

ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO

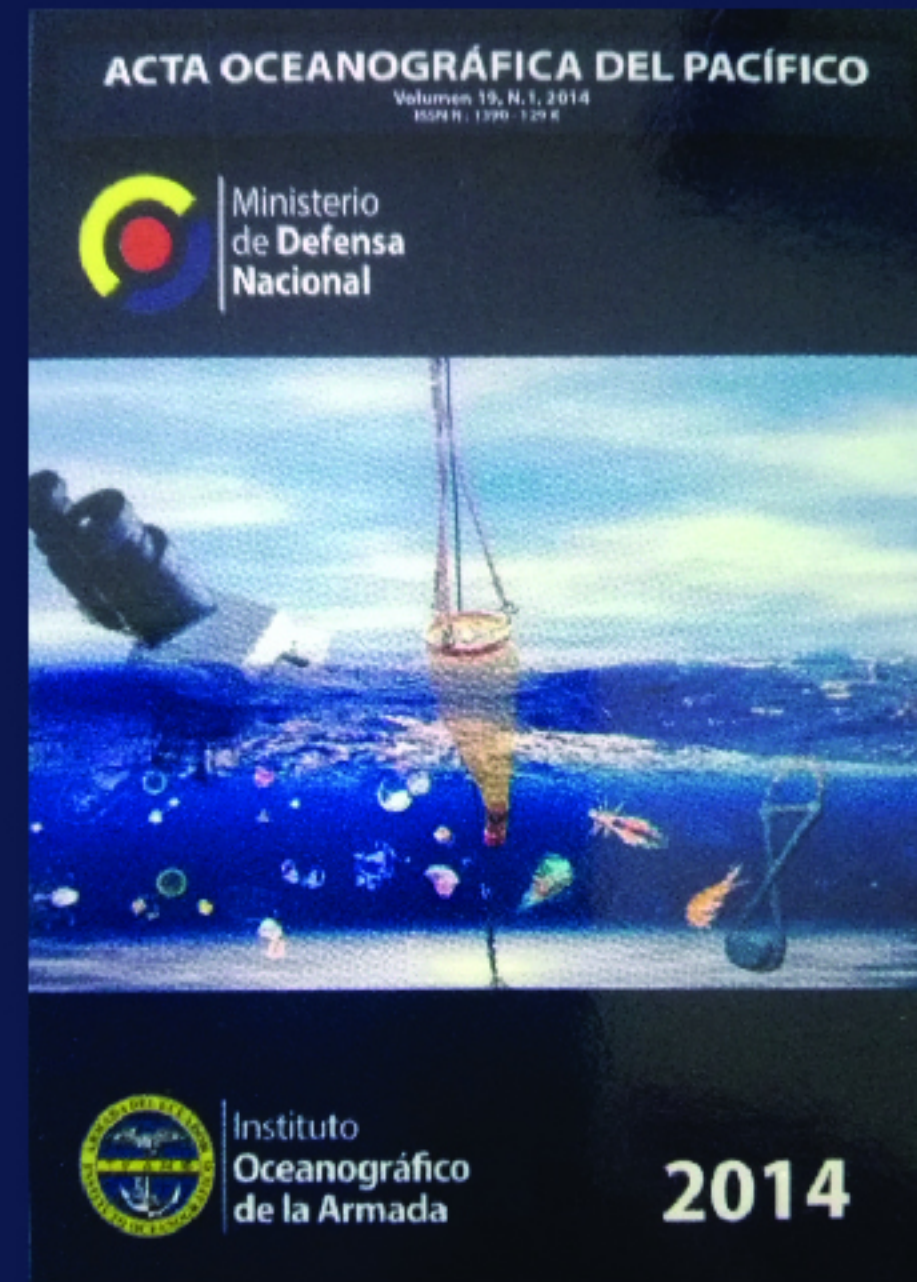
VOLUMEN 21, N.1, 2016-2017

ISSN N° 1390 - 129 X

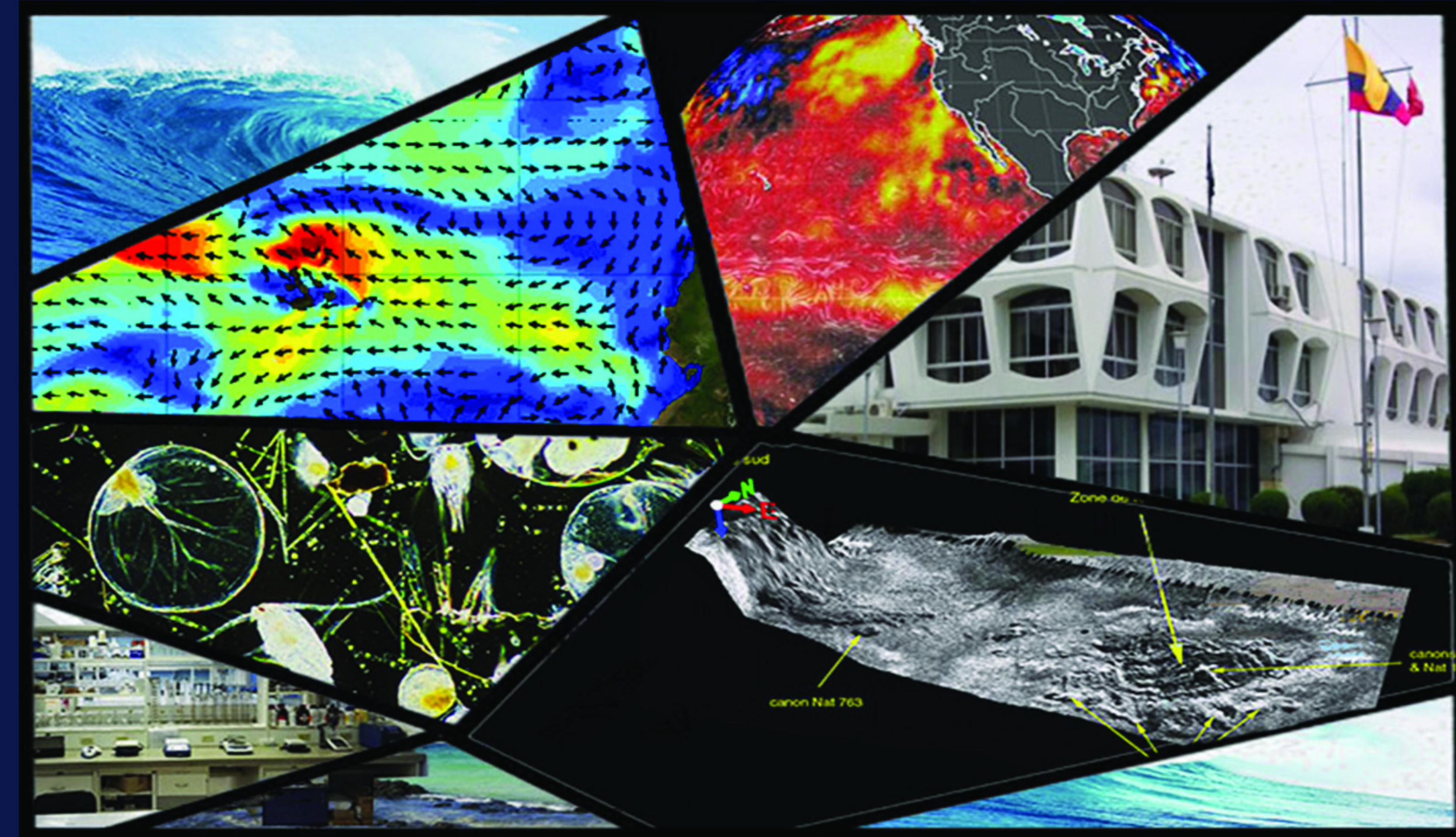
2016 - 2017



Ministerio
de **Defensa**
Nacional



ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO



Av. 25 de Julio - vía Puerto Marítimo - Base Naval Sur
Tel.: (593 4) 2 481 300 - Casilla: 5940
inocar@inocar.mil.ec - www.inocar.mil.ec

@inocarec   INOCAREC

Guayaquil - Ecuador



2016 - 2017



Instituto
Oceanográfico
de la Armada

2016 - 2017

ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO

Volumen 21, Nº 1, 2016-2017

COMITÉ EDITOR

Editor

Humberto GÓMEZ Proaño
Capitán de Navío -EM
Director del Instituto Oceanográfico de la Armada

Director de la Publicación

CPFG-EM Edwin PINTO Uscocovich Ph.D
Director de Oceanografía Naval-INOCAR

Subdirector de Publicación

Dr. Christian NARANJO Padilla M.Sc.
Jefe de División de Biología Marina-INOCAR

LISTA DE REVISORES DE LOS ARTICULOS

Dr. Eduardo Santamaría
Universidad Autónoma de Baja California
México

Dr. Luis Troccoli
Profesor Jubilado Universidad del Oriente
Venezuela.

Dr. Gerald Corzo Pérez
IHE Delft Institute for Water Education
The Netherlands

Biól. Elcira Delgado M.Sc
Instituto del Mar del Perú

Dr. Juan Carlos Bazo
Red Cross Red Crescent Climate Centre.
Perú

Dra. María Luzuriaga M.Sc.
Instituto Nacional de Pesca

Oce. Emilio Cucalón M.Sc.
Docente Universidad de Guayaquil,
Facultad de Ciencias Naturales

Dr. Manuel Cruz M.Sc.
Docente Emérito Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Naturales

Ing. Geovanna Villacreses M.Sc.
Instituto Nacional de Eficiencia Energética
y Energía Renovables

Ing. Juan Diego Jijón
Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía
Renovables

Oce. Teresa Vera M.Sc.
Investigador Independiente

Biol. María José Brito M.Sc.
Instituto Oceanográfico de la Armada

Dra. María Elena Tapia M.Sc.
Instituto Oceanográfico de la Armada

Dr. Christian Naranjo
Instituto Oceanográfico de la Armada

AGRADECIMIENTOS Y CRÉDITOS

Los autores de los artículos publicados en el volumen 21, Número 1, desean expresar su agradecimiento al Señor CPNV-EM Humberto GÓMEZ Proaño, Editor de la Revista Acta Oceanográfica del Pacífico y al CPMG-EMT. Edwin Pinto Usocovich, Director de la publicación, por todo el apoyo otorgado para publicar los artículos científicos relacionados a las Ciencias Marinas que contribuyen a fortalecer las capacidades y conocimiento de las nuevas generaciones.

Nuestro reconocimiento a los señores investigadores que conforman la lista de revisores de las instituciones nacionales y extranjeras que con su colaboración en la revisión por pares de los artículos y valiosos comentarios aportaron para el éxito de la revista.

Al Oce. Divar Castro, por su colaboración en el diseño de la Portada para la revista Acta Oceanográfica del Pacífico-2016-2017.

Finamente deseamos expresar nuestro agradecimiento al Ing. Amb. Francisco Galvis por la revisión de los abstracts, a la Biól. Elsa Salazar y a la Lcda. Alicia Alvarez que realizaron el levantamiento del texto en digital y la revisión de los artículos acogiendo a la norma que se solicita en la instrucción para los autores.

ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS EN TEMPERATURA DEL AIRE EXTREMA Y PRECIPITACIÓN DIARIA EN LA COSTA ECUATORIANA

ANALYSIS OF TRENDS IN EXTREME AIR TEMPERATURE AND DAILY PRECIPITATION IN THE ECUADORIAN COAST

Leonor Vera S ⁽¹⁾

¹Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5949 Guayaquil-Ecuador

E-mail: leonor.vera@inocar.mil.ec

RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron series diarias de temperaturas máximas y mínimas y precipitación de siete estaciones meteorológicas ubicadas en la zona costera del Ecuador. El período de estudio fue de 1976 a 2015, completando cuarenta años de información. El objetivo fue determinar, utilizando los índices climáticos sugeridos por el grupo de expertos del clima, si existe en esta región alguna tendencia definida al cambio climático. Del cálculo de los índices se dedujo que no existía ninguna tendencia de la disminución de la temperatura. Sin embargo, al menos cuatro de los índices de temperatura extrema, demostraron significativamente, una tendencia a aumentar la temperatura. Asimismo los índices de precipitación mostraron consistentemente, una tendencia a la disminución en todas las estaciones.

Palabras claves: Cambio climático, Ecuador, Temperatura del aire, Precipitaciones atmosféricas.

ABSTRACT

In this paper, daily series of maximum and minimum temperatures and precipitation were analyzed from seven meteorological stations located in the coastal area of Ecuador. The study period was between 1976 and 2015 (forty years of information). The objective was to determine, through climate indices suggested by the climate experts, the existence of any climate change trend in the Ecuadorian coastal zone. The calculation of the indices concluded that there was no trend of decrease in temperature. However, at least four of the extreme temperature indices demonstrated a significantly tendency to increase the temperature. Also, precipitation rates consistently showed a downward trend.

Keywords: Air temperature, Atmospheric precipitations, Climate change, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

El grupo de expertos en índices de cambio climático (ETCCDI), desarrolló una metodología para la creación de 27 índices climáticos deducidos de las temperaturas máximas, mínimas y de la precipitación diaria de estaciones meteorológicas, considerando que en la mayoría de países existen mediciones de largo período.

Siguiendo esta metodología en España, Europa, Kenawy (2011) demuestra la existencia de un incremento en la frecuencia e intensidad de los extremos cálidos más que de los fríos y que esta tendencia era más evidente en las dos últimas décadas.

En el continente asiático, en la parte central de China, Fang et al. (2016) demostró que los días cálidos y muy cálidos aumentaron en los últimos 51 años, con ritmo acelerado luego de la mitad de los 80. Asimismo los días fríos y muy helados decrecieron en los recientes 51 años, con un rápido decrecimiento desde 1960 a 1990.

Del Estudio realizado en Chiapas, México, con datos desde 1960 a 2009, la mayoría de índices climáticos mostraron tendencia a aumentar, siendo los más evidentes los de temperatura extrema, el rango de temperatura diurna, la menor temperatura máxima y las noches tropicales (De la Mora et al. 2016).

En estos estudios en tres continentes, se ha observado una tendencia al calentamiento, por lo que en este trabajo, a través del uso de herramientas de libre acceso y recomendadas por paneles internacionales de investigación sobre cambio climático, se plantea analizar, si existe una tendencia de variabilidad de temperatura y precipitación en la zona costera ecuatoriana. El principal objetivo es determinar la tendencia de las temperaturas extremas y precipitación en la costa

ecuatoriana en el período comprendido entre 1975 y 2015.

1. DATOS Y MÉTODOS

2.1 Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio corresponde al perfil costero continental del Ecuador, ubicado en una posición norte a sur, con el océano Pacífico hacia el oeste y con una longitud aproximada de 270 km. Se caracteriza por tener dos estaciones climáticas, marcadas por la abundancia o escasez de lluvias, esta última se da entre diciembre y abril de cada año. En el norte se encuentra la provincia de Esmeraldas, que es la de mayor precipitación, y en el centro, la provincia de Santa Elena, que es la de menor cantidad de lluvias, con un clima casi desértico (Pourrut, 1983 y Hernández 2006). Las estaciones utilizadas en este trabajo, se presentan en la (Figura 1).



Figura 1. Distribución de estaciones meteorológicas costeras.

Figure 1. Position of meteorological stations in the coastal zone.

2.2 Datos

Se seleccionaron series diarias de temperatura máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}) con cuarenta años de información, desde 1976 a 2015, de seis de las estaciones convencionales pertenecientes al Instituto Oceanográfico de la Armada: San Lorenzo y Esmeraldas, en la provincia de Esmeraldas; Manta, en Manabí, La Libertad (Salinas), en Santa Elena, Guayaquil en Guayas y Puerto Bolívar en El Oro. Se utilizó también la estación de Puná, provincia del Guayas con treinta y siete años de información. De estas estaciones, San Lorenzo y Guayaquil, no se encuentran directamente frente al mar. La serie de datos de la estación de Libertad, tiene 27 años, por lo que la serie fue ensamblada a una serie de la localidad de Salinas, a 10 km de distancia aproximadamente. Para justificar la unificación de las series, se calculó el coeficiente de correlación entre las variables de ambas estaciones, durante un mismo segmento de tiempo, y se obtuvieron valores mayores a 0.9 para la temperatura, por lo que se utilizó la nueva serie reconstruida de 40 años (1976-2015), (Cuadro 1).

Cuadro 1. Disponibilidad de datos de las estaciones meteorológicas costeras

Nombre estación	Rango de información utilizado	Observación
San Lorenzo	1976-2015	
Esmeraldas	1976-2015	
Manta	1976-2015	
La Libertad-Salinas	1976-2015	Serie reconstruida
Guayaquil	1976-2015	
Puná	1977-2015	37 años de observación
Puerto Bolívar	1976-2015	

Para el cálculo de los índices climáticos, las series debían tener al menos treinta años continuos de medición y para que el promedio

anual sea válido, la pérdida de datos debía ser menor al 20%. En Puná en 2014, el porcentaje de pérdida para la serie de temperatura mínima y precipitación fue mayor a este umbral.

Se analizaron las series de tiempo con el módulo de control de calidad del programa Rclimdex 1.1, con el que se eliminaron registros de precipitación menores a cero, valores incoherentes como temperatura máxima menor a la mínima y valores aberrantes, que fueron establecidos como aquellos que están fuera del rango de la media ± 4 desviaciones estándar. Como umbral de precipitación diaria, requerido por el programa, se utilizó el cuantil 99.9 de San Lorenzo (160 mm), por ser la estación con mayor precipitación durante todo el año.

La homogeneidad de las series, la detección y ajuste de las inconsistencias o no homogeneidades, se lo ha realizó con los programas RHtestsV4, para temperatura máxima y mínima (Wang y Feng 2013) y RHtests_dlyPrp4 para precipitación (Wang y Feng 2013). Estas funciones están basadas en el test F de penalización máxima para series sin referencia (Wang 2008a and 2008b). Para realizar la homogenización, es preferible utilizar valores mensuales y anuales, por lo que primero se realizó una revisión minuciosa de los puntos de cambio de las series mensuales de cada estación, estableciendo si correspondían a variabilidades naturales o eran fallas de registro. Una vez realizado este análisis, se aplicaron correcciones a las series diarias y se obtuvieron las series homogenizadas. Luego, antes de realizar el cálculo de los índices, nuevamente estas series de tiempo homogenizadas diarias, fueron sometidas a un segundo proceso de control de calidad. En el cuadro 2 se describe el proceso de análisis de datos para la obtención de los índices.

Cuadro 2. Método de obtención de los índices climáticos

Datos utilizados	Acción realizada	Detalles
Datos iniciales diarios de estación	Primer control de calidad a los datos de estaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de datos incoherentes, como precipitaciones menores que cero y de T_{máx} menor que T_{mín}. • Eliminación de valores fuera de un rango definido por el usuario mediante la desviación estándar (+/- 4). • Ratificación o eliminación de valores extremos. • Reemplazo de datos eliminados por códigos identificados por el programa.
Datos mensuales y diarios con el primer control de calidad	Homogenización	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de las series mensuales de temperatura y precipitación • Detección de puntos de cambios bruscos en las series mensuales • Revisión de los puntos de cambio para determinar si son fallas de registro • Obtención de nueva serie de datos diarios manteniendo solamente los puntos de variabilidad natural.
Series homogenizadas diarias	Segundo control de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron las mismas acciones que en el primer control de calidad
Series diarias homogenizadas y con el segundo control de calidad.	Cálculo de índices	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de los programas para el cálculo de las temperaturas y precipitaciones. • Se utilizaron como umbrales superior e inferior de (T_{máx}): 24 y 32.5° C y de T_{mín}: 20 y 24.5°C. • Se calculan los índices.

2.2.1 Índices climáticos

Los índices de la ETCCDI procuran medir los cambios de los extremos usando índices con una fuerte base estadística y que abarquen varias clases de clima. En este trabajo se seleccionaron los promedios mensuales de temperatura máxima (T_{MAX}mean) y mínima (T_{MIN}mean) y 23 de los 27 índices climáticos establecidos por ETCCDMI. Por el clima tropical de la costa ecuatoriana no se consideraron los índices de extremos fríos ni los que implican la existencia de cuatro estaciones climatológicas. Además se calcularon cuatro índices derivados, utilizando los límites de parámetros meteorológicos locales. En los cuadros 3 y 4, se describen las características de los índices obtenidos.

Para el límite superior de las temperaturas máximas y mínimas diarias, se seleccionaron, de las siete estaciones, el de mayor valor absoluto del cuantil 75. Análogamente, como límite inferior, se eligió el menor valor absoluto del cuantil 25. Los umbrales superior e inferior de T_{máx}., fueron 24°C (Libertad) y 32.5°C (San Lorenzo) y para T_{mín} 20°C (Puná) y 24.5°C (Puerto Bolívar) respectivamente.

