéreo y necesitarían de un medio subóxico para ser conservados.

Se correlacionó estratigráficamente las tres perforaciones efectuadas en el sitio Arenal de Villamil Playas, delineando una secuencia sedimentaria anómala por tsunamis. Es probable que este evento tenga su origen en el prisma de acreción de la zona tectónica de subducción, donde fallas corticales de tipo inversa (de ca. 70 Km de longitud) puedan generar terremotos con magnitudes mayores a 7.

11. AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Prof. Dr. Jean François Dumont, por su valiosa orientación y ayuda en todas las fases de investigación del presente trabajo. La metodología de trabajo del Prof. Dumont es representada en este artículo, siendo importante recalcar que ha sido el primer científico investigador en implementar la disciplina de paleosismología en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antenor A. (2000). Geological and

Geophysical evaluation of Progreso Basin, Southwest Ecuador. Duke Energy.

Arreaga P., Ortiz M. (2002). Análisis de riesgo por tsunamis en el Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 11, No. 1.

Baldock, J.W. (1983). Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, Esc. 1:1,000,000. Min. Rec. Nat. Energ., Quito, 10., Quito.

Barazangi M., Isacks, B.L. (1976). Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America: Geology, v. 4, p. 686-692.

Benítez S. (1995). Evolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au crétacé supérieur - Tertiaire: Géologie Alpine, v. 71, p. 3-163.

Boltovskoy E. & Muñiz L. (1975). Foraminíferos de la zona de Manglar de Guayaquil – Ecuador. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernandino Rivadavia". Tomo V, No- 3.

Bourdon E., Eissen J-P. (2003). Magmatic response to early aseismic ridge subduction: the Ecuadorian margin case (South America), Earth and Planetary Science Letters, 205(3-4): 123-138.

Cahuari A. (2006). Análisis estadístico del Mo a partir de la Magnitud local (Ml). Compendio de trabajos de Investigación CNDG-Biblioteca. Instituto Geofísico del Perú. V.7, p. 27-42.

Chunga K. (2010). Shallow crustal earthquakes and seismic zonation for Ecuador through the integration of geological, seismological and morphostructural data. University of Insubria. Ph.D. Thesis, p. 165. (Italian version)

Chunga K. (2002). Identification of sedimentary events in the coastal zones of the Gulf of Guayaquil (Ecuador)". University of Guayaquil. Geological Engineering Thesis, p. 150. (Spanish version)

Chunga K., Dumont J.F., Iturralde D., Ordóñez M. (2004). Evidence of a tsunami deposit about 1250 yr B.P., Gulf of Guayaquil, Ecuador. Mem. The 32nd International Geological Congress Florence – scientific sessions: abstract-124, Italy.

Chunga K., Michetti A., Gorshkov A., Panza G.F., Soloviev A., Martillo C. (2011). Aplicación del método de zonación morfo-estructural para identificar nudos sismogénicos en la región costera y cadenas montañosas de los Andes septentrionales del Ecuador. Revista Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 16, pág. 120 – 144.

Cobos L., Montenegro G. (2010). Estudio integrado del Golfo de Guayaquil del Mioceno al reciente. Revista CICYT-ESPOL, 1-8.

CONVEMAR (2010). Reporte científico a bordo del B.I.-91 "ORION" para el estudio geológico del margen de plataforma continental del Golfo de Guayaquil (GEMAC). CNDM - Convención Nacional de Derecho del Mar del INOCAR, Reporte Técnico, 66 pág.

Collot J-Y, Michaud F., Alvarado A., Marcaillou B., Sosson M., Ratzov G., Migeon S., Calahorrano A., Pazmiño A. (2010). Visión general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador-Sur de Colombia: implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subducción de la Cordillera de Carnegie. Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM) - Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). Geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador desde la costa continental hasta las islas Galápagos. ISBN-978-9978-92-737-3. Pág. 47-74.

Dumont J.F., Santana, E., Vilema, W., Pedoja, K., Ordoñez, M., Cruz, M., Jimenez, N. and Zambrano, I. (2005). Morphological and microtectonic analysis of Quaternary deformation from Puna and Santa Clara Islands,

Gulf of Guayaquil, Ecuador (South America), Tectonophysics. 399, 331– 350.

Eguez A., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M.N., Costa, C.H., Dart, R.L., and Bradley, L.-A. (2003). Database and map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-289.

Espinoza J. (1992). Terremotos Tsunamigénicos en el Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, 7(1), 21-28.

Gutscher, M. A., J. Malavieille, S. E. Lallemand, and J. Y. Collot (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: Impact of the Carnegie Ridge collision, Earth Planet. Sci. Lett., 168, 255–270, 1999.

LRG (1986). El Estudio de la Cuenca del Golfo de Guayaquil. Informe integrado para la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE). Reporte técnico, 129 páginas.

Martin L. & Flexor J. M. (1995). Vibrotestemunhador leve: construcao, utilizacao e potencialidades. Rev. I. G. Sao Paulo, 16 (1/2), 59 – 66.

Mendoza C., and Dewey, J.W. (1984). Seismicity associated with the great Colombia-Ecuador earthquakes of 1942, 1958 and 1979: implications for barrier models of earthquake rupture: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 74, p. 577-593.

MHQ (1879). Relación del terremoto que asoló a Guayaquil el 11 de junio de 1787. Museo Histórico, Organo del Museo de Historia de la ciudad de Quito, Ecuador. No. 41-42.

NEIC (National Earthquake Information Center) http://neic.usgs.gov/

Nuñez del Arco, E., Dugas F., Labrousse, (1986). Contribución al conocimiento estratigráfico, sedimentológico y tectónico de la región oriental de la península de Santa Elena y parte Sur de la cuenca del Guayas (Ecuador) en base a 17 hojas topográfica 1/50.000. Actas del III Congreso Ecuatoriano de Ingeniería, Geología, Minería y Petróleos, Guayaquil, v. IB., 33p.

RENSIG. Red Nacional de Sismografos del Instituto Geofisico, Escuela Politenica Nacional de Quito. http://www.epn.edu.ec/

Silgado F.E. (1957). El movimiento sísmico del 12 de diciembre de 1953. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, vol.32, Part 2, pp.225-238.

Wells D. L., Coppersmith K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 84, p. 974-1002.

White S.M., Trenkamp R., Kellogg J.N. (2003). Recent crustal deformation and the earthquake cycle along the Ecuador-Colombia subduction zone. Earth and Planetary Science Letters 216, 231-242.

Witt C., Bourgois J., Michaud F., Ordonez M., Jimenez N., Sosson M. (2006). Development of the Gulf of Guayaquil (Ecuador) during the Quaternary as an effect of the North Andean block tectonic escape. Tectonics, vol. 25, TC3017, doi:10.1029/2004TC001723

ESTABLECIMIENTO DEL DÁTUM VERTICAL PARA LA CARTOGRAFÍA DEL ECUADOR 2010

Jorge Alavera[1]
Jorge Nath[1]

RESUMEN

En el Ecuador se encuentran dos tipos de Cartografía Oficial: la cartografía terrestre y la cartografía náutica elaboradas por el Instituto Geográfico Militar y el Instituto Oceanográfico de la Armada respectivamente; sin embargo, el presente ensayo tiene como objetivo detallar la metodología que se establece para obtener un dátum vertical a partir de los registros de la variación del nivel del mar en la Estación Patrón de la Libertad (02º13' 04"S, 80º54'23"W).

ABSTRACT

In Ecuador there are two types of official cartography: land mapping and nautical charting developed by the Military Geographic Institute and the Oceanographic Institute of the Navy respectively, however, this essay aims to detail the methodology for establishing obtain a vertical datum from the records of sea level change in the pattern of Liberty Station (02º13' 04"S, 80º54'23"W).

1 Departamento de Hidrografía, Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, levantamiento@inocar.mil.ec
1 Departamento de Hidrografía, Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, jnath@inocar.mil.ec
*Figura obtenida de la dirección electrónica www.danotario.com/articulos/articulo15.php

INTRODUCCIÓN

El proceso cartográfico cualquiera que sea su objetivo, necesita de un plano de referencia horizontal y vertical (dátum horizontal y vertical respectivamente) como punto de partida para plasmar las mediciones geodésicas, topográficas e hidrográficas obtenidas en campo a un plano de dos dimensiones, tales como los mapas, cartas náuticas y planos; un sistemas geodésicos de referencia en general puede clasificarse en dos tipos: aquellos que pueden ser descritos por modelos matemáticos y los descritos por los modelos físicos; como ejemplo de los modelos matemáticos se cita al elipsoide, mientras que el geoide constituye un buen ejemplo para los modelos físicos.