En el cuadro 3, se presenta la definición de los índices climáticos para temperatura. Se los ha dividido en tres grupos; el primero que se lo ha denominado de extremos cálidos, cuya tendencia positiva, implica incremento de temperatura, que son la mayoría; el segundo, de extremos fríos, cuya tendencia positiva, implica disminución de la temperatura, donde se incluyen: Días muy fríos con referencia al valor establecido a nivel local (fd20), que en este trabajo es de 20°C; Días fríos (TX10p) y

Noches frías (TN10p); y el tercer grupo, de variabilidad de extremos, representado por el promedio mensual de la diferencia entre la Temperatura máxima y Temperatura mínima diarias (DTR). En total se calcularon diecisiete índices de temperatura.

Cuadro 3. Índices climáticos de Temperatura

Nombre	Siglas	Medición	Unidad
Extremos cálidos			
Temperatura máxima media mensual	TMAXmean	Promedio mensual de T _{máx.}	°C
Temperatura mínima media mensual	TMINmean	Promedio mensual de T _{min}	°C
Días de verano	SU25	Número de días al año con temperaturas máximas mayores a 25°C	Días
Noches tropicales	TR20	Número de días al año con temperaturas mínimas mayores a 20°C	Días
Temperatura máxima de los registros máximos	TXx	Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria.	°C
Temperatura mínima de los registros máximos	TXn	Valor mínimo mensual de la temperatura máxima diaria.	°C
Temperatura máxima de los registros mínimos	TNx	Valor máximo mensual y anual de la temperatura mínima diaria	°C
Temperatura mínima de los registros mínimos	TNn	Valor mínimo mensual y anual de la temperatura mínima diaria.	°C
*Días de verano local	SU32.5	Número de días al año con temperaturas máximas mayores a 32.5°C	Días
Días cálidos	TX90p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura máxima es mayor al percentil 90	Días
*Noches tropicales local	TR24.5	Número de días al año con temperaturas mínimas mayores a 24.5°C	Días
Noches cálidas	TN90p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura mínima es mayor al percentil 90	Días
Olas de calor	WSDI	Número de días al año con al menos 6 días consecutivos con T _{máx.} mayor al percentil 90.	Días
Extremos fríos			
+*Días muy fríos local	fd20	Número de días con T _n menor a la temperatura mínima establecida.	Días
+Días fríos	TX10p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura máxima es menor al décimo percentil	Días
+Noches frías	TN10p	Porcentaje mensual de días en que la temperatura mínima es menor al décimo percentil.	Días
Variabilidad conjunta de extremos			
Rango de temperatura diurna	DTR	Promedio mensual de la Diferencia diaria entre T _{máx.} y T _{min}	°C

*Índices referidos a los límites de T_{máx.} y T_{mín.}, establecidos en este trabajo.

+Índices cuyo tendencia a incrementar implica disminución de temperatura.

En el cuadro 4, se describen los diez índices climáticos de lluvias, un primer grupo de nueve, implican aumento de lluvias cuando su tendencia es positiva y el único que se

diferencia, porque su tendencia positiva significa disminución de precipitaciones, es el Índice de días consecutivos de lluvia menores a 1 mm. (CDD).

Cuadro 4. Índices climáticos de Precipitación

Nombre	Siglas	Medición	Unidad
Incremento de lluvias			
Máxima precipitación diaria	RX1day	Valor máximo mensual de precipitación diaria.	mm
Máxima precipitación en cinco días	RX5day	Valor máximo mensual de cinco días consecutivos de precipitación.	mm
Índice simple de precipitación diaria	SDII	Precipitación anual acumulada dividida para el número de días con precipitación mayor a 1mm.	-
Número de días con precipitación fuerte.	R10 (días)	Número anual de días con precipitación mayor a 10mm	Días
Número de días con precipitación muy fuerte.	R20 (días)	Número anual de días con precipitación mayor a 20mm	Días
*Número de días con precipitación sobre 160 mm	R160(días)	Número anual de días con precipitación mayor a 160 mm	Días
Días consecutivos con lluvia al año.	CWD (días)	Máximo anual del número de días consecutivos con precipitación mayor a 1 mm.	Días
Días muy húmedos	R95p	Total anual de precipitación cuando la precipitación es mayor que el percentil 95	mm
Días extremadamente lluviosos	R99p	Total anual de precipitación cuando la precipitación es mayor que el percentil 99	mm
Anual de precipitación	PRCPTOT	Total anual de precipitación en días húmedos (mayor a 1mm).	mm
Disminución de lluvias			
Días consecutivos con lluvia mínima	CDD (días)	Máximo anual del número consecutivo de días con precipitación menor a 1 mm	Días

*Índices referidos al límite de precipitación máxima establecido en este trabajo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tendencias de la temperatura extrema

Al analizar las tendencias, en el cuadro 5 se observa que del grupo de extremos cálidos de temperatura, con excepción del índice SU25, la tendencia en al menos 5, de las siete estaciones fue positiva, lo que implica aumento de la temperatura, con el 53% de ellas con significancia estadística.

Del grupo de extremos fríos, solamente una estación no mostró ninguna tendencia, las otras presentaron tendencia negativa, lo que asimismo significa aumento de temperatura,

con 37% de estaciones con significancia estadística.

Respecto a la amplitud mensual de la diferencia diaria entre la temperatura máxima diaria ($T_{máx}$) y la temperatura mínima diaria ($T_{mín}$), representada por el índice DTR, en cuatro de las estaciones, se ha incrementado, es decir, la tendencia ha sido que tanto la $T_{mín}$ como la $T_{máx}$ aumenten, pero con la pendiente de crecimiento de la $T_{máx}$ mayor. Por el contrario, en tres de las estaciones la tendencia ha disminuido, lo que se debe a que la $T_{máx}$, a pesar de aumentar no lo hizo tan rápido como la $T_{mín}$ o que la $T_{máx}$

disminuyó cuando la T_{\min} siempre se incrementó. Para este índice, dos de las estaciones no presentaron significancia estadística, (Figura 2).

Cuadro 5. Índices de temperaturas extremas

Índices	Tendencia positiva		Tendencia negativa		Sin tendencia
	Núm.Estaciones	Significancia	Núm. estaciones	Significancia	
Extremos cálidos					
TMAXmean	5	5	2	0	
TMÍNmean	7	3	0	0	
SU25	3	1	4	2	
TR20 (días con T_{\min} mayor a 20°C)	6	3	1	0	
SU32.5	5	3	2	1	
TR24.5	6	2	1	0	
TXx	5	5	2	1	
TXn	5	3	2	0	
TNx	6	3	1	0	
TNn	6	4	1	0	
TX90p	5	4	2	0	
TN90p	7	2	0	0	
WSDI (días con al menos 6 días con TX > percentil 90)	5	0	2	0	
Extremos fríos					
fd20 (días con $T_{\min} < 20^{\circ}\text{C}$)	0	0	7	3	
TX10p (t_{\max} menor al percentil 10)	0	0	6	4	1
TN10p	0	0	7	3	
Variabilidad conjunta de extremos					
DTR ($T_x - T_m$)	4	3	3	2	

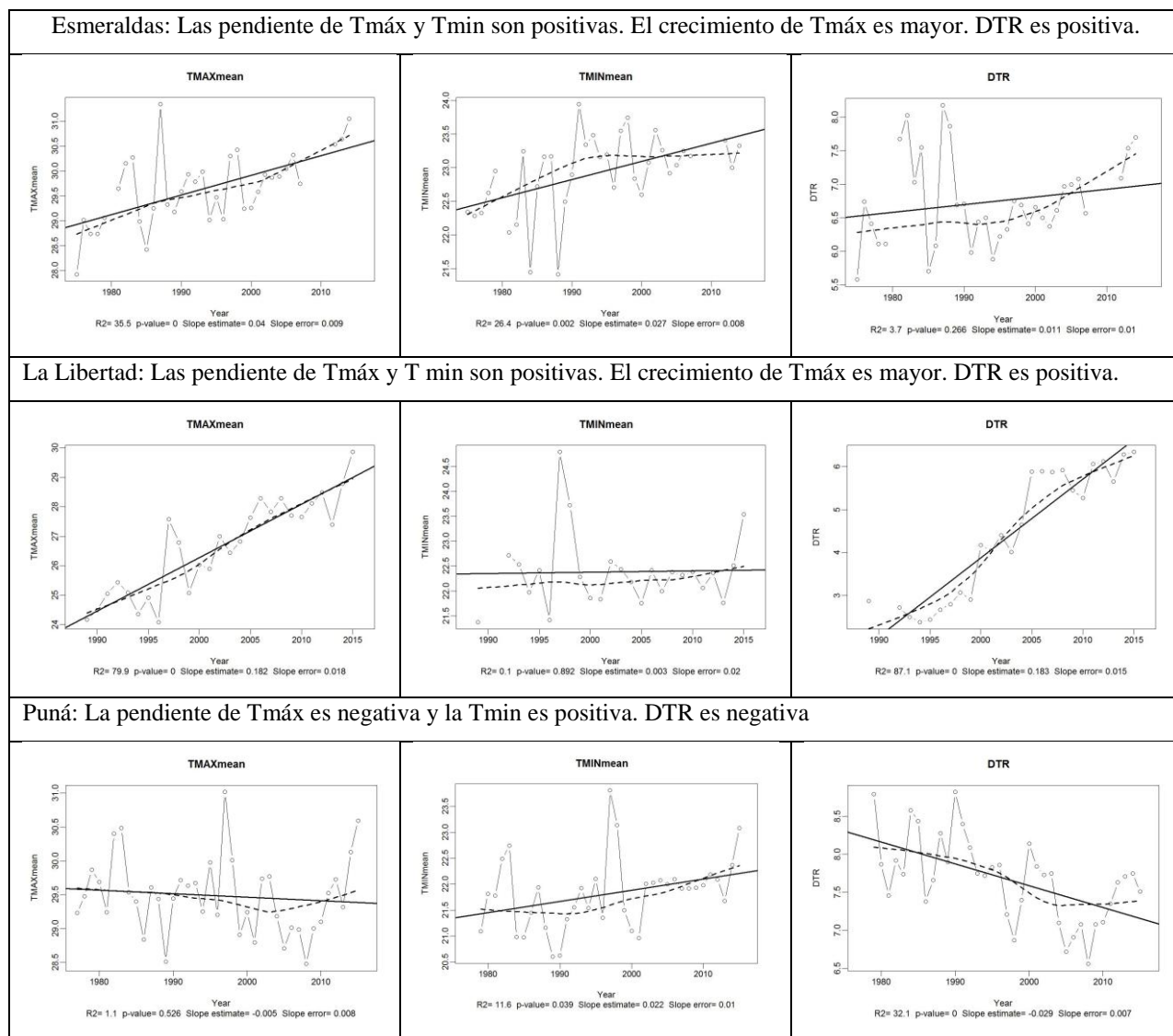


Figura 2. Tendencias de DTR (Tmáx.-Tmín.) en tres estaciones meteorológicas
Figure 2. DTR's trends (Tmax-Tmin.) in three meteorological stations

3.2 Tendencias de la precipitación

Del cuadro 6, se deduce que en el grupo de índices de incremento de lluvias, en ocho de los nueve casos, en al menos cuatro de las siete estaciones la tendencia fue negativa, es decir a que las lluvias han disminuido en el período de estudio. De este grupo, el índice de precipitación total, fue el más evidente, con todas las estaciones con tendencia negativa. En la figura 3, se muestran la precipitación

total en cuatro estaciones, con Guayaquil con la menor tendencia al decrecimiento (0.27 mm/año).

Por su parte, el índice que se diferenció, y en cinco de las estaciones tuvo tendencia positiva fue el CWD (máximo anual del número de días con precipitación mayor a 1mm.), lo que puede ser explicado con la mejora de los sensores de precipitación, capaces de medir cantidades de agua

mínimas. Respecto al único índice cuyo crecimiento indica disminución de precipitaciones, CDD, predominó la tendencia positiva, es decir menos cantidad

de lluvias, en cuatro de las siete estaciones. Las tendencias de los índices de precipitación no mostraron significancia estadística en la mayoría de casos.

Cuadro 6. Índices de precipitación

Indices	Tendencia positiva	Significancia	Tendencia negativa	Significancia	Sin tendencia
RX1day	2	0	5	1	
RX5day	3	0	4	1	
SDII	2	0	5	2	
R10	0	0	7	0	
R20	1	0	6	0	
R160	2	0	4	0	1
CWD	5	1	2	1	
R95p	2	0	5	0	
R99p	1	0	6	0	
PRCPTOT	0	0	7	0	
CDD	4	1	3	1	

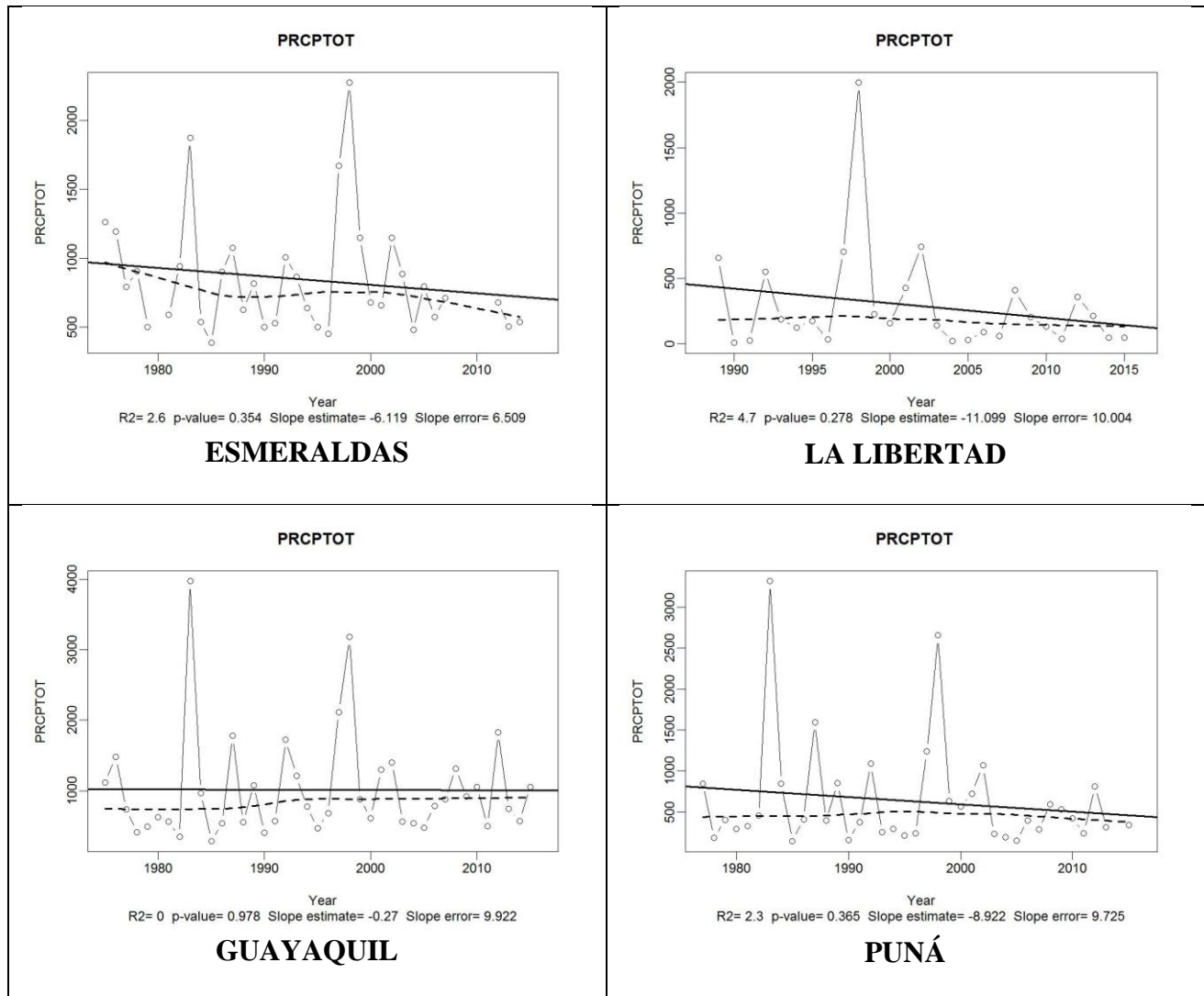


Figura 3. Tendencia de la precipitación total en las estaciones meteorológicas costeras
Figure 3. Precipitation's trends in coastal meteorological stations

a. Tendencias por zona geográfica

Se seleccionaron cinco índices de temperatura, con al menos cuatro de las siete estaciones con significancia estadística; y la PRCPTOT y se analizaron su comportamiento por localidad. En el cuadro 7, donde se muestran las estaciones ordenadas de norte a sur, se puede observar que en San Lorenzo, Esmeraldas, Manta, La Libertad y

Guayaquil, al menos tres de los índices indicaron incremento de temperatura y hacia el sur, en Puná y Puerto Bolívar, dos y uno, respectivamente, mostraron la misma tendencia. De este grupo, solamente Puná, a través del índice TXx, mostró una tendencia negativa o disminución de la temperatura. La precipitación total, mantuvo su tendencia negativa en todas las estaciones.

Cuadro 7. Índices por estación

Estación	TMAXmean	TXx	TNn	TX90p	TX10p	PRCPTOT
San Lorenzo	+	+	+	+ SS	-	- SS
Esmeraldas	+	+	- SS	+	-	- SS
Manta	+	+	+	+	-	- SS
La Libertad	+	+	+ SS	+	- SS	- SS
Guayaquil	+	+	+ SS	+	-	- SS
Puná	- SS	-	+	- SS	- SS	- SS
Puerto Bolívar	- SS	- SS	+	- SS	ST	- SS

SS: sin significancia estadística
 ST: sin tendencia.

De la figura 4, de los índices de temperatura con significancia estadística, se observa que los relacionados con extremos relativos a la climatología de cada estación (TX90p y TX10p), son los de mayor magnitud, y que ninguno sobrepasa la unidad. El mayor valor de TX90p (0.9 días/40 años) ocurrió en La Libertad, lo que significa que en 40 años, se

incrementó en casi un día el número de veces en que la Tmáx. Excedió el percentil 90. Para los índices absolutos de temperatura, aunque la tendencia fue positiva, la magnitud fue inferior a 0.15°C, lo que significa un incremento en 40 años menor a la vigésima parte de grado.

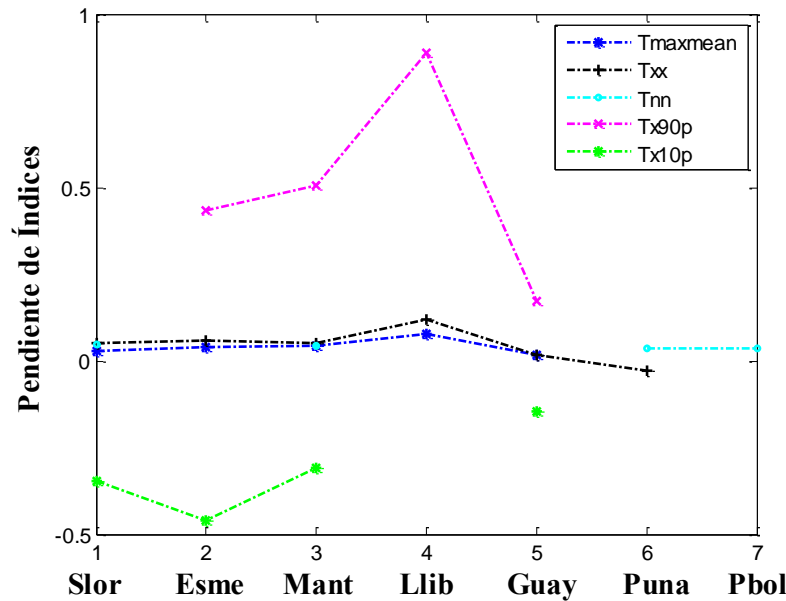


Figura 4. Pendientes de índices con significancia estadística por localidad
Figure 4. Index slopes with statistical significance in each meteorological station

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizaron series diarias de temperaturas extremas y precipitación de siete estaciones meteorológicas de la zona costera del Ecuador para el período 1975-2015. Las series fueron analizadas y homogenizadas utilizando, el software RClimdex 1.1. Se utilizaron todas las series disponibles e inclusive una de ellas fue completada con información de una estación cercana, utilizando correlación cruzada.

Existen tendencias significativas de incremento en los índices TMAXmean, TXx, TNn y TX90p entre los años 1976 y 2015. Los índices relacionados con la temperatura máxima son los que mostraron mayor tendencia al incremento. No se observó, en los índices analizados, una tendencia a la disminución de la temperatura en la zona costera ecuatoriana.