La cartografía terrestre y la cartografía náutica en el Ecuador son elaboradas por el Instituto Geográfico Militar (IGM)y el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) respectivamente; sin embargo, el presente ensayo tiene como objetivo el establecimiento de un dátum vertical a partir de los registros de la variación del nivel del mar en la Estación de la Libertad, Paredes (2004) describe el desarrollo y necesidad de establecer un Datum Vertical oficial, y la instalación de una estación mareográfica en la localidad de La Libertad, la misma que fue instalada en 1948, el Datum calculado son aplicados y referidos a las cotas que el IGM transporta a todas las ciudades del Ecuador.

Superficie de Referencia Vertical para Cartografía Terrestre

En virtud de que un sistema de referencia busca definir la forma y dimensiones de la tierra, el Geoide (Ver Figura 1) conceptualizado como la superficie equipotencial del campo de la fuerza de gravedad y por tanto depende de la distribución de la masa de la tierra, constituye una excelente superficie de referencia vertical para planificación, ejecución y control de obras de ingeniería, manejo de planes ante desastres, modelos para tsunamis así como para las tareas cartográficas terrestres, entre otras aplicaciones; este Plano de Referencia Vertical o Dátum Vertical pude ser materializada por el Nivel Medio del Mar y de allí la importancia para calcular éste a través de los registros de la variación del nivel del mar registradas en un período determinado.

El Instituto Oceanográfico de la Armada como órgano asesor del Estado en temas técnicos relacionado a la Cartografía Náutica ha considerado conveniente el establecimiento de una Red Mareográfica Nacional permanente con la finalidad de que el monitoreo constante de la variación del nivel del agua tanto en la zona costera como a lo largo del río Guayas permita determinar diferentes planos de referencia vertical, siendo la estación más antigua la instalada en la localidad de “La Libertad”.

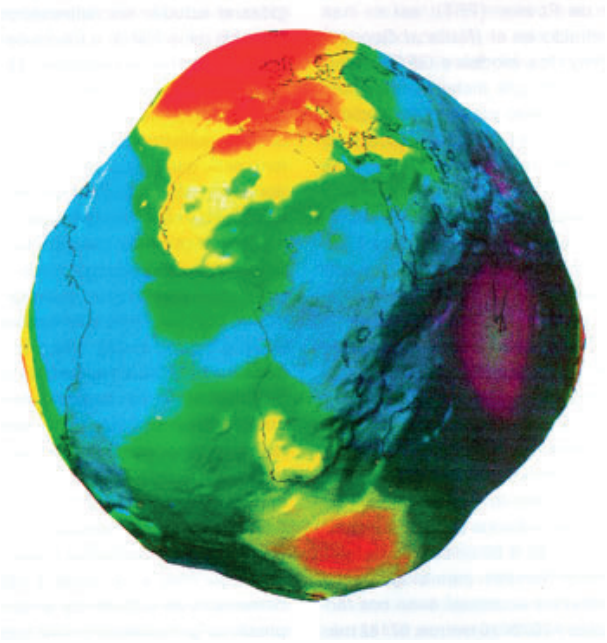

Figura 1, Ondulación del geoide obtenida mediante perturbaciones orbitales de satélites geodésicos.*

Para establecimiento del Nivel Medio del Mar es necesario en primer lugar determinar la serie de tiempo idónea para su cálculo y por tanto es menester primero entender cuáles son las fuerzas generadoras de mareas. Las fuerzas generadoras básicamente lo constituyen las fuerzas de atracción del sol y de la luna, siendo esta última 2,5 veces mayor que la del sol a pesar de que posee una masa 352 veces menor; por tanto el movimiento oscilatorio del mar está mayormente influenciado por los movimientos de la luna. Los movimientos de la luna más conocidos pueden ser descritos por los ciclo

de sicigia cuadratura, de apogeo perigeo, de declinación y el memos conocido de éstos es el ciclo de Metón o movimiento de precesión cuyo período es de 18,9 años, por lo tanto varios Servicios hidrográficos han convenido adoptar a 20 años de observación como el período ideal para realizar cualquier tipo de análisis.

METODOLOGÍA

Previo al análisis estadístico de los registros de la variación del nivel del mar es necesario que todos los datos sean llevados a un plano de referencia común, esto se debe a que cada vez que el sensor registrador del nivel del mar es removido para mantenimiento, se genera un nuevo plano de referencia para los registros (Ver Ejemplo Gráfico 1).

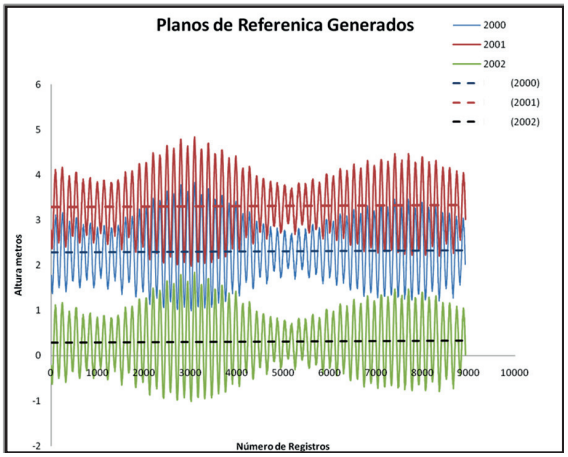

Gráfico 1.- Diferencias entre planos de referencia de los registros

Como segundo paso se procede a revisar por método gráfico la calidad de los datos (Ver Gráfico 2), eliminando aquellos datos que se encuentran fuera de lo normal (outlayer, spike).

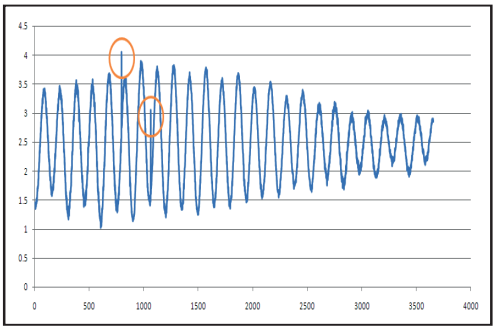

Gráfico 2, Eliminación de registros falsos

Para cuantificar la diferencia entre los plano de referencia generados, primero se debe escoger la nivelación de referencia o punto de partida, para luego mediante sustracción directa obtener el valor que se sumará algebraicamente a la serie de datos recolectados; es decir la diferencia de los planos de referencia se obtendrá al restar del valor tomado como punto de partida los valores de las cotas calculadas para esa marca de nivel en cada una de las nivelaciones realizadas. Es importante que cada nivelación sea acompañada con la fecha a la cual se ejecutó la nivelación puesto que es la única manera de vincular la diferencia encontrada con los registros.

RESULTADOS OBTENIDOS

Del registro de las nivelaciones ejecutadas entre el cero de la regla y las cotas de marea asociadas a la estación mareográfica La Libertad se puede determinar claramente que la mejor cota para tomarla como referencia es la cota llamada BM 48 (02°13’13” S, 80°54’ 16”O), en virtud de que es la cota que tiene mayor densidad de datos de nivelación.

Conforme a la metodología propuesta se procede al cálculo de las diferencias entre los distintos planos generados por la variación de la ubicación del cero del sensor a lo largo del tiempo, para lo cual se toma como punto de partida la nivelación de 1952, tal como se muestra en la Tabla 1, metodologías utilizadas por Paredes (1986) y Vera (2004).

Una vez calculadas las diferencias pertinente entre los planos de referencia se procede a aplicar las correcciones a los registros conforme las fechas de las nivelaciones para así continuar con el análisis estadístico descriptivo; considerando que el promedio es un estadístico influenciado por valores extremos, esta metodología propone excluir los valores anómalos; Vera (2004) manifiesta que los valores extremos eliminados pueden ser no reemplazados con sus valores medios no afecta el resultado final; es decir, aquellos valores asociados a los años en que estuvo presente condiciones atípicas del nivel del mar, específicamente aquellas influenciadas por eventos “El Niño” y “La Niña” ocurridas entre 1982 - 1983 y 1997 - 1998 para así evitar cualquier tipo de sesgo.