La mayoría de índices de lluvias mostraron tendencia a la disminución, especialmente la precipitación total, donde como mínimo la cantidad total de lluvias, disminuyó 0.27 mm al año.

A pesar de no contar con una mayor densidad de estaciones en la zona costera, este estudio constituye una valiosa herramienta para el análisis del cambio climático, al haber utilizado series de cuarenta años, siendo treinta, lo mínimo recomendado por la organización mundial de Meteorología.

5. REFERENCIAS

De la Mora C, Ariel JA, Flores H, et al. 2016. Índices de cambio climático en el estado de Chiapas, México, en el periodo 1960-2009 * Climate change indices in the state of Chiapas, Mexico, for the period 1960-2009 Resumen Introducción. Rev Mex Ciencias Agrícolas. 2016:2523-2534.

Fang S, Qi Y, Han G, Li Q, Zhou G. 2015. Changing trends and abrupt features of extreme temperature in Mainland China from 1960 to 2010. Atmosphere (Basel). 2016; 7(2):979-1000. doi:10.3390/atmos 7020022.

Pourrut P. 1983. Los Climas Del Ecuador : Fundamentos Explicativos. Quito, 1983.

Hernández F. 2006. Análisis de la variabilidad climática de la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. 2006; 13(1):1-6.

Kenawy A El, López-Moreno JI, Vicente-Serrano SM. 2011. Recent trends in daily temperature extremes over northeastern Spain (1960–2006). Nat Hazards Earth Syst Sci. 2011; 11:2583-2603. doi:10.5194/nhess-11-2583-2011.

Wang, X. L., 2008a: Accounting for autocorrelation in detecting mean-shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. J. Appl. Meteor. Climatol. 47, 2423-2444.

Wang, X. L., 2008b: Penalized maximal F-test for detecting un documented mean-shifts without trend-change. J. Atmos. Oceanic Tech., 25 (No.3), 368-384. DOI:10.1175/2007/JTECHA 982.1.

Wang, X. L. and Y. Feng, 2013. published online July 2013: RHtestsV4 User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada. 28 pp. [Available online at <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>].

Wang, X. L. and Y. Feng, 2013. published online August 2013: RHtests_dly Prcp User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology

Directorate, Science and Technology Branch,
Environment Canada. 17 pp. [Available
online at
<http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>].

Zhen Y, Li X. 2015. Recent trends in daily
temperature extremes over northeastern
China (1960-2011). *QuatInt.* 2014; 380-
381:35-48.
doi:10.1016/j.quaint.2014.09.010.

ANÁLISIS MORFOLÓGICO EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS DAULE Y BABAHOYO REALIZADO EN EL AÑO 2016*

MORPHOLOGICAL ANALYSIS IN THE CONFLUENCE OF THE DAULE AND BABAHOYO RIVERS DURING THE YEAR 2016*

Patricia Villa⁽¹⁾, Manuel Gómez De La Torre⁽¹⁾, Andrés Pacheco⁽¹⁾

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Guayaquil, Ecuador.

* Generado de la tesis de pregrado de Ingeniería Civil, Universidad de Guayaquil, 2016

Correo electrónico: angela.villar@ug.edu.ec manuel.gomezdelatorre@ug.edu.ec andres.pacheco@ug.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación, responde a la necesidad de identificar cambios morfológicos que podrían estar asociados, con alteraciones en el funcionamiento hidráulico, de la confluencia del río Daule con el río Babahoyo frente a la ciudad de Guayaquil, lo que podría generar riesgos como: inundaciones en zonas bajas, erosión en las orillas e infraestructura y dificultades para la navegación segura.

Con la finalidad de realizar el diagnóstico del lecho fluvial se ha generado la modelación digital del terreno y se analizó los cambios morfológicos, en los últimos cinco años en base a las batimetrías existentes.

Usando el software, de manejo de información geográfica, ArcGIS se generaron modelos digitales del terreno con las batimetrías de los años 2012, 2014, 2016; en los cuales se ha podido observar dos puntos críticos; el primero es un banco de arena en el río Daule entre el Islote El Palmar y La Puntilla, que está en movimiento y que va aumentando de tamaño, el cual tiende a unirse al islote El Palmar y el segundo punto crítico, que se analizó, es un banco de arena nuevo que está formando en la desembocadura del río Babahoyo.

Ante el supuesto de existir cambios morfológicos significativos, el estudio nos ha permitido establecer las condiciones en que se encuentra el lecho fluvial y poderla comparar con la información histórica que se ha recolectado en el área de estudio. Este análisis generó una recomendación de un plan de monitoreo de lecho del río, para definir las acciones de mitigación que se requieran tomar en relación de las condiciones intrínsecas del sector.

Palabras claves: Datos batimétricos, Geomorfología, Modelo Digital del Terreno, Sedimentación.

ABSTRACT

The purpose of the research is to identify morphological changes that would be associated with a hydraulic flow permanent change in the confluences of the Daule river that joints Babahoyo river at Guayaquil city, so that the probable scenario of a Hydraulic riskin a populated area as Guayaquil due to: flooding at low land areas, erosion at river bank and safety in navigation.

In order to achieve an overview of the river bed changes, in this research was generated a digital terrain model and was analyzed the morphological changes in the last five years from the collected bathymetry data.

By the use of ArcGIS software, it was generated 3 cases of digital terrain models in the study area for the years, 2012, 2014, 2016. There was find out two critical sand accumulation areas: First, sand accumulation at Daule river between La Puntilla and the Palmar islet which is growing and dynamic; Second a new sand accumulation at Babahoyo river in the confluence with Daule river.

About the hypothesis of any hydraulic flow change, this research enable us to assess the last five year morphological condition of the hydraulic river bed and compare with the collected historical data. The results about the actual flow condition allowed us to propose a preventing planning with monitoring river bed bottom witch is necessary to evaluate future mitigation measures.

Keywords: *Digital Terrain Model, Geomorphology, Sedimentation, Bathymetric data.*

INTRODUCCIÓN

El estuario del río Guayas, comienza en la Isla Puna y se extiende hasta donde llega el influjo de la marea y la salinidad, es decir hasta unos 100 km. dentro del continente por los ríos Daule y Babahoyo (Armijos & Montolío, 2008).

Algunos investigadores y geólogos, creen que el estero Salado, junto con el río Guayas, formaban parte de un gran delta, que se comunicaban entre si hasta la gran llanura, en donde hoy se asienta la ciudad de Guayaquil.

La Cuenca del Guayas con un área de 34.500 km², abarca el sistema hidrográfico formado por las sub cuencas de los ríos Daule y Babahoyo, los mismos que dan lugar a la formación del río Guayas en su confluencia en la Puntilla de Samborondón a una distancia de 5 km. de la ciudad de Guayaquil. Estos dos afluentes son los aportantes de la sedimentación, que ha afectado por años el cauce navegable del río, material sedimentario que ha dado lugar a la formación de azolves que se han transformado en grandes bajos, barras e islotes tanto en sus afluentes como en el río Guayas; ejemplo: Islote Mocolí en el Babahoyo; Islote El Palmar; los bajos en la desembocaduras de los ríos Daule y Babahoyo entre Guayaquil y Durán (Hinojosa, 2014).

El área de influencia de ésta investigación es la ciudad de Guayaquil, como antecedente se tiene que el río Guayas colinda con la ciudad y que ha sido muy importante durante su historia, por ejemplo tenemos que, el puerto de Guayaquil se estableció inicialmente en la orilla del río Guayas a la altura del barrio de Las Peñas que se extendía hasta la calle Olmedo, mismo que contaba con muelles que permitían el arribo de las naves, en donde se embarcaban y desembarcaban las mercaderías. Por la forma meándrica o sinuosa del río Guayas era difícil su ingreso a Guayaquil; siendo que las embarcaciones debían atravesar grandes bancos de arena y sedimentaciones dispersas (Tobar, 2004).

Debido a la importancia del río Guayas para su área de influencia en especial para la

ciudad de Guayaquil varios estudios previos tratan sobre el sistema dinámico del río Guayas y el desarrollo de una muy significativa acumulación de arena en medio de su cauce que se conoce como islote “El Palmar” frente a la ciudad de Guayaquil. El Estudio más relevante en la materia, fue presentado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE, 2005); con el título “Reporte del Estudio de Sedimentación del río Guayas”; también el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), ha realizado publicaciones respecto principalmente a la formación del Islote El Palmar, en base a levantamientos hidrográficos en años anteriores.

En los estudios previos se observa que en el río Guayas, así como en sus afluentes (ríos Babahoyo y Daule), el transporte de sedimento predominante es por suspensión, sin embargo, la mecánica del transporte de sedimentos frente a la ciudad de Guayaquil es muy compleja debido a cuatro razones:

1. La morfología del fondo es muy irregular y cambiante.- En el contexto de una morfología fluvial dinámica, la secuencia de excavado - relleno depende localmente de la forma de las secciones transversales del cauce. (Andrews, 1982).

2. Características del estuario.- Existe predominancia de los efectos de las mareas, inclusive sobre las descargas fluviales del río; siendo que la dirección principal del transporte de sedimentos del río Guayas se dirige hacia aguas abajo del cauce, la dirección del flujo es variable con periodos de aproximadamente medio día, por efectos de la marea. En la Clasificación de los Deltas (Galloway, 1975) los estuarios representan un caso particular de deltas con predominancia de las mareas.

3. La confluencia del río Daule y Babahoyo.- La confluencia entre los dos ríos está controlada por la relación entre sus caudales y el ángulo de convergencia. Si se modifica la relación o se aumenta el ángulo se genera sedimentación en la salida del río menor (banco de arena) (Best, 1988).

Según Best (1988), las aguas que proceden del río menor o del río con ángulo fuerte dan vueltas en la zona de confluencia en lugar de correr de manera continua, lo que genera la sedimentación de un banco de arena.

Las fluctuaciones de la relación de los caudales de los ríos Daule y Babahoyo son favorables a la sedimentación en la zona de confluencia. (Dumont, Santana, & Soledispa, 2007).

4. La descarga del río es variable.- Cuya intensidad depende de la época del año, siendo que en la estación lluviosa puede tener una incidencia importante en el transporte de sedimentos en comparación con la época seca, donde la intensidad del río es menor y existe el predominio del efecto de las mareas para el transporte de sedimentos.

De acuerdo a la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del río Guayas, CEDEGE, en la Cuenca del río Guayas se registra una tasa promedio anual de erosión laminar de 0.5 mm, equivalente aproximadamente a 15 millones de metros cúbicos de sedimentos. En el período 1997-1998 esta tasa de erosión se incrementó a 1.75 mm, equivalente aproximadamente a 50 millones de metros cúbicos de sedimentos. Este proceso de erosión se atribuye principalmente a la tala de los bosques, a los cambios del uso del suelo, derrumbes y otras actividades que se producen en toda la cuenca. (CAMA E, 2013).

La complejidad del sistema del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil hace muy impredecible la deposición de los sedimentos en suspensión y en consecuencia genera una alta dinámica morfológica del fondo que varía en espacio y tiempo. (Castro B., 2009). En vista de la complejidad del área de estudio, la utilización de un método analítico de transporte de sedimento no es aplicable, por lo que se ha venido estudiando en años anteriores el cambio morfológico mediante las batimetrías multitemporales.

En el caso del área del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil, ha sido tema de discusión, la formación de la acumulación de arena que actualmente es una Isla la cual

emerge, actualmente, tanto en bajamar como alta mar que es conocida como islote "El Palmar".

Aun cuando la opinión general coincide en que la formación de esta isla es el resultado del proceso natural de un sistema fluvial dinámico estacional, los estudios han identificado varios factores que tendrían influencia directa en la tasa de crecimiento y formación de la isla en los últimos años, entre las cuales se podrían mencionar: Cambio en los usos del suelo, la deforestación en la cuenca alta, la construcción de la represa Daule-Peripa, presencia de estructuras de ingeniería significativas como los puentes sobre el río Daule y Babahoyo, los trabajos de dragado, fenómenos naturales como el fenómeno del niño, aumento del nivel de mar, entre otros factores que aceleran la erosión o sedimentación. (Castro B., 2009).

Los ajustes a medio plazo son a menudo provocados por actividades humanas que crean un desequilibrio temporal en el cauce, obligándole a atravesar por toda una serie de «estados transitorios» en busca de un nuevo equilibrio. Tales cambios inducidos por el hombre incluyen efectos directos causados por la planificación deliberada del río para controlar la corriente, regular el suministro de agua o mejorar la navegación, y cambios indirectos producidos por la alteración en los usos del suelo que afectan a la escorrentía superficial y producción de sedimentos (Park, 1981).

El ajuste de la morfología del cauce a un nuevo equilibrio estable no se realiza normalmente mediante un cambio unidireccional, sino a través de una compleja secuencia de cambios que incluyen períodos alternativos de erosión y deposición (Wolman, 1967; Howard y Dolan, 1981).

En esta investigación se pretende evaluar la posibilidad de que el equilibrio dinámico estacional que presentaba el río Guayas, ubicado frente a la ciudad de Guayaquil, se haya afectado pudiendo presentar una situación de desequilibrio de la morfología del lecho fluvial; Para esta evaluación se han recopilado batimetrías de diferentes

instituciones que permitan analizar los cambios morfológicos que se están dando actualmente en el área de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Considerando la premisa de que pudiera existir una perturbación del equilibrio dinámico estacional característico de un estuario (lo cual se podría argumentar por la sedimentación descrita en la revisión bibliográfica del área de estudio), se procedió a la recopilación de varias fuentes de información batimétrica (últimos 5 años), con la finalidad de poder actualizar el análisis de la variabilidad de la morfología del área de estudio.

Varias Instituciones estatales y privadas han realizado trabajos batimétricos en el área de estudio los mismos que son representados en diferentes productos y a diferentes escalas.

Como primera fuente para esta investigación se ha tomado al Instituto Oceanográfico de la Armada ha realizado varios trabajos de levantamientos hidrográficos 1982, 1985, 1997, 1999, 2000 y 2001 que fueron publicados en las cartas de navegación, y 2005, 2009, 2010 citadas en las Actas Oceanográficas del Pacífico ediciones 2002 y 2007 (Hinojosa, 2014) para generación de cartografía náutica con fines de seguridad marítima para garantizar la navegación segura y salvaguardar la vida en el mar, sin embargo esta información batimétrica se encuentra publicada en la carta náutica IOA 1072 en formato impreso a escala 1:25.000. Una segunda fuente de información es El Municipio de Guayaquil, el cual realiza contratos para realizar trabajos de batimetría y de sedimentación del río Guayas con el INOCAR dicha información no se encuentra liberada y de acceso público por ser un proyecto de interés municipal. Tercera fuente, Instituciones Pública contratan servicios de Consultores privados para generar datos batimétricos para proyectos específicos en el área de estudio, la cual fue accesible a una escala adecuada para la

caracterización de la morfología del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil.

Con el objetivo de actualizar el análisis de la morfología del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil se realizó la compilación de datos batimétricos generados por proyectos gubernamentales con consultores privados en el área de estudio de los últimos cinco años, que se encontraban accesibles mediante la solicitud a la institución productora de los datos y el correspondiente registro del uso de los mismos únicamente para ser utilizados para fines investigativos.

Para el análisis de esta investigación se consideró los datos de profundidades del fondo fluvial de tres campañas disponibles de levantamientos batimétricos en los últimos cinco años; año 2011 información levantada por la Consultora CVA y Asociados, 2014 levantamiento realizado por el consultor Galo Garzón y año 2016 datos adquiridos por el Servicio de Dragas de la Armada del Ecuador.

Con la información recolectada se pretende:

1. Visualizar la Morfología del fondo del cauce en la confluencia del río Daule con el Babahoyo frente a la ciudad de Guayaquil.
2. Comparar los registros y/o datos colectados en los últimos cinco años mediante el uso de un programa de Información Geográfica con la digitalización del terreno fluvial.

Para el análisis de la información batimétrica se utilizó el software ArcGis por ser versátil y disponer de una interface amigable con el usuario; mediante el uso de ArcGis nos permitió generar un TIN (TIN: red de triangulación irregular, a partir de datos geográficos digitales basados en vectores que se generan mediante la triangulación del conjunto de vértices (puntos); los mismos que se encuentran conectados con una serie de aristas (vectores) para formar la red de triángulos. (Gerald, 2010), de acuerdo al siguiente procedimiento:

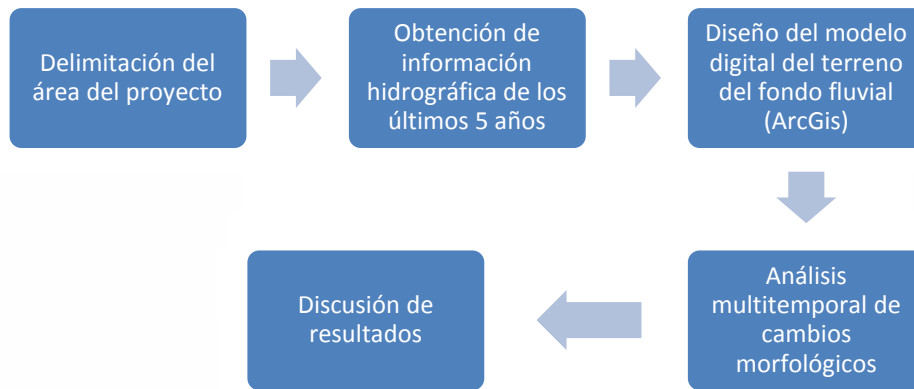


Diagrama 1: Generación del Modelo Digital del Terreno del fondo fluvial
Diagram 1: Generation of the Digital Terrain Model of the riverbed

Para la generación del Modelo Digital del Terreno (TIN) del fondo fluvial se utilizó software ArcGis que utiliza el método de Delaunay, el que realiza la triangulación mediante interpolación lineal que consiste en crear triángulos entre puntos de datos. Los puntos originales de datos se conectan de tal suerte que ningún borde se cruce con los de los otros triángulos (Guibas y Stolfi 1985).

Al cumplirse el criterio de Delaunay en todo el TIN, se asegura la maximización del ángulo interior mínimo de todos los triángulos obteniendo como resultado un

modelo digital del terreno listo para ser alineado y rectificado. (Gerald, 2010).

Generación de TIN Previa a la elaboración del TIN se ingresó los datos batimétricos generando un archivo Shapefile de ArcGis. Se procede a la creación del TIN mediante el módulo Arc-toolbox del sistema de información geográfico ArcGis con la opción Create TIN. Donde se especifica: el nombre del archivo TIN de salida y el sistema de coordenadas, concluyendo el procesamiento de los datos con la creación de la superficie de terreno en 3d como se muestra en la figura:

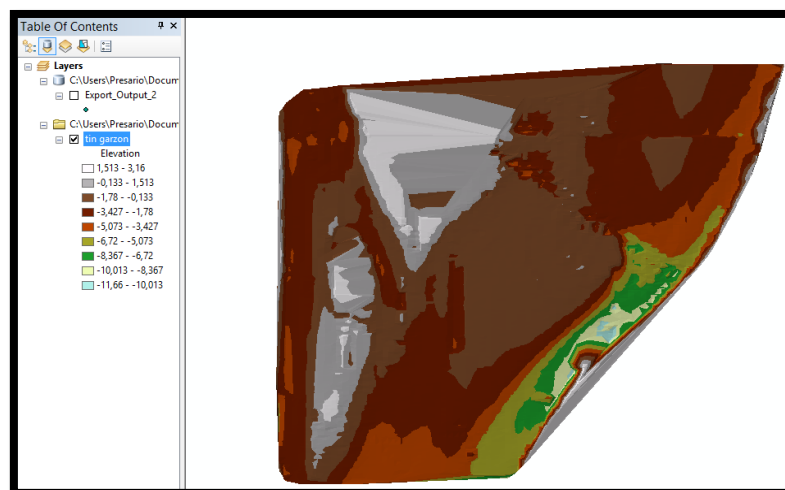


Figura 1: Modelo digital de terreno de la batimetría
Figure 1: Digital terrain model of the bathymetry

Con la finalidad de relacionar el modelo digital de terreno de la batimetría con la

información terrestre del área de estudio se ingresó desde un archivo vector la

planimetría del sector de estudio de la ciudad de Guayaquil previamente delineado con la herramienta: ArcTools opción Deline

ate TIN Data Área para obtener el TIN rectificando como se visualiza en la siguiente gráfica:



Figura 2: Modelo Digital del Terreno (MDT) delineado
Figure 2: Digital Terrain Model (MDT) delineated

Finalmente se personaliza la simbología editando la escala de colores para representar

las coberturas de acuerdo al tipo de información.

RESULTADOS

Análisis de Gráfico: MDT mostrando bancos de arena en la desembocadura del río Babahoyo en el año 2012

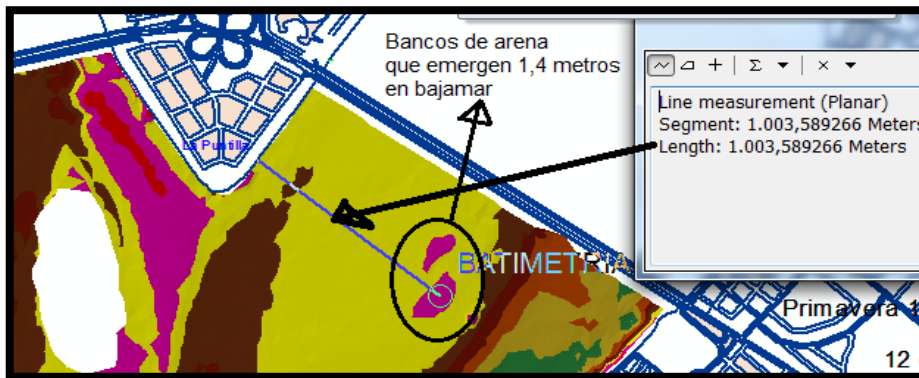


Figura 3: MDT mostrando bancos de arena en la desembocadura del río Babahoyo en el año 2012
Figure 3: MDT showing shoals at the mouth of the Babahoyo River in 2012

De esta batimetría se pudo observar que en la salida del río Babahoyo se ubica un banco de arena que emerge en bajamar que no se había evidenciado en las batimetrías anteriores que está ubicado a una distancia de alrededor de

1 km medido desde la puntilla (indicada de color fucsia).

Análisis Gráfico: MDT mostrando bancos de arena en la desembocadura del río Daule en el año 2012

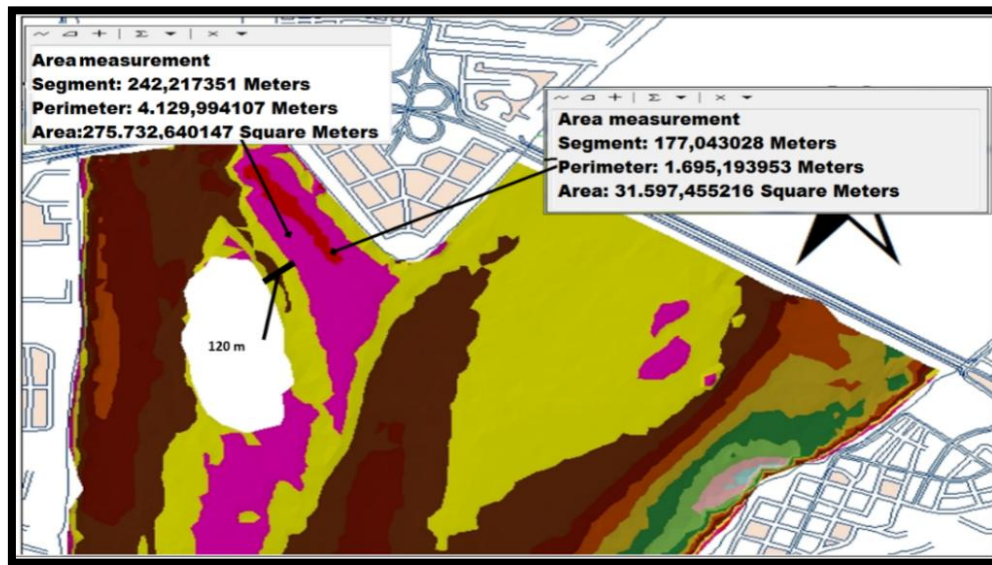


Figura 4: MDT mostrando banco de arena entre el islote y La Puntilla en el año 2012

Figure 4: MDT showing sandbar between the islet and La Puntilla in 2012

En la desembocadura del río Daule presenta dos ramales separados por el islote El Palmar; se puede ver que en el ramal oeste (del lado de la ciudad de Guayaquil) existe una mayor profundidad, y en el ramal este (entre el islote y La Puntilla) presenta un banco de arena de gran dimensión que emerge más de 1.5 m sobre la bajamar (según figura 4) y cubre un

área de 34587 m² y la otra parte del banco que emerge sobre la bajamar con un área de 241145 m², además podemos distinguir una importante acumulación de sedimentos que se genera en la parte sur del islote el Palmar. La separación entre el islote y el banco de arena tiene un promedio de 120 m.

Análisis Gráfico: MDT mostrando las profundidades en el año 2014 del río Daule y Babahoyo

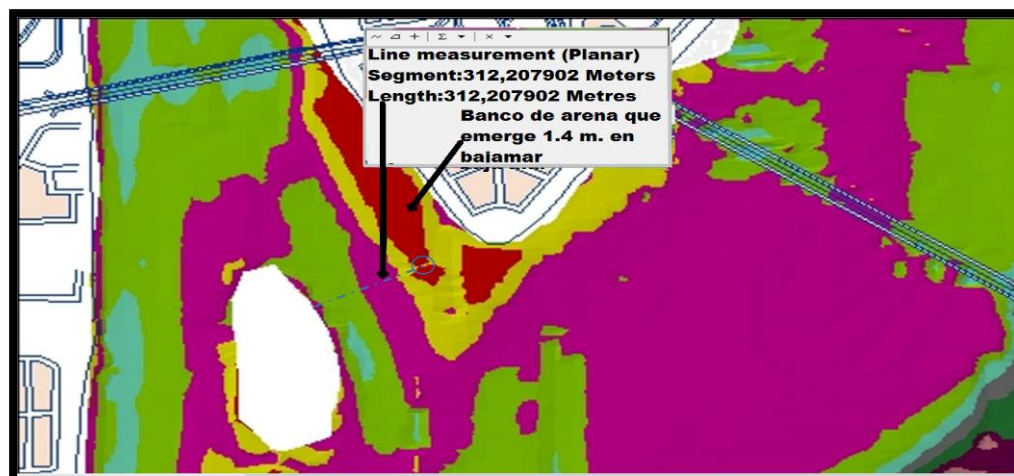


Figura 5: MDT determina el banco de arena apegado a La Puntilla en el año 2014

Figure 5: MDT determines the sandbar attached to La Puntilla in 2014

En la salida del río Babahoyo podemos observar que para este gráfico las profundidades de color fucsia en la desembocadura del río Babahoyo son menores al 0 de bajar, por lo tanto no descubre ninguna acumulación de arena al contrario de lo que se evidenció en la batimetría del año 2012.

En la desembocadura del río Daule observamos que a diferencia de la batimetría del año 2012, en el ramal este del lado de la puntilla, el banco de arena ha disminuido en cobertura apegándose a la orilla de la Puntilla, dejando un espacio de 312 m entre la Puntilla y el islote El Palmar.

Análisis de Gráfico: MDT mostrando los bajos mediante el uso de batimetría del año 2016 del río Daule y Babahoyo

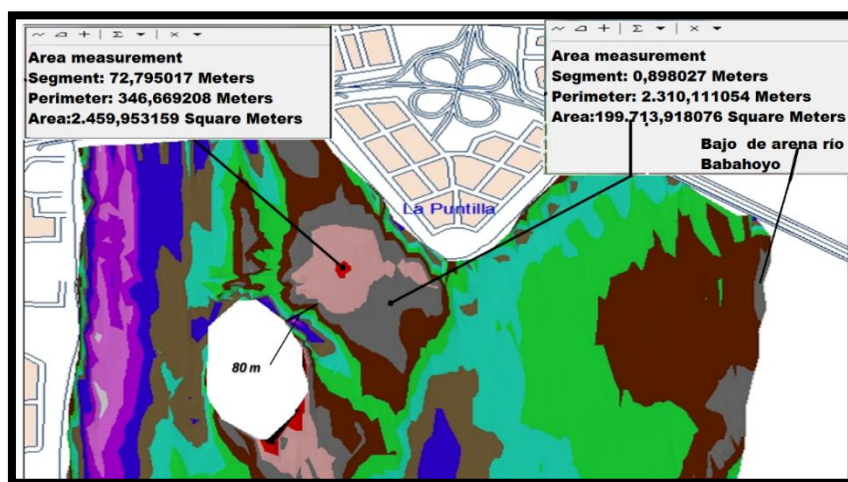


Figura 6: MDT mostrando bancos de arena cerca al islote El Palmar y en la desembocadura del río Babahoyo del año 2016

Figure 6: MDT showing shoals near the island of El Palmar and at the mouth of the Babahoyo river in 2016

En la salida del río Babahoyo: podemos observar que al igual que en el año 2012 vuelve a evidenciarse el banco de arena que emerge en baja mar en el mismo sitio, sin embargo, la superficie que descubre (en color gris) es mayor. No se puede apreciar el banco de arena del río Babahoyo en su totalidad en vista que la información disponible para la generación del TIN no cubre ésta área, por lo que tan sólo se visualiza una porción de esta acumulación de sedimentos ubicada aproximadamente en el centro del cauce del río Babahoyo, debiéndose esto a la falta de datos hacia la orilla este del río Babahoyo.

Una gran diferencia con respecto al año 2014, es que en el centro del cauce del río Babahoyo en el año 2014 presenta menor profundidades (color café), comprendidas entre el rango de 0 y -0.7 m.

En la salida del río Daule: A diferencia del año 2014 se observa que el banco de arena entre el islote El Palmar y la Puntilla se encuentra en el mismo lugar que estaba en el año 2012 pero más cercano al islote El Palmar a 80 metros de la orilla, razón por la cual parecería que tiende a unir el islote El Palmar con La Puntilla. De igual forma se puede apreciar que en la parte sur del islote sigue aumentando la sedimentación. Por otro

lado observamos que el canal oeste del río Daule apegado a la orilla de la ciudad de Guayaquil presenta una mayor profundidad.

DISCUSIÓN

Análisis Morfológico.-De la información batimétrica recolectada por INOCAR desde el año 1975 analizada por Castro. A., 2009, se puede resaltar el crecimiento de un bajo de arena denominado “islote El Palmar”, el cual a través de los años ha ido aumentando en área y altura y que en el año 2016 fue técnicamente determinado como isla mediante la estabilización de sus orillas y elevado el nivel del terreno por el depósito del material dragado, según los trabajos de dragado realizados por el Servicio de Dragas de la Armada (SERDRA) para la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

Según Dumont J.F Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 2007; El islote El Palmar se formó sobre una base de barra longitudinal, pero su sedimentación evolucionó rápidamente en una planicie de marea. Su morfología bordeando el cauce del río Babahoyo sugiere una formación por la debilidad del caudal del río Daule y su represamiento por parte del río Babahoyo. Este análisis sugiere que la presencia del islote se enmarca en una evolución a largo plazo, probablemente acelerada por factores recientes (como la represa Daule-Peripa por ejemplo) y que entonces perdurará probablemente en el futuro. Esto concuerda con la hipótesis planteada en esta investigación de que el crecimiento de bancos de arena en el área de estudio podría evidenciar una condición de desequilibrio dinámico temporal que esté afectando a las

condiciones hidráulicas y morfológicas del área de estudio.

De los estudios realizados entre los años 1994-95; 2001-2002; 2005, 2009 y 2010; se desprende que, la situación actual del río Guayas debido al enorme volumen de sedimentación anual (0.297 mts) que depositan sus afluentes los río Daule y Babahoyo, se ha vuelto innavigable a embarcaciones mayores a calados de 1.5 metros en el sector comprendido entre Guayaquil-Durán y la Puntilla de Samborondón (Hinojosa, 2014).

En base a la información previa mostrada, acerca de la morfología del área de estudio; en la presente investigación se puede visualizarlos cambios de morfología de los años anteriores con los cambios ocurridos más recientemente, mediante las modelaciones digitales hechas con la ayuda del software ArcGIS, donde se evidencia que existe un cambio en la morfología de la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo de una manera aparentemente cíclica cumpliendo la dinámica que presentan los ríos según su estación.

En el año 2012 existía un banco de arena extenso cerca al islote (Centro del cauce), en el año 2014 este banco de arena se redujo y se apegó a la orilla junto a la Puntilla sin embargo en el año 2016 se puede observar que el banco de arena presenta un aumento en extensión y se acerca al islote con una distancia corta de 80 metros de la orilla.

Así mismo en la desembocadura del río Babahoyo se observa un pequeño banco de arena en el centro del río en el año 2012 que no se evidencia en el 2014 y que vuelve aparecer en el año 2016 con un área mayor.

Al revisar las fechas de ejecución de los levantamientos podemos ver que según la

premisa de un equilibrio dinámico, la morfología en invierno es una y otra en verano (dinámica estacional), pudiendo no existir un cambio significativo a largo plazo (condición de equilibrio).

Sin embargo ante la hipótesis de que exista alteraciones de este equilibrio causadas por la acción humana se podría suponer que este banco de arena al regresar a su sitio podría tener la tendencia a futuro de aumentar su área con la posibilidad de que pueda generar

la unión del islote El Palmar y La Puntilla cerrando por completo el ramal este del río Daule y dando como única salida el ramal oeste del río Daule ubicado entre El islote, El Palmar y la orilla de la ciudad de Guayaquil como se visualiza en el escenario propuesto en la figura 7. Esta tendencia a cerrar el ramal este del río Daule junto entre el islote El Palmar y La Puntilla, se pudo apreciar con las batimetrías del año 2012 y 2016, ambas realizadas en época lluviosa.

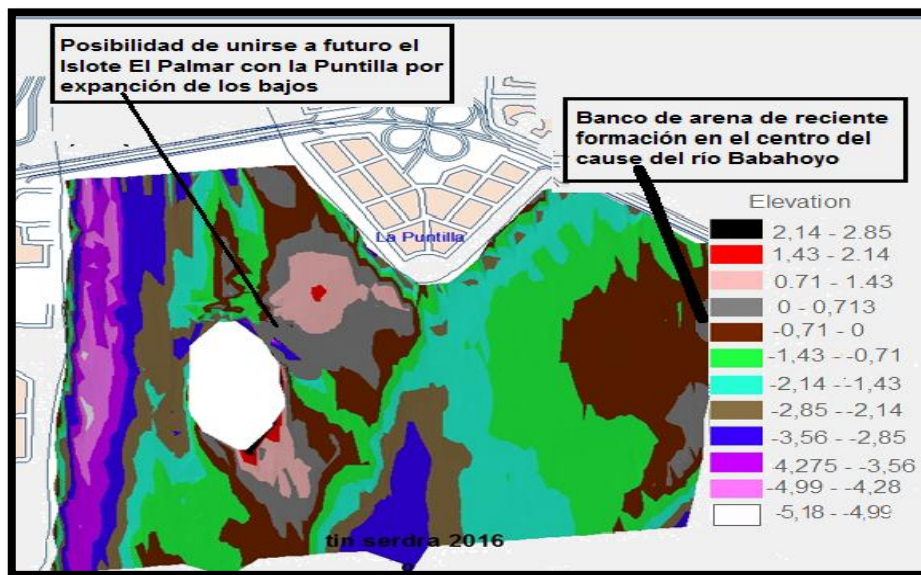


Figura 7: Posible escenario de cierre de ramal este del río Daule junto a La Puntilla
Figure 7: Possible closing scenario of the east branch of the Daule river next to La Puntilla

CONCLUSIONES

Según los antecedentes se puede evidenciar que el área de estudio ha sido afectada por acciones antrópicas y naturales abriendo la posibilidad a cambios morfológicos de largo plazo.

Ante la premisa de que pudiera existir una perturbación del equilibrio dinámico estacional característico de un estuario (lo cual se podría argumentar por la sedimentación descrita en la revisión bibliográfica del área de estudio), se procedió a la recopilación de varias fuentes

de información batimétrica (últimos 5 años), con la finalidad de poder actualizar el análisis de la variabilidad de la morfología del área de estudio.

En esta Investigación se evidenció dos puntos de acumulación de sedimentos o bancos de arena: Primer punto crítico, banco de arena en el río Daule entre el islote El Palmar y La Puntilla; Segundo punto crítico, banco de arena que se está formando en la desembocadura del río Babahoyo.

De acuerdo a la revisión bibliográfica, se detecta una tendencia de sedimentación en el

área de estudio, por lo que existe la posibilidad de que el banco de arena formado en el ramal este del río Daule podría llegar a unir al islote el Palmar con La Puntilla. El cierre del ramal este del río Daule podría obstaculizar el flujo normal del cauce del río Daule incrementando el flujo del ramal oeste, pudiendo provocar un impacto significativo en el área de estudio que afectaría a la ciudad de Guayaquil.

Del análisis realizado en esta investigación se puede decir que el banco de arena de formación reciente en el centro del cauce del río Babahoyo podría aumentar de tamaño, siendo preocupante la formación de este nuevo banco de arena, de forma similar cómo han evolucionado los bancos de arena en la proximidad del islote El Palmar, lo que motivaría un monitoreo estacional (época seca y lluviosa) con la finalidad de poder generar modelos predictivos para definir el comportamiento morfológico del área de estudio y poder precautelar posibles impactos en la ciudad de Guayaquil.

Para profundizar y verificar el comportamiento cíclico estacional de la morfología fluvial del área de estudio y la premisa de cambio a largo plazo como la formación de acumulaciones de arena tanto en el río Daule como en el Babahoyo frente a la ciudad de Guayaquil se requiere información homogénea y continua de por lo menos 3 años; considerando que la información sea generada en la misma área de influencia y que se realice tanto en época seca como lluviosa a una misma escala del levantamiento de datos batimétricos.

AGRADECIMIENTO

Los autores del presente artículo, desean expresar sus sinceros agradecimientos a las personas e instituciones quienes

mediante la Facultad de Ciencias Matemáticas y Física fueron los benefactores de los datos fuentes objeto de análisis de la investigación; así como a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Física de la Universidad de Guayaquil quién permitió realizar el presente proyecto de investigación.

REFERENCIAS

Andrews, E. D. (1982). Bank stability and channel width adjustment, East Fork River, Wyoming. *Water Resources Research*, 18(4), 1184–1192.

<https://doi.org/10.1029/WR018i004p01184>

Armijos, M., & Montolío, T. (2008). Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y sostenibilidad. *Revista*. Retrieved from <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/131>

Best, J. (1988). Sediment transport and bed morphology at river channel confluences. *Sedimentology*.

CAMAE. (2013). Problemas que afectan la navegabilidad en el río Guayas. Guayaquil. Retrieved from <http://www.camae.org/files/Informar/Año2013/Octubre/Articulo/Articulo.pdf>

Castro B., A. (2009). Sedimentation processes at the confluence of the Daule and Babahoyo rivers, Guayaquil, Ecuador. El Palmar island (T-SENESCYT-0415). The University of Birmingham / 2009. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1039?mode=full>

Dumont, J., Santana, E., & Soledispa, B. (2007). El islote El Palmar, resultado de una evolución a largo plazo de la distribución del drenaje entre los ríos Daule y Babahoyo en la Cuenca del Guayas. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*.

Galloway, W. (1975). Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems.

Hinojosa, J. T. (2014). Proyecto de dragado para la rehabilitación del canal navegable del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil en base a estudios multitemporales. Retrieved from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/1519>

TOBAR, V. (2004). El desperdicio del siglo. Portuaria y su cuarto contrato de dragado.

USACE, U. (2005). Estudio de sedimentos del río Guayas 2005.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL PLANCTON EN LA ZONA COSTERA DEL ECUADOR, EN MAYO DE 2013.

COMPOSITION AND ABUNDANCE OF THE PLANKTON IN THE COASTAL AREA OF ECUADOR, IN MAY 2013.

Christian Naranjo¹, María Elena Tapia¹

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

Email: christian.naranjo@inocar.mil.ec; maria.tapia@inocar.mil.ec

RESUMEN

Durante el año 2013 en la zona costera representada por cuatro estaciones, se presentó un total de 45 especies de fitoplancton, observándose la mayor productividad fitoplanctónica y zooplanctónica a los 2.5° sur estación 4 (E-4), frente a Puerto Bolívar, esta abundancia zooplanctónica fue disminuyendo paulatinamente a partir de 0° hacia el norte de la costa ecuatoriana.

Al comparar el grado de afinidad a través del índice de Sorensen, entre la estación 2 ubicada frente a Manta y la estación 3 ubicada frente a La Libertad; se determinó que existe una afinidad en la composición de las especies del zooplancton, representado por un 0.66 tanto a nivel superficial y subsuperficial.