Estacion	FECHA	14/07/1952	20/11/1952	20/08/1953	15/01/1955	16/07/1955	17/04/1956	30/03/1957	20/11/1957	19/11/1958	06/07/1967	25/02/1970	18/02/1971	24/10/1971
BM 8	1948	14.717	14.717	14.717	14.628	14.731	14.732	14.732	14.747	14.256	14.261	14.358	14.166	14.180
DIF 52	BM 48	0.000	0.000	0.000	0.089	-0.014	-0.015	-0.015	-0.030	0.461	0.456	0.359	0.551	0.537

Estacion	FECHA	29/11/1972	10/06/1973	24/09/1975	18/10/1977	24/04/1983	01/01/1984	18/03/1985	04/09/1986	31/08/1987	02/08/1988	29/09/1989	28/04/1990	02/10/1990
BM 8	1948	14.178	14.183	14.176	14.195	14.317	14.411	14.411	14.412	14.415	14.413	14.418	14.478	14.490
DIF 52	BM 48	0.539	0.534	0.541	0.522	0.400	0.306	0.306	0.305	0.302	0.304	0.299	0.239	0.227

Estacion	FECHA	14/02/1991	04/05/1991	03/05/1992	27/03/1993	15/03/1995	27/03/1998	29/03/1999	16/02/2000	08/04/2002	06/04/2003	21/05/2004	01/11/2006	02/05/2008	02/05/2009
BM 8	1948	14.557	14.623	14.476	14.476	14.496	14.503	14.506	14.495	14.477	14.515	14.525	14.548	14.553	14.575
DIF 52	BM 48	0.160	0.094	0.241	0.242	0.221	0.214	0.211	0.223	0.240	0.202	0.192	0.170	0.164	0.146

Tabla 1.- Nivelaciones históricas de la estación "La Libertad"

ANÁLISIS

Ya que hasta el año 1999 sólo se guardaban registros horarios de la variación del nivel del mar. la incertidumbre asociada a determinar el promedio es mucho más grande a la obtenida al utilizar datos más frecuentes (c/ 5 minutos) y por tanto es necesario determinar esta diferencia y para lo cual se va a contrastar los promedios obtenidos tanto utilizando datos horarios como cada cinco en el período 2000-2007. (Ver Tabla 2.)

El análisis estadístico descriptivo aplicado a la diferencia entre los promedios obtenidos, muestran que los promedios mensuales provenientes de los datos horarios tienen una incertidumbre de +/- 1.5 cm al 95% de confianza respecto a los obtenidos con los registros más frecuentes, por tanto si podemos inferir los resultados obtenidos de comparación, los

año / mes	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	min	Hr	min	Hr	min	Hr	min	Hr	min	Hr	min	Hr	min	Hr.	min	Hr.
Enero			2.59	2.58	2.53	2.52	2.59	2.57	2.58	2.60	2.55	2.54			2.61	2.60
Febrero	2.48	2.48	2.58	2.58	2.63	2.62	2.55	2.53	2.59	2.61	2.57	2.59	2.68	2.68	2.54	2.53
Marzo	2.55	2.55	2.53	-	-	2.61	2.59	2.57	2.56	2.58	2.72	2.74	2.60	2.60	2.54	2.53
Abril	2.62	2.62	2.49	2.49	2.60	2.60	2.56	2.57	2.56	2.57	2.80	2.83	2.61	2.61	2.55	2.54
Mayo	2.65	2.65	2.49	2.48	2.63	2.61	2.60	2.61	2.66	2.66	2.74	2.73	2.66	2.66	2.62	2.61
Junio	2.64	2.63	2.48	-	-	2.60	2.53	2.55	2.72	2.72	2.69	2.72	2.61	2.61	2.60	2.59
Julio	2.53	2.54	2.48	2.49	2.56	2.55	2.57	2.60	2.51	2.51	-	-	2.61	2.60	2.59	2.58
Agosto	-	-	2.47	2.47	2.51	2.49	2.58	2.59	2.54	2.54	2.65	2.68	2.60	2.60	2.57	2.56
Septiembre	2.53	2.53	2.50	2.50	2.56	2.53	2.54	2.54	2.53	2.56	2.68	2.72	2.62	2.62	2.56	2.55
Octubre	2.55	2.54	2.56	2.56	2.60	2.58	2.60	2.61	2.58	2.61	2.68	2.71	2.64	2.64	2.57	2.55
Noviembre	2.50	2.50	2.55	2.54	2.68	2.66	2.61	2.63	2.54	2.57	2.73	2.76	2.60	2.60	2.62	2.61
Diciembre	2.54	2.54	2.54	2.53	2.67	2.65	2.65	2.67	2.54	2.56	2.64	2.68	2.60	2.60	2.61	2.61