*Las especies **Sagitta peruviana**, **Sagitta popovicci** y **Khronitta subtilis** que son especies típicas de aguas frías, su mayor abundancia fue observada a nivel subsuperficial, su composición similar de especies permitió una mayor afinidad entre las estaciones 3 y 4 localizada a 2° y 3° sur. En tanto, que hacia el norte del 0° de la línea ecuatorial es menor la afinidad y se observaron las especies **Sagitta bruuni**, **Sagitta minima**, que son típicas de aguas cálidas provenientes del norte.*

*Se registraron las especies **Chaetoceros affinis**, **Chaetoceros peruvianus**, **Thalassiosira subtilis** que caracterizan la presencia de aguas neríticas, mientras que **Rhizosolenia imbricata**, **Chaetoceros eibonii** y **Proboscia alata** son indicadoras de aguas cálidas, por lo tanto se observó una mezcla de especies de aguas neríticas, cálidas y frías propias de la época en transición, estos cambios de productividad del plancton posiblemente estén asociados a las condiciones locales.*

Palabras claves: *Biomasa, Diatomeas, Diversidad de especies, Índice de Sorensen, Pacífico Oriental, Productividad biológica, Quetognatos, Zona costera.*

ABSTRACT

This study was done at four stations in the coastal zone of Ecuador during 2013 and it observed a total 45 phytoplankton species. The highest phytoplankton and zooplankton productivity was observed at 2.5 ° south (E-4) in front of Puerto Bolivar, this biomass zooplankton declined steadily from 0 ° north of the ecuadorian coast.

By comparing the degree of affinity through the Sorensen index between station 2 located in front of Manta and station 3 located in front of La Libertad, it was determined that there is an affinity in the composition of the zooplankton species represented by a 0.66 both at the superficial level and subsurface.

The *S. peruviana*, *S. popovicii* and *Khronitta subtilis* species, which are typical cold water species, were observed at subsurface level. Similar species composition allowed a higher affinity between stations 3 and 4 located at 2° and 3° south. Towards the north of the 0° of the equatorial line the affinity is smaller and the species *S. bruuni*, *S. minima* that are typical of warm waters coming from the north.

Were recorded the species *Chaetoceros affinis*, *Ch. peruvianus*, *Thalassiosira subtilis* that characterized the presence of neritic waters, whereas *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros eibenii* and *Proboscia alata* are indicative of warm waters, therefore a mixture of species of neritic, warm and cold conditions typical of the transition period, these plankton productivity changes may be associated with the conditions located in the Esmeraldas, Manta, La Libertad and Puerto Bolívar stations.

Keywords: Biomass, Biological productivity, Coastal zone, Chaetognatha, Diatoms, Eastern Pacific, Species diversity, Sorensen index.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema pelágico regional en Ecuador, 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).

La ocurrencia de masas de aguas superficiales y subsuperficiales varían considerablemente debido al régimen complejo de la circulación oceánica en el Pacífico Oriental Tropical, en particular el desplazamiento estacional del Frente Ecuatorial es un factor importante para la distribución de las masas de aguas del Ecuador Okuda T., Valencia M., & R. Suéscum, (1983).

El plancton es considerado muy buen indicador de condiciones oceanográficas, así también condiciones atípicas de El Niño y La Niña. El fitoplancton está representado por una gran variedad de especies, con poblaciones específicas que corresponden a las diferentes masas de Aguas Tropicales (Rojas-Mendiola, 1981). Existen especies de zooplancton que tienen características de ser buenos indicadores de masas de aguas. Cruz, (2012), identificó el pseudotecosomado *Desmopterus papilio* y reportado por primera vez en julio 1991, que tiene preferencia por aguas de mezcla entre Aguas Tropicales Superficiales y Aguas Subtropicales Superficiales.

Los cambios climáticos globales tienen una conexión con la variabilidad en la tasa de

perturbación ecológica en áreas cercanas a la costa y en ambientes oceánicos, procesos que han sido involucrados para explicar la declinación del coral e incremento de radiación ultravioleta y la presión relacionada a impactos antropogénicos, tales como sobrepesca, contaminación marina y eutrofización costera son enunciados por Marshall, Bonaventura, Mitchell, Prospero, Sherman, Shinn, Dolah & Barber (2000); sin embargo, el fitoplancton es el principal sintetizador de los mecanismos acuáticos (Subba, 1976).

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

El principal objetivo del estudio es emplear las especies de plancton como indicadores de masas de aguas por lo que se considera evaluar la clorofila *a*, composición, abundancia de las especies de los grupos de diatomeas, dinoflagelados y quetognatos. Así también que afinidad existen entre las especies y su distribución espacial en las 4 estaciones ubicadas de norte a sur de la zona costera del Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación, se efectuó en cuatro estaciones oceanográficas localizadas sobre la fosa de subducción, y frente a las costas de las provincias de Esmeraldas, Manabí, Península de Santa Elena y El Oro, cercanas a las estaciones fijas que el INOCAR está monitoreando mensualmente (Figura 1).

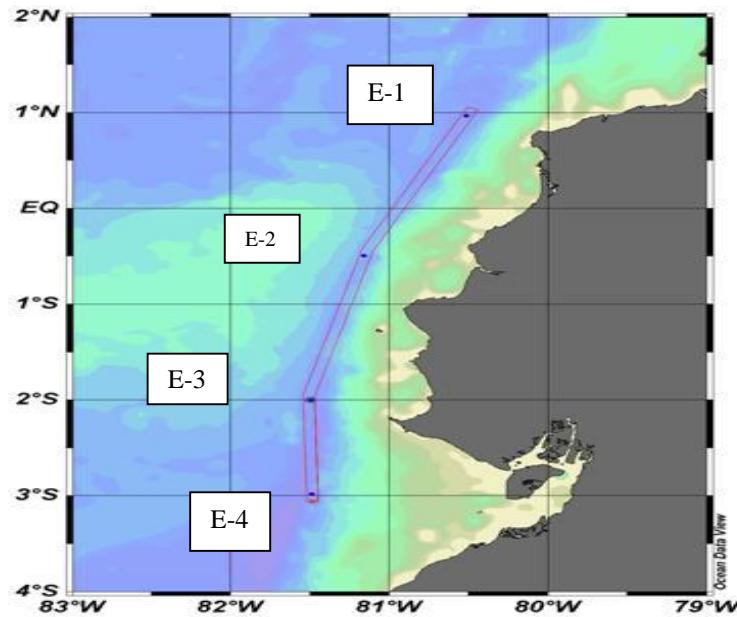


Figura 1. Estaciones de muestreos, de la zona costera del Ecuador, donde E-1 Esmeraldas, E-2 Manabí, E-3 Península de Santa Elena y E-4 El Oro, durante el Crucero CO-I-2013

Figure 1. Sampling stations of the coastal zone of Ecuador, where E-1 Esmeraldas, E-2 Manabí, E-3 Peninsula of Santa Elena and E-4 El Oro, during the Cruise CO-I-2013

Durante el crucero CO-1-2013, efectuado a bordo del B/I ORION se obtuvieron muestras de agua en cuatro estaciones oceanográficas ubicadas frente a las costas de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena y El Oro a profundidades estándar (0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 75 m y 100 m), mediante el uso de botellas Niskin (8 L) para análisis de clorofila *a* (Método de Fluorometría, SCOR Unesco, 1966), conteo celular (Método de Utermohl).

En las estaciones diurnas se midió la incidencia de la luz con la ayuda del disco Secchi. Para análisis cualitativo de fitoplancton se llevaron a cabo arrastres superficiales con red de 50 μ durante 10 minutos a 2 nudos empleando redes cónicas simples (WP-2) y se efectuaron lances verticales con las mismas características de la red.

Para los análisis cualitativos de la comunidad fitoplanctónica y zooplanctónica se efectuaron arrastres superficiales utilizando

una red cónica simple, con un diámetro de 0.30 m y una abertura de malla de 50 μ y 335 μ respectivamente. Los arrastres se realizaron durante 10 minutos a una velocidad de dos nudos. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax.

También se realizaron arrastres verticales desde los 50 m hacia la superficie, para el efecto se utilizó una red con un diámetro de 0.30 m y 0.45 m con una abertura de malla de 50 μ y 335 μ respectivamente.

Las redes están provistas de un flujómetro para registrar las revoluciones iniciales y finales durante cada lance de la red, a fin de obtener el volumen de agua filtrada.

Para la determinación de clorofila *a* se colectaron muestras de un litro de agua de mar y fueron filtradas con la ayuda de una bomba al vacío. Adicionalmente se utilizó un set de filtración donde se colocaron los filtros de fibra de vidrio Whatman de 0.45 μ , donde se vertió 1000 ml de muestra. Finalmente se

adicionó 2 ml de carbonato de magnesio para que los pigmentos de la clorofila se adhieran al papel filtro.

Para el análisis cualitativo de fitoplancton se tomaron 2 alícuotas homogenizadas que fueron previamente colocadas en porta objeto y sobrepuesto un cubre objeto de 20 x 20 mm y con la ayuda de un microscopio binocular, se efectuó el análisis de toda el área del cubre objeto, finalmente los datos fueron expresados en $\text{cél}/\text{m}^3$.

Para el análisis de especies del fitoplancton se siguió la taxonomía de Cupp (1943), Taylor (1976), Jiménez (1983), Pesantes (1983), Balech (1988), Tomas (1997).

Para los análisis de zooplancton se procedió a obtener mediante el método de McEwen, con la ayuda del Separador de Folsom alícuotas para posteriormente realizar los análisis cualitativos y cuantitativos empleando un estereomicroscopio y microscopio para observar detalles morfológicos para la identificación de los especímenes de quetognatos.

Para la identificación de los grupos zooplanctónicos se emplearon las claves (Cajas 1967), (Gasca y Suárez, 1996), (Boltovskoy, 1981), (Alvariño, 1963; 1965) y (Bonilla 1983).

Para el análisis de clasificación cualitativo, se empleó el índice de Sorensen para establecer el grado de afinidad entre los sitios de muestreos y su relación con las especies de plancton en función de la presencia y ausencia de las especies de diatomeas y quetognatos.

Se registraron los datos de temperatura superficial del mar con la ayuda del termómetro de balde y salinidad superficial mediante uso del salinómetro.

RESULTADOS

Fitoplancton: Clorofila *a*

Estación 1- Esmeraldas: Se observaron concentraciones con aguas de baja productividad de $0.08 \text{ mg}/\text{m}^3$ a nivel superficial. En el estrato subsuperficial de los 10-20 m de profundidad, se registraron aguas ligeramente productivas con $0.24\text{-}0.28 \text{ mg}/\text{m}^3$ respectivamente. Las menores concentraciones se encontraron a los 50 m con $0.06 \text{ mg}/\text{m}^3$ siendo de baja productividad primaria, (Figura 2 a, b, c, d).

Estación 2- Manta: Se registraron concentraciones con aguas de baja productividad $0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$ a nivel superficial. A los 10-20 m de profundidad, se registraron aguas de baja productividad con $0.16\text{-}0.18 \text{ mg}/\text{m}^3$. Las menores concentraciones se encontraron a los 30 m con $0.02 \text{ mg}/\text{m}^3$ siendo de baja productividad primaria.

Estación 3- La Libertad: Se observaron concentraciones con aguas de baja productividad de $0.08 \text{ mg}/\text{m}^3$ a nivel superficial. En el estrato subsuperficial de los 30 m de profundidad, se registraron aguas de baja productividad con $0.09 \text{ mg}/\text{m}^3$. Las menores concentraciones se encontraron a los 10-40 m con $0.03\text{-}0.04 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Estación 4- Puerto Bolívar: Se registraron concentraciones con aguas de baja productividad con $0.12 \text{ mg}/\text{m}^3$ a nivel superficial. En el estrato subsuperficial de los 10-20 m de profundidad, se registraron aguas ligeramente productivas con $0.32\text{-}0.46 \text{ mg}/\text{m}^3$. Las menores concentraciones se encontraron a los 40-50 m con $0.05\text{-}0.07 \text{ mg}/\text{m}^3$ siendo de baja biomasa fitoplanctónica.

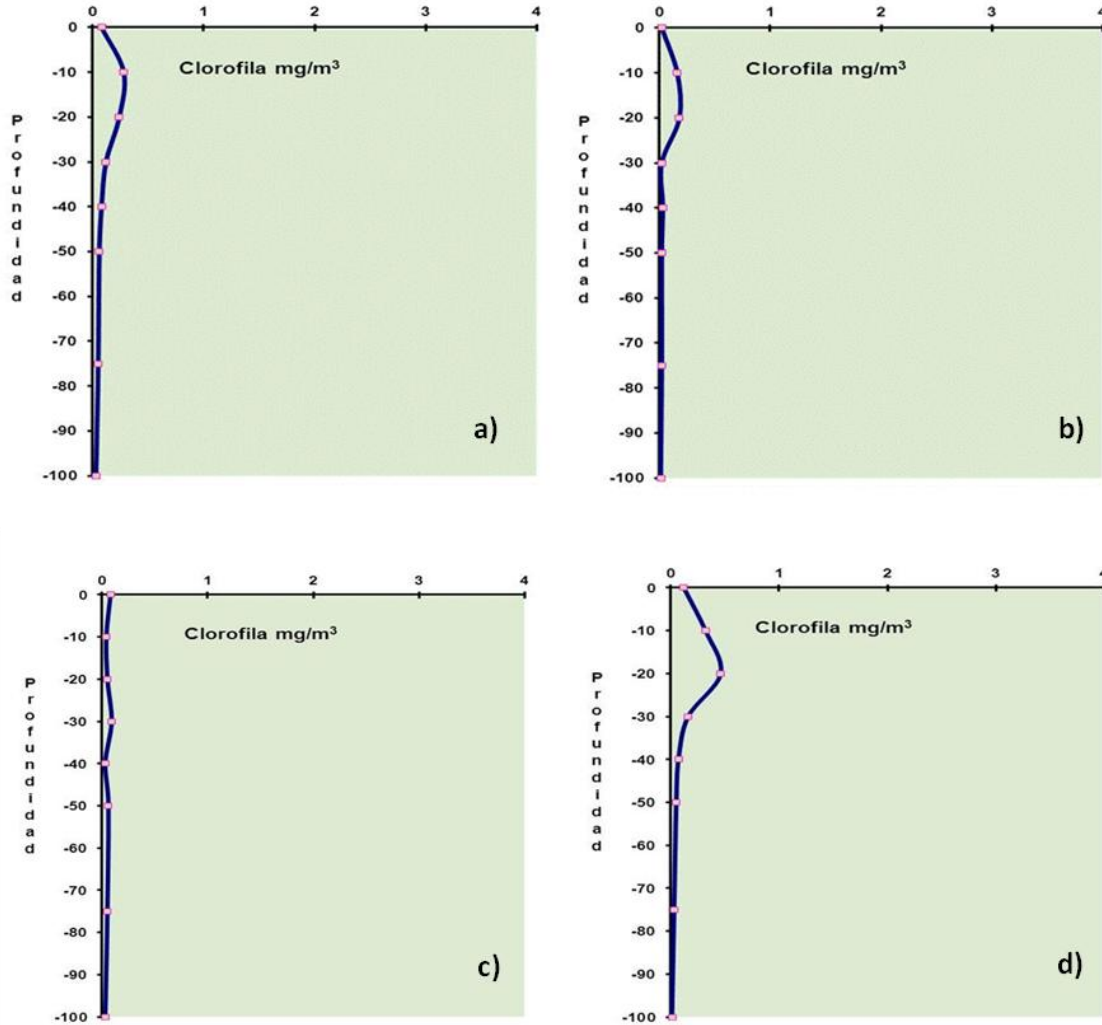


Figura 2. Variabilidad superficial y vertical de clorofila *a* en las estaciones costeras, durante el C0-1-2013
a) Esmeraldas; b) Manta, c) La Libertad; d) Puerto Bolívar

Figure 2. Surface and vertical variability of chlorophyll *a* in coastal stations, during C0-1-2013
a) Esmeraldas; b) Manta, c) La Libertad; d) Puerto Bolívar

FITOPLANCTON: DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL.

Estación 1- Esmeraldas: Se encontró en esta área una alta densidad celular con un total de 5179 células/m³, registrándose una riqueza de 44 especies distribuidas en 28 diatomeas, 14 dinoflagelados y 2 silicoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera:

Chaetoceros affinis 26.6%, *Ch. peruvianus* 23.3 %, *Thalassiotrix frauenfeldii* 21.7%, *Rhizosolenia imbricata* 15.2%, *Guinardia striata* 1.6% y otros 11.4% (Figura 3).

Se registró la temperatura superficial del mar de 26.5° C. y salinidad de 32.7 psu.

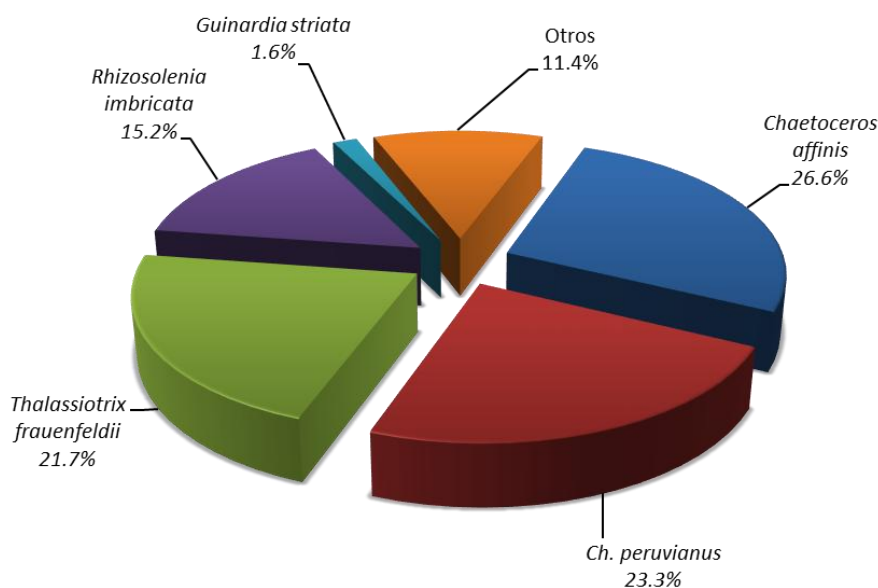


Figura 3. Composición superficial del fitoplancton en la estación 1- Esmeraldas, durante el C0-1-2013
Figure 3. Surface composition of phytoplankton in station 1- Esmeraldas, during C0-1-2013

A nivel subsuperficial se encontró en esta área una moderada densidad celular con un total de 711 células/m³, registrándose una riqueza de 35 especies distribuidas en 24 diatomeas, 9 dinoflagelados y 2 silicoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *Ch.*

affinis 30.9%, *Ch. curvisetus* 15.4%, *Bacteriastrum hyalinum* 14.9%, *Ch. peruvianus* 8.4%, *R. imbricata* 8.1% y otros 22.1% (Figura 4).

La temperatura del mar a los 50 m fue 26.3° valor de y salinidad de 32.7 psu.

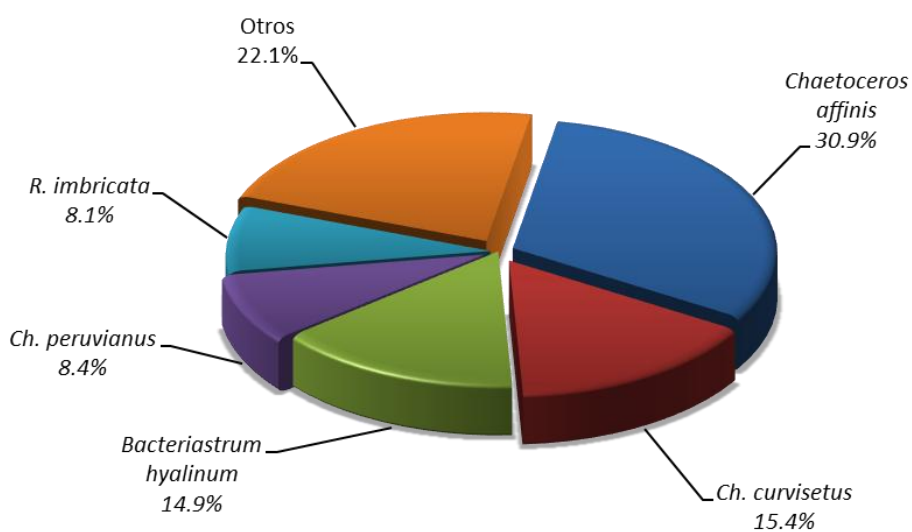


Figura 4. Composición subsuperficial del fitoplancton en la estación 1- Esmeraldas, durante el C0-1-2013
Figure 4. Subsurface composition of phytoplankton in station 1- Esmeraldas, during C0-1-2013

Estación 2- Manta: Se encontró en esta área una escasa densidad celular con un total de 337 células/m³, registrándose una riqueza de 32 especies distribuidas en 20 diatomeas, 9 dinoflagelados y 3 silicoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *Ch.*

peruvianus 28.6%, *R. imbricata* 25.8%, *Ch. affinis* 10.9%, *Thalassiosira subtilis* 4.4%, *Rhizosolenia hebetata* 3.5% y otros 26.8 % (Figura 5). Se registró la temperatura superficial del mar de 25.2° C. y salinidad de 31.4 psu.

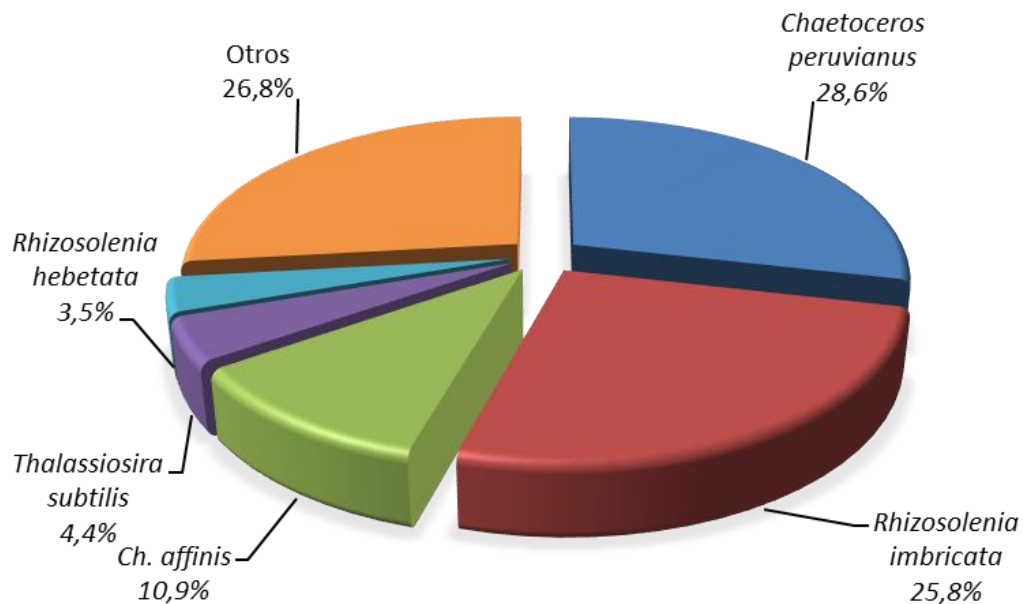


Figura 5. Composición superficial del fitoplancton en la estación 2- Manta, durante el C0-1-2013
Figure 5. Surface composition of phytoplankton in season 2- Manta, during C0-1-2013

A nivel subsuperficial se encontró en esta área una escasa densidad celular con un total de 346 células/m³, registrándose una baja riqueza de 19 especies distribuidas en 15 especies de diatomeas y 4 especies de dinoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *Ch.*

peruvianus 28.9%, *R. imbricata* 26.0 %, *Ch. affinis* 13.0%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 8.67%, *Ch. eibonii* 5.78% y otros 17.6% (Figura 6).

Se registró 21.3° C de temperatura del mar a los 50 m y salinidad de 35.0 psu.

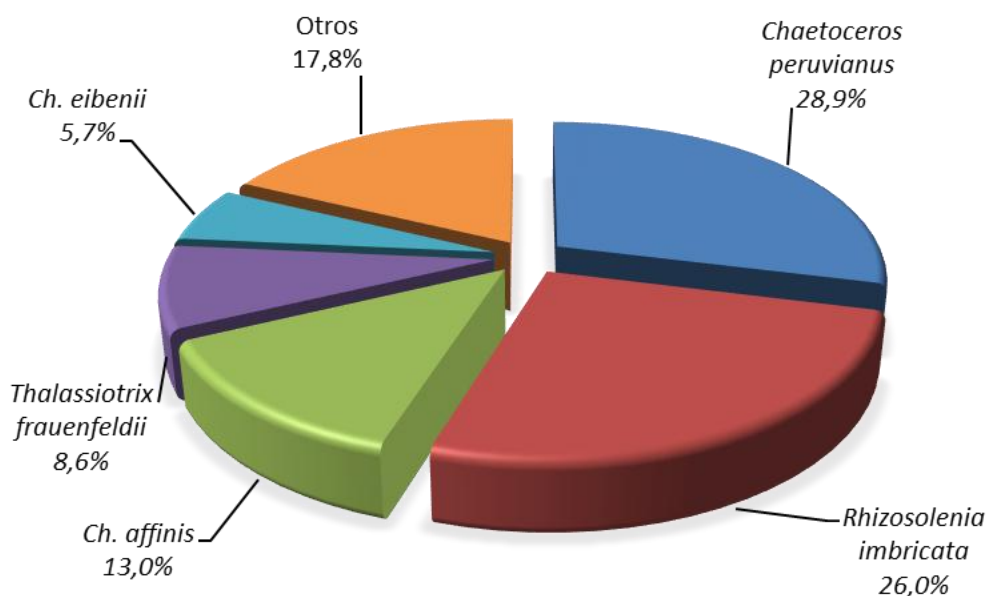


Figura 6. Composición subsuperficial del fitoplancton en la estación 2-Manta, durante el C0-1-2013
Figure 6. Subsurface composition of phytoplankton in station 2-Manta, during C0-1-2013

Estación 3- La Libertad: Se registró en esta área una abundante densidad celular con un total de 1151 células/m³, registrándose una riqueza de 33 especies distribuidas en 20 diatomeas y 13 dinoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *R.*

imbricata 48.6%, *Proboscia alata* 39.0%, *Navicula sp.* 2.7%, *Ceratium dens* 1.4%, *Planktoniella sol* 1.0% y otros 7.1% (Figura 7).

Se registró una temperatura superficial del mar de 24.5° C y salinidad de 33.6 psu.

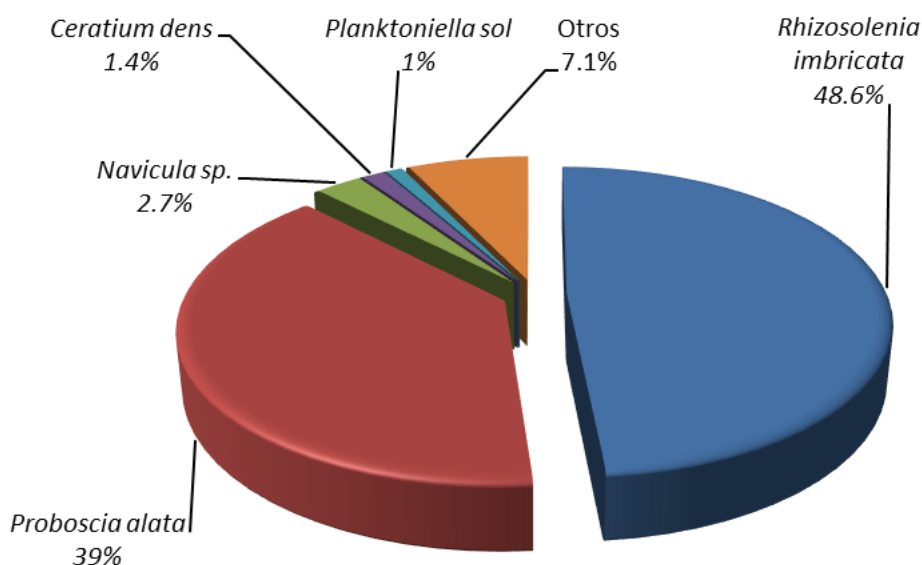


Figura 7. Composición superficial del fitoplancton en la estación 3- La Libertad, durante el C0-1-2013
Figure 7. Surface composition of phytoplankton in station 3- La Libertad, during the C0-1-2013

A nivel subsuperficial se encontró en esta área una escasa densidad celular con un total de 300 células/m³, registrándose una diversidad de 30 especies distribuidas en 18 diatomeas, 10 dinoflagelados y 2 silicoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *T.*

subtilis 34.9%, *Coscinodiscus excentricus* 11%, *Leptocylindrus danicus* 9%, *R. imbricata* 9%, *Proboscia alata* 6% y otros 30.1% (Figura 8).

Se registró 17.1° C de temperatura del mar a los 50m y salinidad de 35.1 psu.

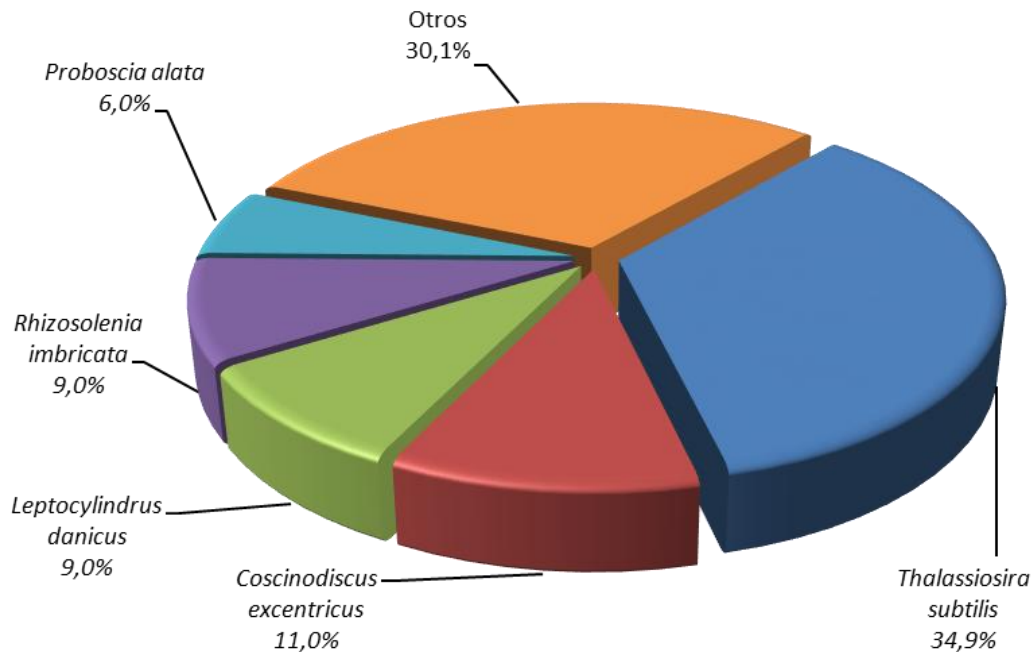


Figura 8. Composición subsuperficial del fitoplancton en la estación 3- La Libertad, durante el C0-1-2013
Figure 8. Subsurface phytoplankton composition in station 3- La Libertad, during C0-1-2013

Estación 4- Puerto Bolívar: Se registró en esta área una abundante densidad celular con un total de 1378 células/m³, registrándose una diversidad de 41 especies distribuidas en 26 diatomeas, 14 dinoflagelados y 1 silicoflagelado.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *R. imbricata* 76.1%, *Dactyosolen mediterraneus* 2.7%, *Ch. affinis* 2.5%, *P. alata* 2.2%, *Guinardia striata* 2.2% y Otros 14.2% (Figura 9). Se registró una temperatura superficial del mar de 24.5° C y salinidad de 33.9 psu.

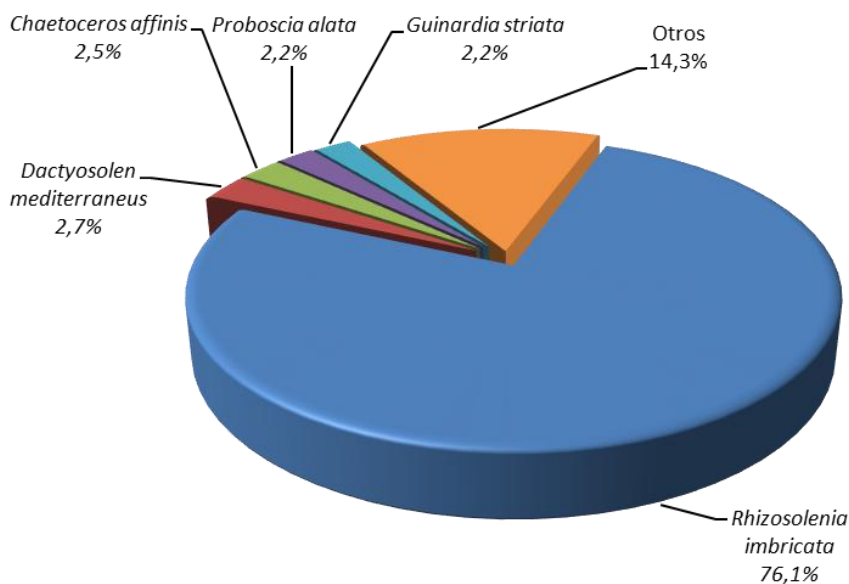


Figura 9. Composición superficial del fitoplancton en la estación 4-Puerto Bolívar, durante el C0-1-2013
Figure 9. Surface composition of phytoplankton in station 4-Puerto Bolívar, during the C0-1-2013

A nivel subsuperficial se encontró en esta área una moderada densidad celular con un total de 599 células/m³, registrándose una riqueza de 43 especies distribuidas en 30 diatomeas, 11 dinoflagelados y 2 silicoflagelados.

La abundancia relativa de las especies estuvo representada de la siguiente manera: *Ch.*

affinis 38.0%, *T. subtilis* 20%, *R. imbricata* 6.7%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 5.0%, *Coscinodiscus excentricus* 5%, y otros 25.3% (Figura 10). Se registró 16.9° C de temperatura del mar a 50 m y salinidad de 35.1 psu.

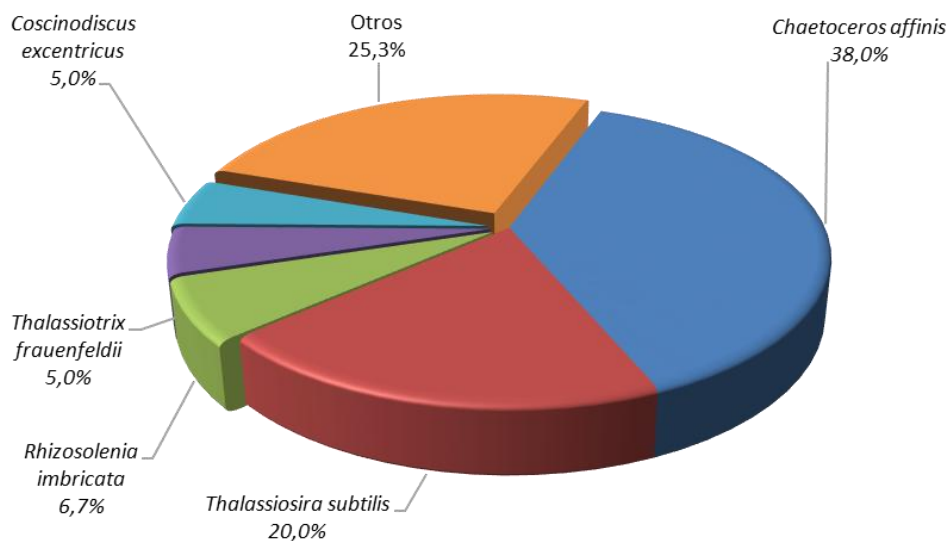


Figura 10. Composición subsuperficial del fitoplancton en la estación 4-Puerto Bolívar, durante el C0-1-2013
Figure 10. Subsurface composition of phytoplankton in station 4-Puerto Bolívar, during the C0-1-2013

Adicionalmente se registró una escasa densidad celular de dinoflagelados representado por las especies *Goniodoma polyedricum*, *C. dens* y *Ceratium fusus* con 15 y 27 cél/m³ encontrados en La Libertad y Esmeraldas respectivamente.

Estas especies de dinoflagelados se las puede considerar como especies euteritéricas ya que soportan amplios rangos de temperatura.

Zooplancton: Distribución superficial y subsuperficial.

Estación 1- Esmeraldas: Los valores de abundancia de zooplancton encontrados al norte de la costa ecuatoriana fueron menores en comparación a los registrados al sur de la costa y especialmente frente a Puerto Bolívar.

Los valores de abundancia de zooplancton registrados en Esmeraldas a nivel superficial fueron de 2556 ind./100m³ y a nivel subsuperficial se encontró un valor ligeramente superior con un total de 4363 ind./100m³, que representa una baja abundancia zooplanctónica (Figura 11).

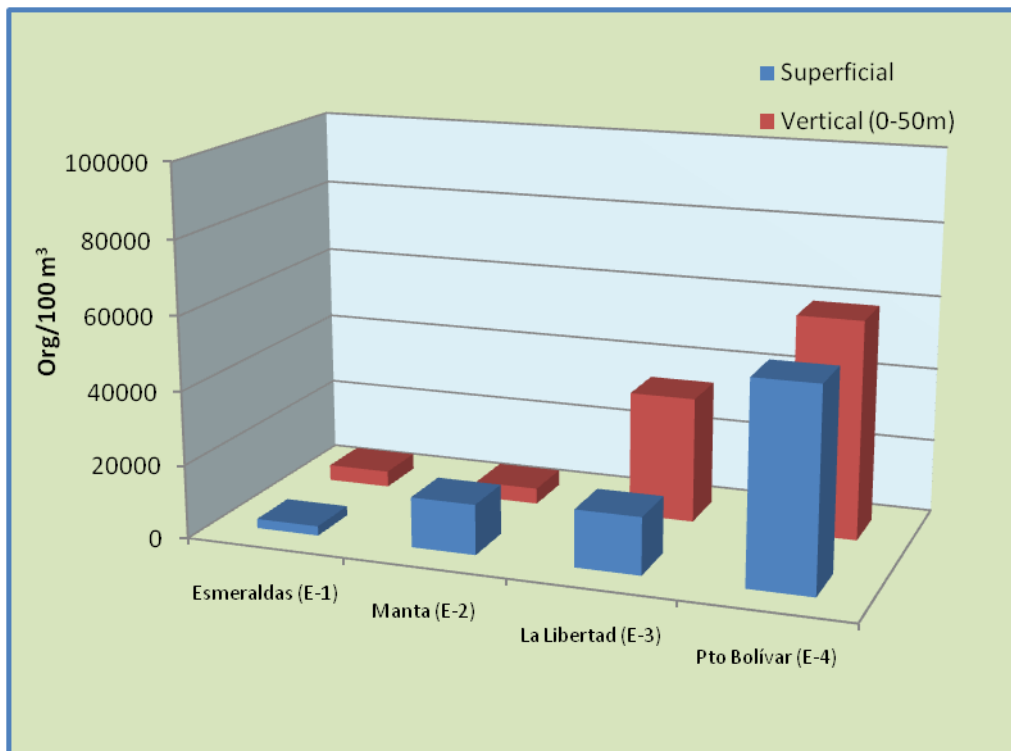


Figura 11. Distribución superficial y vertical de la abundancia del zooplancton en la costa ecuatoriana, durante el CO-1-2013

Figure 11. Surface and vertical distribution of abundance of zooplankton in the ecuadorian coast, during CO-1-2013

Los grupos dominantes en la capa superficial fueron los radiolarios 53%, seguido de copépodos 25.8%, quetognatos 6.6%, y huevos de invertebrados 6.6%, a nivel

superficial, y presentándose un patrón similar en la composición los grupos dominantes del zooplancton a lo observado en la columna de agua.

Con relación a las especies de quetognatos a nivel superficial se presentaron una mayor riqueza de especies, representados por un total de 6 especies correspondientes al género *Sagitta sp.* 41.2% que representan ejemplares juveniles, seguido de las especies *S. enflata* 29.4%, *S. bedoti* 17.6%, *S. bruuni* 11.8%, *S. pacifica* 5.9%, *S. minima* 5.9%, y *S. bipunctata* 5.9%.

A nivel subsuperficial se reportan las especies con mayor abundancia que fueron *S. enflata* 38.9%, seguidos de *S. bedoti* 16.7%, y *S. pacifica* 5.6%. Estas especies están tipificando aguas cálidas y oceánicas provenientes del norte.

El análisis de clasificación del índice de Sorensen mostró una afinidad en la estación 2 ubicada frente a Manta y se determinó que existe una afinidad en la composición de las especies representado por un 0.71 a nivel superficial, mientras que en la columna de agua fue ligeramente menor con 0.6 (Fig.12).

Estación 2- Manta: En la estación ubicada frente a Manta se determinó a nivel superficial valores de abundancia de zooplancton con 13625 ind./100m³ siendo aguas productivas a nivel subsuperficial se encontró un valor inferior representado por una abundancia de 4293 ind./100m³ siendo esta biomasa considerada ligeramente productiva.

La abundancia de zooplancton en la capa superficial estuvo representado por los copépodos 50.5%, radiolarios 39.3%, y quetognatos 7.4%.

A nivel subsuperficial se presentaron los grupos copépodos 47.9%, huevos de invertebrados 25.1%, seguido de los grupos quetognatos 11.4%, zoeas de brachiuras 10.2%, doliolum 4.2%, y apendicularios 1.2%.

Con relación a las especies de quetognatos se observó la presencia de *Sagitta enflata* 64%, *S. bedoti* 16%, seguido de *S. minima* 8%, *S. bipunctata* 4% y *Pterosagitta draco* 4%.