Tabla 2. Comparación promedio datos horarios vs. Intervalos de 5 min.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ENERO	2.470	2.480	2.590	2.690	2.580	2.520	2.610	2.610	2.690	2.600	2.610	2.650	2.530	2.540		2.586	2.532	2.594	2.581	2.545	2.654	2.606	2.655	2.595
FEBRERO	2.530	2.510	2.490	2.770	2.580	2.550	2.570	2.640	2.780	2.620	2.570	2.640	2.550	2.520	2.483	2.584	2.633	2.551	2.588	2.565	2.675	2.538	2.641	2.618
MARZO	2.560	2.520	2.550	2.610	2.610	2.590	2.560	2.590	2.780	2.580	2.540	2.540	2.520	2.570	2.552	2.530	2.605	2.592	2.562	2.715	2.600	2.540	2.652	2.640
ABRIL	2.540	2.530	2.570	2.660	2.550	2.610	2.570	2.580	2.740	2.650	2.570	2.520	2.510	2.530	2.624	2.493	2.602	2.563	2.557	2.803	2.607	2.553	2.715	2.686
MAYO	2.570	2.550	2.570	2.690	2.550	2.610	2.540	2.620	2.610	2.680	2.620	2.530	2.540	2.620	2.652	2.485	2.627	2.598	2.661	2.737	2.655	2.617	2.769	2.776
JUNIO	2.560	2.590	2.600	2.620	2.580	2.600	2.520	2.610	2.630	2.640	2.640	2.560	2.520	2.550	2.635	2.483	-	2.531	2.719	2.694	2.613	2.596	2.741	2.746
JULIO	2.550	2.510	2.620	2.590	2.570	2.550	2.510	2.590	2.570	2.580	2.570	2.560	2.520	2.520	2.525	2.481	2.561	2.573	2.510	-	2.605	2.586	2.540	2.730
AGOSTO	2.570	2.540	2.570	2.620	2.540	2.550	2.530	2.590	2.560	2.550	2.350	2.500	2.500	2.450	2.501	2.467	2.514	2.581	2.542	2.649	2.599	2.566	2.514	2.728
SEPTIEMBRE	2.550	2.540	2.550	2.620	2.540	2.560	2.570	2.540	2.530	2.550	2.350	2.510	2.520	2.460	2.530	2.503	2.555	2.543	2.532	2.684	2.619	2.561	2.627	2.710
OCTUBRE	2.540	2.540	2.630	2.630	2.520	2.600	2.570	2.600	2.550	2.580	2.650	2.520	2.500	2.490	2.547	2.559	2.598	2.599	2.583	2.675	2.641	2.566	2.601	2.706
NOVIEMBRE	2.540	2.520	2.650	2.610	2.500	2.610	2.550	2.660	2.570	2.680	2.670	2.500	2.510	2.480	2.499	2.545	2.679	2.608	2.543	2.728	2.603	2.623	2.603	2.757
DICIEMBRE	2.560	2.550	2.590	2.570	2.520	2.600	2.550	2.630	2.650	2.670	2.680	2.490	2.510	2.480	2.543	2.535	2.670	2.647	2.535	2.642	2.603	2.610	2.615	2.853
PROMEDIO	2.550	2.530	2.580	2.640	2.550	2.580	2.550	2.610	2.640	2.620	2.570	2.540	2.520	2.520	2.550	2.520	2.600	2.580	2.580	2.680	2.620	2.580	2.640	2.710

Tabla 3. Promedio mensual de las variaciones del nivel del mar en la estación "La Libertad"

promedios obtenidos hasta 1999 poseen una incertidumbre igual a la encontradas, cabe indicar que esta incertidumbre es incrementada por la precisión del sensor empelado para su medición y registro y por tanto es muy difícil determinar alguna tendencia.

Una vez considerado los factores antes descritos se procede a construir la Tabla 3 en la cual se detallan los promedios mensuales de la variación del nivel del mar entre el 2000-2009 a partir de los registros guardados cada 5 minutos, mientras que hasta 1999 son obtenidos a partir de los datos horarios.

Los promedios resumidos en la Tabla 3 y mostrados en el Gráfico 3, sugieren que el nivel medio del mar tiene un comportamiento oscilatorio en los últimos 20 años, sin embargo a partir del 2000 se puede aprecia una tendencia positiva en los datos sin perder el comportamiento antes mencionado.