Estación 3- La Libertad: Los valores de abundancia de zooplancton fueron incrementándose paulatinamente hacia la zona sur de la costa ecuatoriana, determinándose a nivel superficial valores de 15503 ind./100m³, siendo mucho mayor la abundancia a nivel subsuperficial con valor de 34162 ind./100m³, caracterizando esta área como una zona productiva de zooplancton.

Los grupos zooplanctónicos en la capa superficial fueron los siguientes: Copépodos 78%, radiolarios 7% y quetognatos 6.4%, con una menor abundancia se registraron los grupos foraminíferos, doliolum, apendicularios, estomatópodos, ostrácodos, pterópodos, heterópodos, huevos de peces, larvas de peces, larvas de poliquetos, megalopas de brachiuras, y anfípodos, que juntos representan una abundancia del 8.6%, y adicionalmente se determinó una considerable diversidad de grupos en comparación a las estaciones 1 y 2.

A nivel subsuperficial se presentó un patrón similar en la composición siendo los grupos dominantes copépodos 73.4%, eufaúsidos 10.2%, radiolarios 7.2% y quetognatos 3.6%.

Con relación a las especies de quetognatos en la capa superficial se reporta al género *Sagitta sp.* con 14.8%, y las especies *S. enflata* 44.4%, *S. bedoti* 33.3%, *S. regularis* y *S. minima* con un 3.7% cada especie. En tanto que a nivel subsuperficial se registraron especies que tipifican la presencia de aguas frías representado por la asociación de las especies *Sagitta peruviana*, *S. hexaptera* y *Khronitta subtilis*.

Comparando el grado de afinidad a través del índice de Sorensen entre la estación 2 ubicada frente a Manta y la estación 3 ubicada frente a La Libertad se determinó que existe una

afinidad en la composición de las especies representado por un 0.66 de similitud tanto a nivel superficial y subsuperficial (Figura 12).

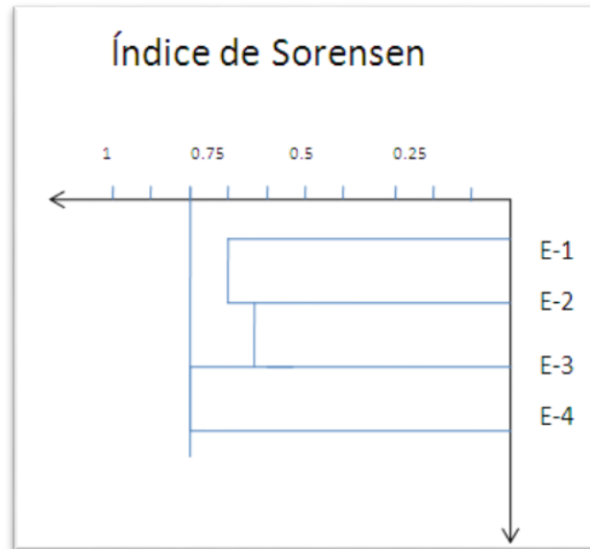


Figura 12. Dendrograma para representar la similitud entre las estaciones del Crucero Oceanográfico de las especies de quetognatos en la capa superficial, mayo de 2013

Figure 12. Dendrogram to represent the similarity between the Oceanographic Cruise stations of the ketognath species in the surface layer, may 2013

Estación 4- Puerto Bolívar: En esta estación fue el lugar donde se registró la mayor abundancia de zooplancton con valores muy similares en la capa superficial y subsuperficial, representados por 54174 y 59281 ind./100m³, respectivamente. Se resalta que los grupos con mayor abundancia relativa en la capa superficial fueron radiolarios 51.8% y copépodos 43.1%, y un patrón similar en la presencia de los grupos dominantes observados a nivel subsuperficial.

Con relación a las especies de quetognatos la estación 4 guardó una similitud de acuerdo al índice de Sorensen en comparación a la estación 3, y se determinó valores de 0.8 y 0.76 a nivel superficial y subsuperficial respectivamente (Figura 13).

A nivel subsuperficial se presentaron especies típicas de aguas frías debido a la presencia de *Sagitta popovicii* y *Khronitta subtilis*, en tanto que a nivel superficial se presentó *Sagitta bedoti* que caracteriza procesos de mezcla de aguas frías y cálidas.

Por lo que de acuerdo a estos valores dentro del Dendrograma existe un patrón con mayor gradiente similar entre las estaciones 3 y 4, en tanto que las estaciones 2 comparadas con la 3 presenta una menor similitud, posiblemente influenciado por los procesos de los gradientes termohalinos debido al choque de aguas frías provenientes del sur y que se encuentran con las aguas cálidas del norte.

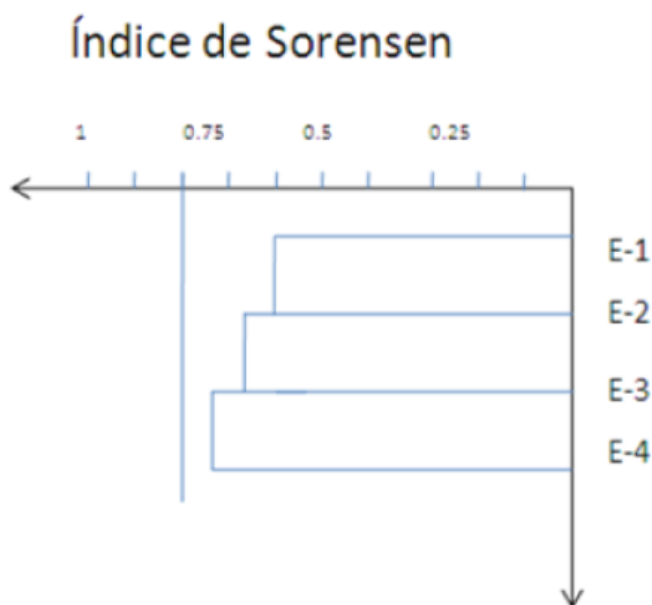


Figura 13. Dendrograma para representar la similitud entre las estaciones del Crucero Oceanográfico de las especies de quetognatos en la capa subsuperficial, mayo de 2013

Figure 13. Dendrogram to represent the similarity between the Oceanographic Cruise stations of the ketognath species in the subsurface layer, May 2013

DISCUSIÓN

Gualancañay, E. M. Tapia, C. Naranjo, M. Cruz & F. Villamar (2008 a), mencionan 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/m³ en la fase de flujo y entre 0.82-1.14mg/m³ en la fase de reflujos.

Actualmente la productividad primaria registrada en la Bahía de Manta es inferior, siendo el valor máximo de 0.78 mg/m³ en la E-4 durante la época húmeda.

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

De acuerdo a la distribución de la productividad primaria y secundaria en la Bahía de Manta, se determinó que los sitios donde se encontró la menor concentración de

clorofila *a* fueron los sitios en que se registraron las mayores agregaciones de biomasa de zooplancton, y especialmente 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.

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 taxa que corresponden al zooplancton y de estos 6 especies de quetognatos y 2 especies de cladóceros que caracterizaron una considerable diversidad planctónica. Las especies de quetognatos que están caracterizando aguas cálidas fueron *Sagitta enflata*, *S. minima* y de aguas oceánicas en la capa superficial fueron *Sagitta bipunctata* y *Pterosagitta draco*.

En la comunidad del 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 1999 un total de 109 especies y para Manta del año 2000 un promedio de 119 especies. En comparación a la presente investigación en Manta a nivel superficial se determinó 35 especies caracterizado por la dominancia de *Chaetoceros peruvianus* 28.6%, *Rhizosolenia imbricata* 25.8%, *Ch. affinis* 10.9%, y se reporta 19 especies a nivel subsuperficial representado por *Chaetoceros peruvianus* 28.9%, *R. imbricata* 26.0%, *Ch. affinis* 13.0%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 8.67%, mientras que en La Libertad se determinó 35 y 30 especies en la capa superficial con la mayor abundancia de *Rhizosolenia imbricata* 48.6%, *Probosciaalata* 39.0% y en la columna de agua representado por *Thalassiosira subtilis* 34.9%, *Coscinodiscus excentricus* 10.2%, *Leptocylindrus danicus* 8.50%.

Naranjo & Tapia (2013), en un estudio efectuado en Manta durante el 2011 indican que 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 de 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.

Naranjo & Tapia (2014), en un estudio realizado en Pedernales durante el 2013 registran que las especies de fitoplancton y quetognatos estadísticamente no presentaron diferencias significativas comparadas estacionalmente, lo que sugiere que las medias poblacionales en la abundancia de las especies de fitoplancton y quetognatos registradas fueron relativamente similares en la Bahía de Pedernales durante marzo y septiembre de 2013.

Tapia & Naranjo (2015), en una investigación desarrollada en Bahía de Caráquez y en el estuario del río Chone registran una fauna planctónica acompañante, dominando copépodos, larvas de cifonautas, larvas de crustáceos y resaltando la presencia de huevos de invertebrados, huevos de peces como resultado de la disponibilidad de fitoplancton y de nutrientes existentes en el área, lo que habría favorecido a estas comunidades, debido a que cumplen un rol importante para el equilibrio del ecosistema marino.

CONCLUSIONES

- De manera general se determinó que la mayor productividad primaria se observó en Puerto Bolívar a los 10-20 m, debido

a la abundancia y diversidad de diatomeas nutridas en cromatóforos.

- Se registraron especies que caracterizan la presencia de aguas neríticas siendo *Chaetoceros affinis*, *Ch. peruvianus*, *Thalassiosira subtilis*, mientras que *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros eibonii* y *Proboscia alata* son indicadoras de aguas cálidas, por lo tanto se observó una mezcla de especies de aguas neríticas, cálidas y frías propias de la época en transición.
- La mayor productividad zooplanctónica se presentó al 2.5° sur (E-4) frente a Puerto Bolívar, esta biomasa zooplanctónica fue disminuyendo paulatinamente a partir del 0° hacia el norte de la costa ecuatoriana.
- En las estaciones 3 y 4 presentaron una mayor similitud en cuanto a la comunidad cualitativa de las especies de quetognatos, de acuerdo al índice de Sorensen.
- En las estaciones 3 y 4 se observaron las especies *S. peruviana*, *S. popovicci* y *Khronitta subtilis* que son especies típicas de la corriente fría de Humboldt y su mayor abundancia fue observada a nivel subsuperficial.
- Hacia el norte del 0° de la línea ecuatorial se observaron las especies *S. bruuni*, *S. minima* que son típicas de aguas cálidas provenientes del norte y asociado a aguas oceánicas debido a la presencia de *Sagitta pacifica*, *S. bipunctata* y *Pterosagitta draco*.

REFERENCIAS

- Alvariño, A., 1963.** Quetognatos Epiplanctónicos del mar de Cortes. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo XXIV. diciembre de 1963: 97-149.
- Alvariño, A., 1965.** Distributional Atlas of Chaetognatha in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, Atlas No 3: 1-291. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations.
- Balech, E. 1988.** Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.
- Bieri, R., 1959.** The Distribution of the Planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses. Limnology and Oceanography. vol. 4 (1):1-28.
- Boltovskoy, D., 1981.** Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata Argentina: 759-789.
- Bonilla, D., 1983.** El Zooplancton de las islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, vol.2: (1)119-146.
- Cajas, I., 1967.** Estudio de los Quetognatos del plancton del Golfo de Guayaquil. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad Ciencias Químicas y Naturales: 1-66.
- Cupp, E., 1943.** Marine plankton diatoms of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. EdsH. Sverdrup, R. Fleming, L. Miller, 5(1) 1-238.

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.

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

Gualancañay E., M. Tapia, M. Cruz, C. Naranjo & F. Villamar. 2010-2011. Caracterización Biológica de la Bahía de Jaramijó en la Costa Ecuatoriana, 2008. Acta Oceanográfica del Pacífico, vol.16 (1): 70-86.

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

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

Naranjo, C., 2000. Contribución al estudio de los quetognatos alrededor de las Islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, vol.10 (1): 169-179.

Naranjo C., & M. Tapia 2013. Variabilidad estacional del Plancton en la Bahía de Manta, Ecuador durante el 2011. Acta Oceanográfica del Pacífico, vol. 18(1):65-74.

Naranjo C., & M. Tapia. 2014. Productividad planctónica en la Bahía de Pedernales, Ecuador durante el 2013. Acta Oceanográfica del Pacífico, vol. 19 (1): 89-104.

Okuda T., Valencia M., & R. Suéscum de Trejos. 1983. Nutrientes de las aguas superficiales y subsuperficiales en el área frente al Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador, 2(1):31-51.

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

Prado, M. & 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., & 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.

Rojas- Mendiola, B., 1981. Los dinoflagelados como Indicadores Biológicos de masas de agua del Fenómeno El Niño 1972. En Memorias del Seminario sobre indicadores Biológicos del Plancton, UNESCO: 54-73.

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

Semina H., 1978. The size of cells. In manual of phytoplankton, UNESCO. Sournia.

Subba, D., 1976. Marine Plankton Diatoms as indicators of Ocean Circulation in the Bay Bengal, Botanica Marine. XIX: 183-187.

Sund, P., 1961. Two new species of Chaetognatha from waters of Perú. Revista Pacific Science, Vol. XV, January 1961: 105-116.

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 Pacífico. INOCAR, vol. 14(1): 37-48.

Tapia M., & Naranjo C. 2015. Caracterización del Plancton en Bahía de Caráquez y en el estuario del río Chone, durante marzo de 2012. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, volumen 20 (1): 31-41.

Taylor, F., 1976. International Indian Ocean expedition. Areporton material collected bythe R.V. “AntonBrunn”. Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada: 227.

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

Torres, G., &Tapia, M. 2002. Distribución del fitoplancton en la región costera del mar ecuatoriano, durante diciembre 2000. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, volumen 11 (1):137-150.

FITOPLANCTON EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL EXTERNO, DURANTE ENERO DE 2014.

FITOPLANCTON IN THE OUTER GULF OF GUAYAQUIL, DURING JANUARY 2014.

María Elena Tapia¹, Christian Naranjo¹

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

Email: maria.tapia@inocar.mil.ec christian.naranjo@inocar.mil.ec.

Resumen

El presente trabajo, comprende la composición y distribución del fitoplancton en el Golfo de Guayaquil externo. Se establecieron 14 estaciones distribuidas en estaciones cercanas, intermedias y alejadas a la costa, a bordo del Buque de Investigación Orión durante enero de 2014.

*La mayor diversidad de la comunidad fitoplanctónica en la capa superficial, se observó en las estaciones alejadas de la costa con un total de 53 especies, destacándose las especies de diatomeas dominantes como **Thalassiosira subtilis**, **Chaetoceros affinis**, **Chaetoceros curvisetus**, **Guinardia striata** y **Rhizosolenia imbricata**, en el grupo de los dinoflagelados se determinaron **Ceratium fusus**, **Lyngulodinium polyedrum** y **Goniodoma polyedricum**, especies propias de la zona marino-costera.*

Las especies de fitoplancton estuvieron relacionadas a temperatura entre 26.2-26.6° C. A nivel superficial las características biológicas en el Golfo externo de Guayaquil, presentó una elevada productividad primaria con valores de clorofila entre 0.66-0.74 mg/m³ en las estaciones alejadas de la costa, en la columna de agua.

Palabras Claves: Buque de Investigación, Composición, Diatomeas, Diversidad de especies, Fitoplancton, Golfo de Guayaquil, Productividad primaria.

Abstract

This work includes the composition and distribution of phytoplankton in the outer Gulf of Guayaquil. There were 14 established stations distributed in near, intermediate and out shore, this study was conducted in the Orion Research ship in January 2014.

*The greatest diversity of the phytoplankton community in the surface layer was observed in the out shore stations with a total of 53 species. The highlighting the dominant diatoms species were **Thalassiosira subtilis**, **Chaetoceros affinis**, **Guinardia striata**, **Rhizosolenia imbricata** and **Chaetoceros curvisetus** in the dinoflagellates **Ceratium fusus** group, **Lyngulodinium polyedrum** and **Goniodoma polyedricum**, typical of the marine and coastal zones.*

Phytoplankton species were related to the sea water temperature between 26.2-26.6° C. The biological characteristics at a superficial level in the outer Gulf of Guayaquil, registered a high primary productivity of chlorophyll between 0.66 to 0.74 mg/m³ in the water column of the out shore stations.

Keywords: *Phytoplankton, Composition, Diatoms, Primary production, Species diversity, Research Vessels, Gulf of Guayaquil.*

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande que se encuentra a lo largo de la costa sudamericana del Pacífico. La entrada del golfo se extiende 200 km de norte a sur a lo largo del meridiano 81°W, desde la Puntilla de Santa Elena (2° 12'S) en Ecuador, hacía el interior, el golfo penetra en el litoral ecuatoriano a una distancia de aproximadamente 120 Km (CAAM, 1996).

Stevenson (1981), considera al Golfo de Guayaquil como un área de gran productividad biológica, encontrándose en ella grandes bancos de pesca muy importantes para la economía del país. Es considerado como el estuario más grande e importante de la costa del Pacífico en Sudamérica, donde se ha encontrado la más alta productividad de la costa ecuatoriana; debido a su localización en los trópicos, en el golfo cambian sus parámetros bióticos y abióticos a causa de la progresión de la temporada seca y húmeda.

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

Forsbergh y Joseph (1964), investigaron el plancton de gran parte de la costa

occidental de América del Sur, que incluyó las aguas circundantes del Golfo de Guayaquil, encontraron especies de diatomeas céntricas y pennadas.

Tapia (2002), menciona en los estudios del fitoplancton localizados en la zona del estuario interior del Golfo de Guayaquil y sus aguas interiores corresponden a un área de alta diversidad planctónica, debido a la dominancia de especies como: *Pseudo-nitzschia longissima*, *Skeletonema tropicum*, *Polymyxis coronalis* y *Chaetoceros affinis*.

Finalmente, Gualancañay, Tapia y Naranjo 2003-2004, registraron en la Boya 48 cerca al ramal del Estero Salado valores significativos de 1.32 mg/m³ y el menor valor lo observaron en la Boya 17 con 0.36 mg/m³ identificándose 69 especies del fitoplancton.

El propósito del presente estudio es establecer el estado actual del fitoplancton y determinar la productividad, dominancia y diversidad del fitoplancton en el Golfo de Guayaquil externo.

ÁREA DE ESTUDIO

Los muestreos se efectuaron en tres áreas del Golfo externo de Guayaquil, con un total de 14 estaciones distribuidas en tres perfiles:

- Estaciones cercanas a la costa (4, 5, 12, 15, 16).
 - Estaciones intermedias a la costa (6, 7, 8, 9, 10, 11).
 - Estaciones alejadas a la costa (1, 2, 3).
- Los muestreos se efectuaron desde el día 21 al 26 de enero de 2014 (Figura 1).

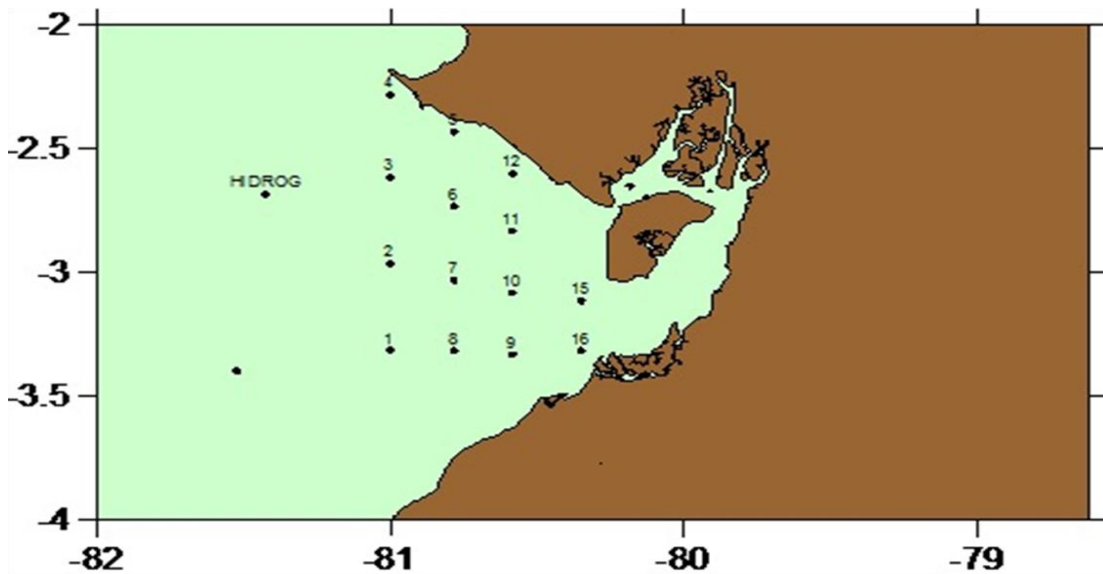


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el Golfo externo de Guayaquil durante enero de 2014
Figure 1. Location of the study area in the external Gulf of Guayaquil during January 2014

MATERIALES Y MÉTODOS

Protocolo de Campo:

Se describen los procedimientos de los parámetros bio-oceanográficos a emplearse.