La tendencia positiva mostrado en los datos anuales del nivel medio del mar en la última década pueden ser mejor observados en el Gráfico 4 y expresada con la ecuación $y = 0{,}014x + 2.518$, lo que indica que el nivel medio del mar ha ido aumentado a razón de 1.2 cm por año aproximadamente en este periodo de estudio.

Debido a que durante el procesamiento de la información se utilizó como punto de partida la nivelación de 1952 y considerando que en la actualidad la regla de marea se encuentra generando otro plano de referencia, es necesario referir el nivel medio calculado al cero de la regla de marea actual.

En la Tabla 4. se muestra el cuadro resumen del análisis estadístico de los promedios anuales entre 1984 y el 2009; el nivel medio calculado se ubica a 2.585 metros del cero de la regla de 1952, para referir el nivel medio del mar de la estación La Libertad calculado al cero de la regla actual simplemente se resta la diferencia encontrada al comparar las cotas de la marca de nivel BM48 en 1952 y en el 2009, existe una diferencia de 0.16 metros como se aprecia en la Tabla 1, obteniéndose por tanto que el nivel medio del mar esté a 2.441 metros del cero de la regla.

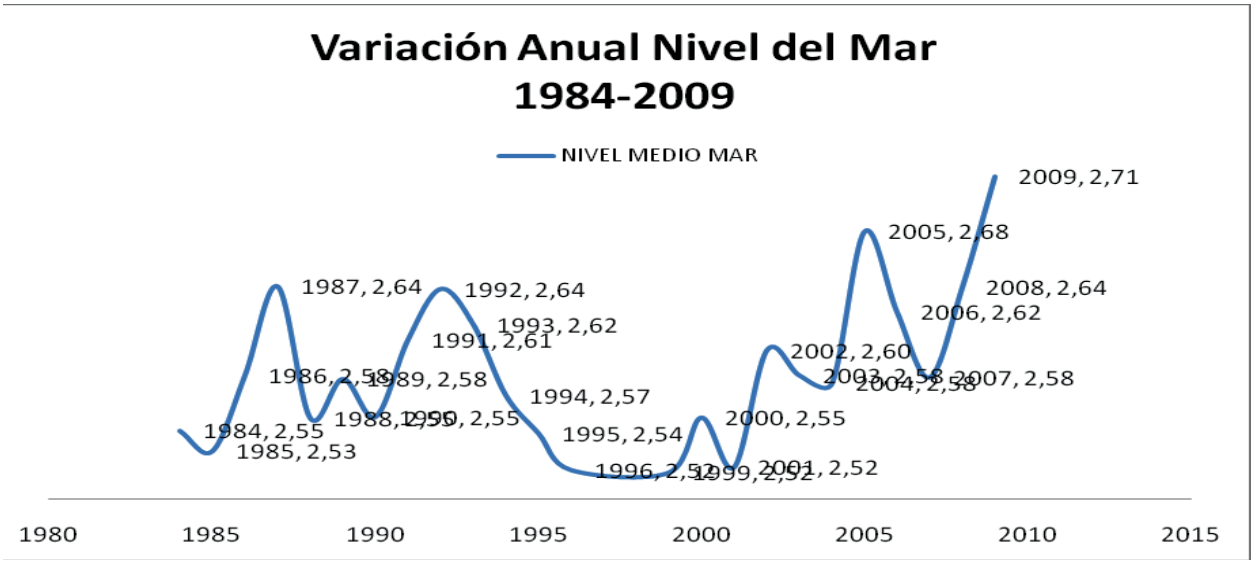

Gráfico 3. Nivel medio del mar 1984-2007 "La Libertad"

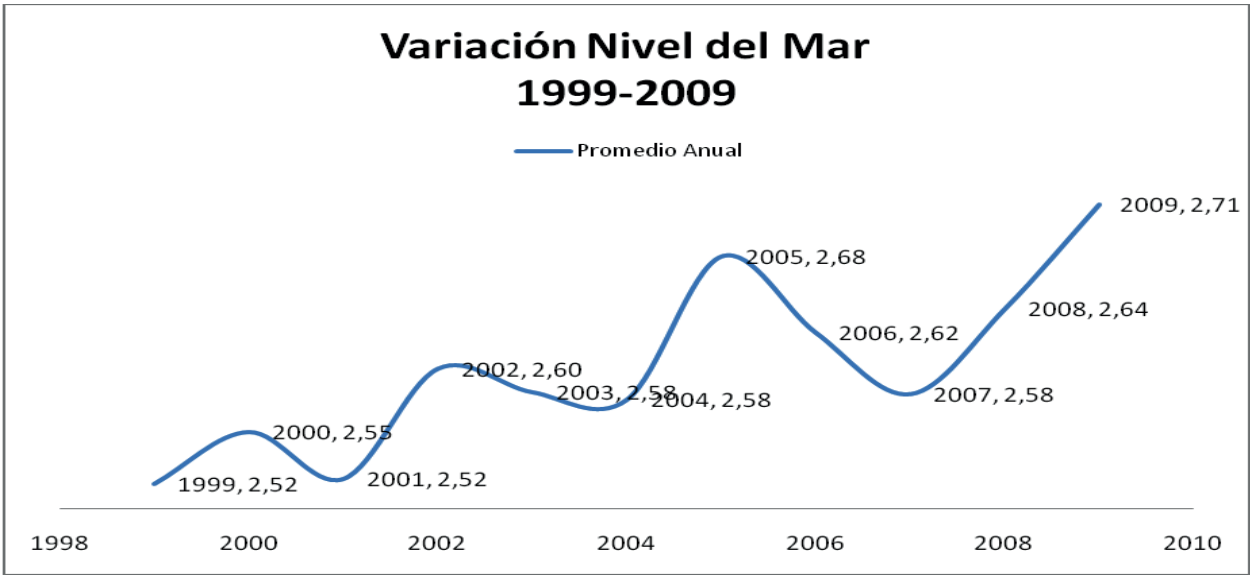

Gráfico 4. Nivel medio del mar 1999-2009 "La Libertad"

	84-89	90-99	00-09	84-09	88-09
Enero	2.560	2.610	2.590	2.590	2.590
Febrero	2.570	2.610	2.590	2.590	2.590
Marzo	2.570	2.590	2.600	2.590	2.590
Abril	2.580	2.580	2.620	2.600	2.600
Mayo	2.590	2.600	2.660	2.620	2.620
Junio	2.590	2.580	2.640	2.610	2.610
Julio	2.570	2.550	2.570	2.560	2.560
Agosto	2.570	2.500	2.570	2.550	2.540
Septiembre	2.560	2.500	2.590	2.550	2.550
Octubre	2.580	2.560	2.610	2.580	2.580
Noviembre	2.570	2.580	2.620	2.590	2.600
Diciembre	2.570	2.580	2.630	2.600	2.600
Promedio	**2.570**	**2.570**	**2.610**	**2.585**	**2.588**

Tabla 4. Cuadro resumen del nivel medio del mar.

CONCLUSIÓN

La cota de marea de nivel BM 3 (02°13'10"S, 80°54'19"O) es considerada como punto de partida para el arrastre de la nivelación de toda la red de Control Básico Vertical del País ejecutado por IGM, por lo cual la nivelación calculada en el 2010 es de 8.7122 metros referidos al cero de la regla, considerando que el valor de 2,441 es el nivel medio del mar referido al cero de la regla; podemos determinar que la elevación desde el nivel medio del mar de la Cota BM3· es de 6.2707 metros para este periodo de estudio.

BIBLIOGRAFÍA:

Boon, John D.; Secrets of the Tide Horwood Publishing, Chiechester, U. K., 2004

Comité Permanente de Mareas y del Nivel del Mar, Comité Intergubernamental para Levantamiento y Mapeo, Australian Tide Manual (Publicación Especial S-9), Wollomgong, 2004

Doodson A.; The Harmonic Development of Tide Generating Potential, Proc. R Soc, 1921

Harris, Pt., Manual de Marea, Washington DC, 1895

IOC, Manual on Sea – Level measurement and interpretation vol. III, UNESCO 2002

Marner, H.A., Tidal Datum Plane, Washington: U.S. Government Printing Office, 1951

NOAA; Special Publication, Tidal Datum and their Applications, febrero 2001, extraído http://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/

OHI, Manual de Hidrografía (IHO M-13), Mónaco, 2005, pp. 313-368

Paredes N. Determinación del Datum Vertical en la Libertad, Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacifico, Vol 3(1), 1986

Pugh, David T., Tide, -Surges and Mean Sea Level, John Wiley & Sons, Chiechester: Bath Press, Avon 1987

Vera L. Estudio del Nivel Medio del Mar en Puerto Bolívar, Acta Oceanográfica del Pacifico, Vol. 12(1), 2003-2004.