Clorofila *a*: Se colectaron muestras de agua con la botella Van Dorn colectándose muestras de agua desde los 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en cada una de las estaciones, las cuales fueron filtradas empleando una bomba al vacío y filtros de fibra de vidrio Whatman (0.47 micrómetros), previamente envueltos con papel aluminio y en refrigeración.

Fitoplancton (Red 50 μ): Se efectuaron arrastres tipos superficiales (14) y tipos verticales (14) hasta los 50 m de profundidad, empleando redes cónicas simples de 30 cm de diámetro con una abertura de malla de 50 μ , durante 10 minutos a una velocidad de 2 nudos, las muestras fueron preservadas con formaldehído al 4% neutralizado con bórax.

Transparencia del mar (Disco Secchi):

Para el efecto se lanzó un disco metálico de 30 cm de diámetro hasta que la percepción visual no sea observada, esta medición está dada en metros de profundidad.

La turbidez es un factor importante en la concentración de la biomasa del fitoplancton y guarda una relación inversamente proporcional con el fitoplancton.

Protocolo de Laboratorio:

Clorofila *a*: Los filtros fueron refrigerados durante 24 horas, posteriormente se centrifugó cada muestra. Luego en un fluorómetro digital se realizaron las lecturas de las densidades ópticas de clorofila *a*. Para los cálculos se emplearon las ecuaciones de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

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

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

Fitoplancton (Red 50 µ): Para los análisis de las muestras de red, se obtuvieron 2 alícuotas homogenizadas, colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 20 x 20 mm, en un microscopio binocular, las lecturas de las muestras se realizaron recorriendo toda el área del cubreobjeto, los datos son expresados en cél/m³.

Para la identificación de especies fitoplanctónicas de los grupos de silicoflagelados, cianobacterias, tintinnidos, se emplearon los trabajos de Jiménez (1983), Pesantes (1983), Zambrano (1983), autores que han investigado las especies del Golfo de Guayaquil; y otros textos como Boltovskoy (1981), Cupp (1940), Moreno et al., 1996.

Índice de Diversidad: Basado en la riqueza en especies de una comunidad del fitoplancton. Se determinó basándose en la fórmula de Shannon- Weaver (1964), detallado en la siguiente fórmula:

$H: -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$. Cuando $p_i = 1$, p_i representa la probabilidad de ocurrencia de cada una de las especies, en bits/cél, además se obtuvo la uniformidad de las especies.

Se conoce que los valores inferiores a 2.0 son considerados zonas de baja biodiversidad como resultados de efectos antropogénicos y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Shannon y Weaver, 1964).

RESULTADOS

Clorofila *a*:

Estaciones cercanas a la costa (4-5-12-15-16): Se registró a nivel superficial y subsuperficial aguas ligeramente productivas con rangos entre 0.24-0.58 mg/m³ localizadas en las estaciones 15 y 16 respectivamente, mientras que las menores concentraciones se observaron en la estación 12 con 0.12 mg/m³ en el estrato superficial (Figura 2).

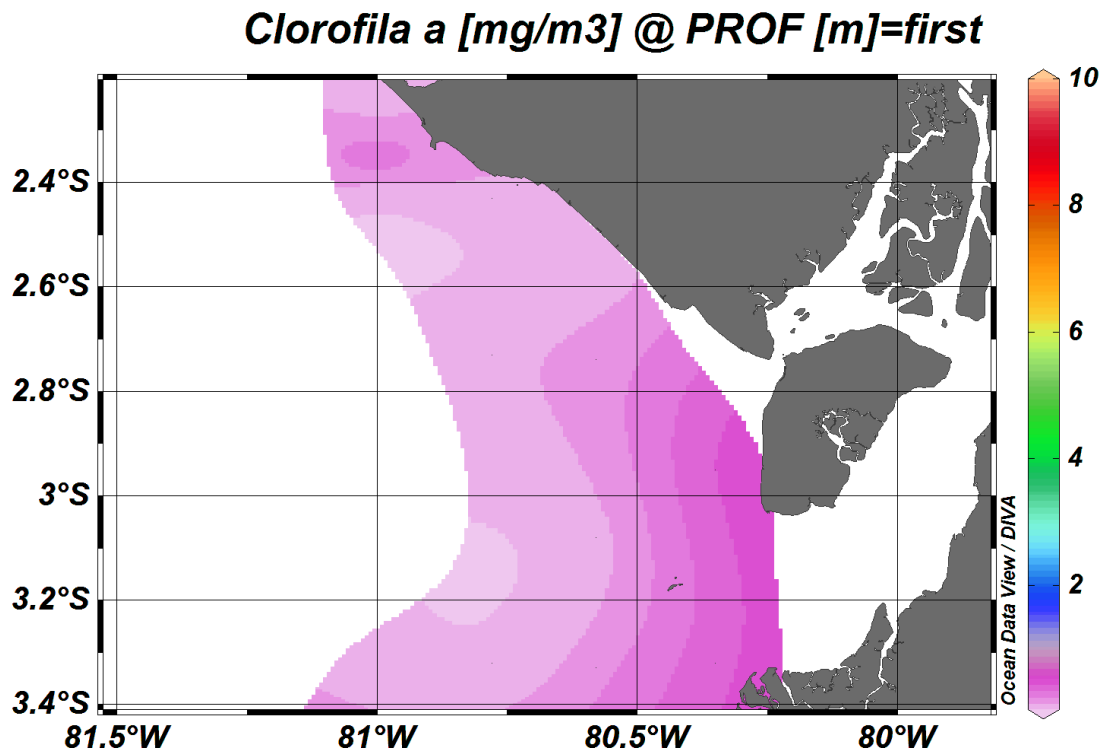


Figura 2. Distribución superficial de Clorofila *a* en el Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014
Figure 2. Surface distribution of Chlorophyll *a* in the external Gulf of Guayaquil, during January 2014

Estaciones intermedias a la costa (6-7-8-9-10-11): Se observó aguas productivas en la estación 7 con 0.52 mg/m³ a nivel superficial y en toda la columna de agua, mientras que la menor concentración de clorofila se registró en la estación 6 en el estrato superficial con 0.15mg/m³ (Figura 2).

Estaciones alejadas a la costa (1-2-3): Se registró aguas muy productivas en las estaciones 1 y 3 con rangos entre 0.62-0.64 mg/m³ a nivel superficial. A nivel subsuperficial se observó en la estación 3 las mayores concentraciones localizadas a los 30-40 metros de profundidad con rangos entre 0.66-0.74 mg/m³. Las menores concentraciones estuvieron en la estación 2 a los 30-40 m de profundidad con valores entre 0.12-0.16 mg/m³ respectivamente (Figura 2).

Abundancia relativa de las especies del fitoplancton en arrastres superficiales (Red 50 µm).

Estaciones cercanas a la costa: Se registró un total de 44 especies agrupadas en diatomeas céntricas (20), diatomeas pennadas (11), y dinoflagelados (13), caracterizando en esta área las siguientes especies en orden de abundancia relativa: *Guinardia striata* 32.51%, *Chaetoceros affinis* 31.93%, *Thalassiosira subtilis* 11.05%, *Leptocylindrus danicus* 2.72%, *Chaetoceros curvisetus* 2.70% y otras especies con 16.65%. Los valores de temperaturas registradas de 26.5-26.8° C y salinidad entre 33.5-33.6 ups (Figura 3).

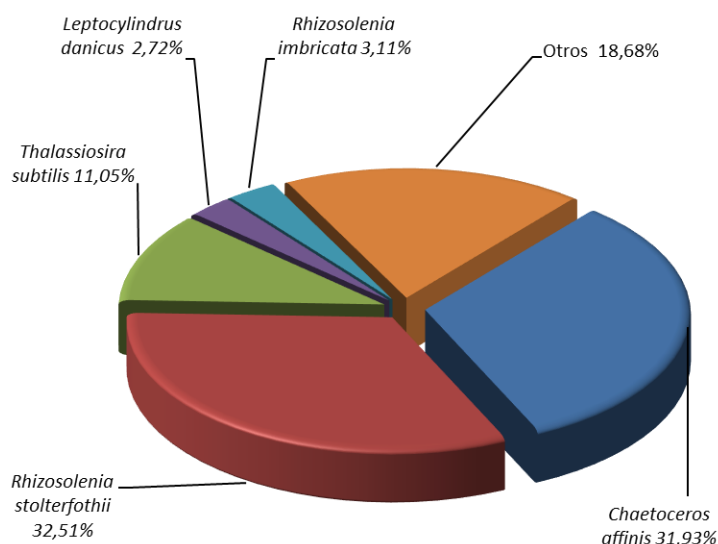


Figura 3. Abundancia relativa del fitoplancton en la capa superficial de las estaciones cercanas a la costa-Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

Figure 3. Relative abundance of phytoplankton in the superficial layer of the stations near the coast-outer Gulf of Guayaquil, during January 2014

Estaciones intermedias a la costa: Se determinó un total de 41 especies agrupadas en diatomeas céntricas (20), diatomeas pennadas (11), dinoflagelados (10). Caracterizando en esta área las siguientes especies en orden de abundancia relativa: *Thalassiosira subtilis* 61.27%, *Rhizosolenia imbricata* 19.83%, *Lauderia annulata* 3.60%, *Chaetoceros affinis* 2.74%, *Navicula sp.*

2.25% y otras especies con 10.31%. Cabe mencionar que estas especies dominantes son de ambiente marino y que caracterizan una productividad fitoplanctónica. Los valores de temperaturas registradas variaron entre 26.0-26.7° C y salinidad entre 33.5-33.6 ups (Figura 4).

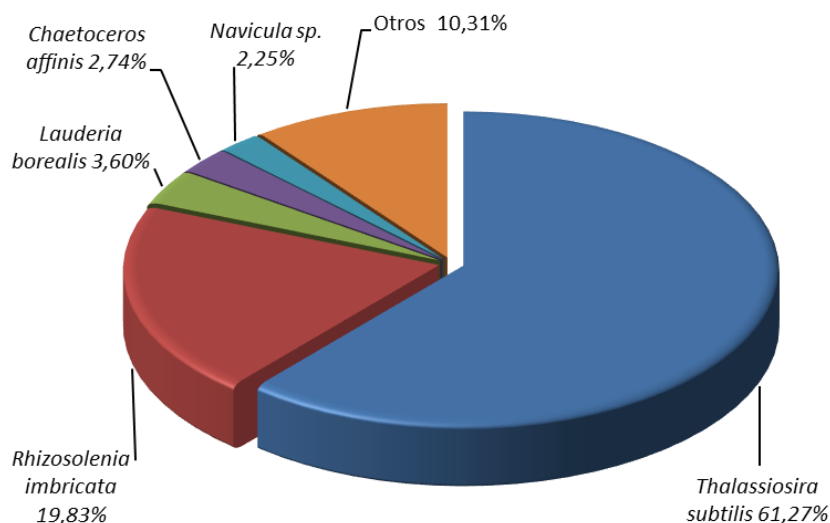


Figura 4. Abundancia relativa del fitoplancton en la capa superficial de las estaciones intermedias a la costa-Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

Figure 4. Relative abundance of phytoplankton in the superficial layer of the intermediate stations to the coast-outer Gulf of Guayaquil, during January 2014

Estaciones alejadas a la costa: Se determinó un total de 49 especies agrupadas en diatomeas céntricas (25), diatomeas pennadas (10), dinoflagelados (13) y silicoflagelado (1). Caracterizando en esta área las siguientes especies en orden de abundancia relativa: *Thalassiosira subtilis* 56.20%, *Chaetoceros affinis*

23.55%, *Guinardia striata* 9.38%, *R. imbricata* 2.04%, *Chaetoceros curvisetus* 1.35% y otras especies con 7.48%. Cabe mencionar que estas especies son de ambiente marino y estuarino. Los valores de temperaturas registradas entre 26.2-26.6° C y salinidad entre 33.5-33.6 ups (Figura 5).

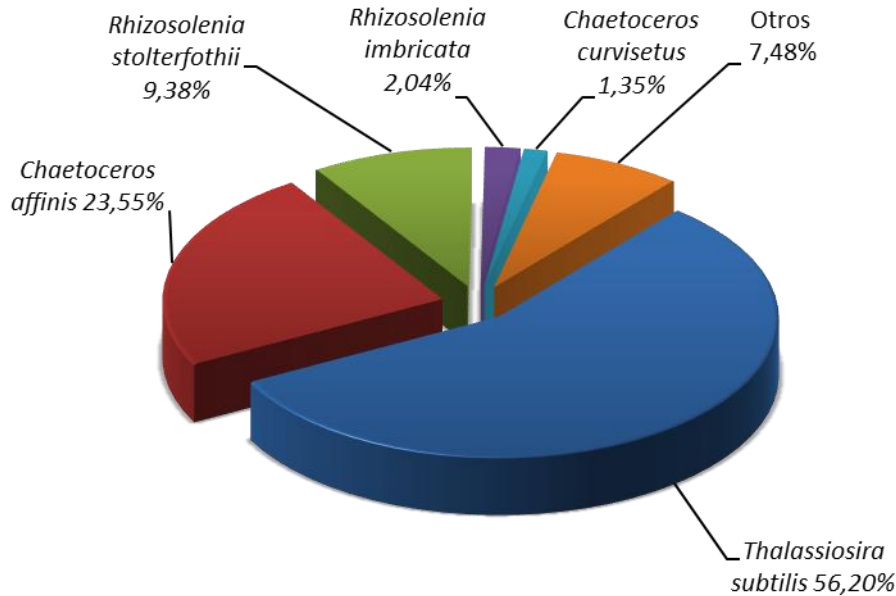


Figura 5. Abundancia relativa del fitoplancton en la capa superficial de las estaciones alejadas a la costa-Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

Figure 5. Relative abundance of phytoplankton in the superficial layer of the remote stations to the coast - Guayaquil's outer Gulf, during January 2014

Abundancia relativa de las especies del fitoplancton en arrastres verticales (Red 50 μ).

Estaciones cercanas a la costa: Se determinó un total de 44 especies agrupadas en diatomeas céntricas (22), diatomeas pennadas (8), dinoflagelados (13) y silicoflagelado (1).

Caracterizando en esta área las siguientes especies en orden de abundancia relativa: *Thalassiosira subtilis* 19.02%, *Guinardia striata* 18.38%, *R. acuminata* 7.68%, *R. imbricata* 5.36%, *Chaetoceros curvisetus* 4.66% y otras especies con 44.90% (Figura 6).

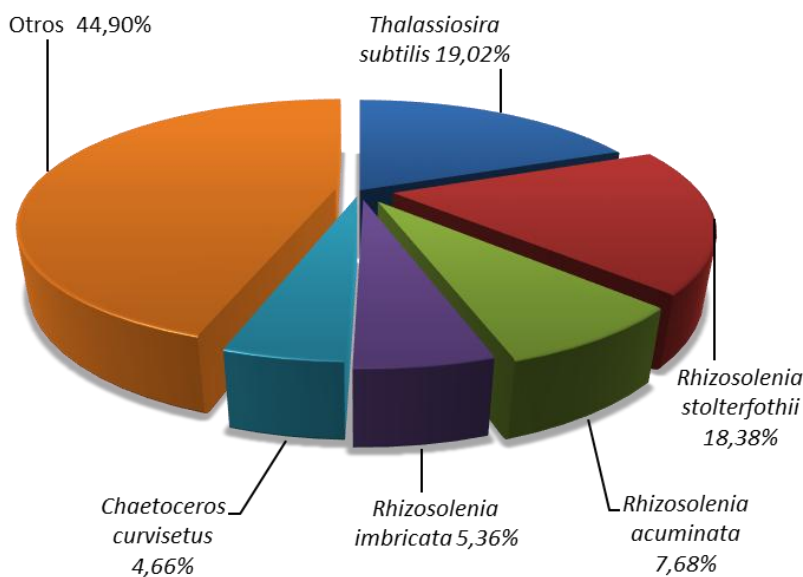


Figura 6. Abundancia relativa del fitoplancton en la capa vertical de las estaciones cercanas a la costa-Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

Figure 6. Relative abundance of phytoplankton in the vertical layer of the stations near the coast-outer Gulf of Guayaquil, during January 2014

Estaciones intermedias a la costa: Se determinó un total de 41 especies agrupadas en diatomeas céntricas (20), diatomeas pennadas (11), dinoflagelados (10). Caracterizando en esta área las siguientes especies en orden de abundancia relativa: *Thalassiosira*

subtilis 61.27%, *Rhizosolenia imbricata* 19.83%, *Lauderia annulata* 3.60%, *Chaetoceros affinis* 2.74%, *Coscinodiscus excentricus* 1.49% y otras especies con 11.07%, estas especies caracterizan un ambiente marino (Figura 7).

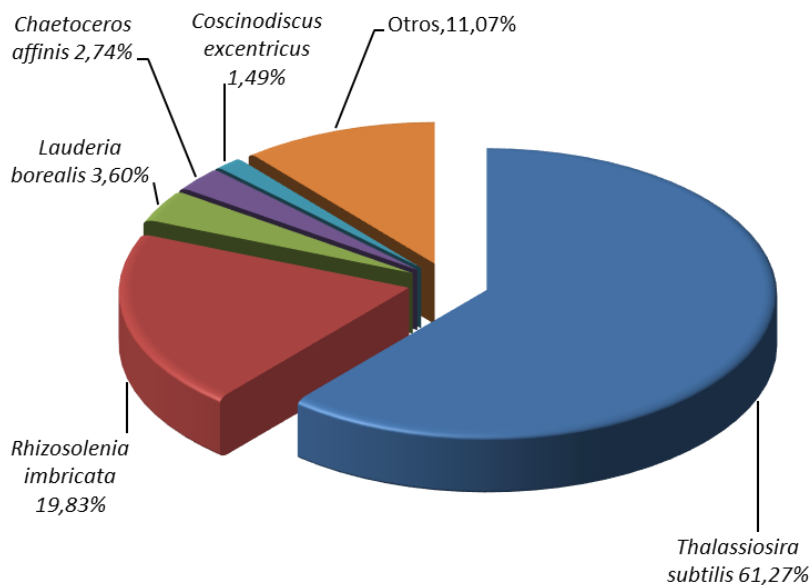


Figura 7. Abundancia relativa del fitoplancton en la capa vertical de las estaciones intermedias a la costa-Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

Figure 7. Relative abundance of phytoplankton in the vertical layer of the intermediate stations to the coast-outer Gulf of Guayaquil, during January 2014

Estaciones alejadas a la costa: Se determinó un total de 49 especies agrupadas en diatomeas céntricas (28), diatomeas pennadas (7), dinoflagelados (13) y silicoflagelado (1), caracterizando en esta área las siguientes especies en

orden de abundancia relativa: *Thalassiosira subtilis* 65.73%, *Chaetoceros affinis* 18.28%, *Guinardia striata* 7.28%, *R. imbricata* 1.58%, *Chaetoceros curvisetus* 1.05% y otras especies con 6.08% (Figura 8).

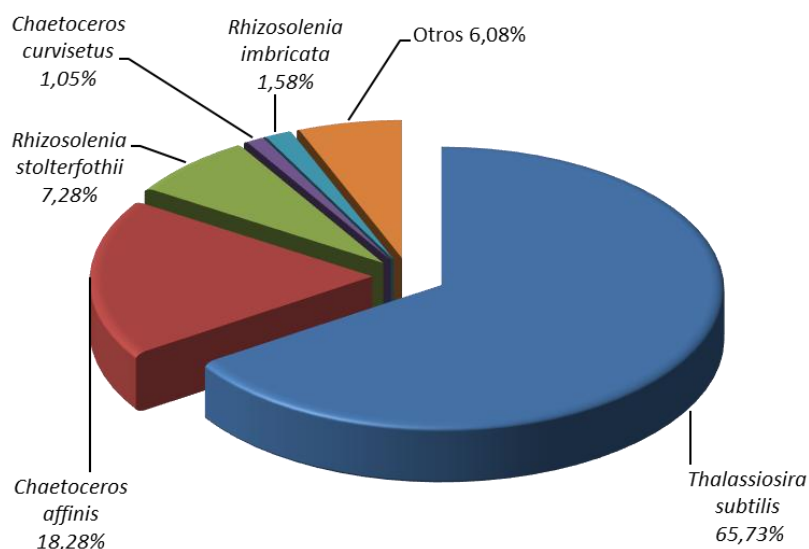


Figura 8. Abundancia relativa de las especies del fitoplancton en la capa vertical de las estaciones alejadas a la costa- Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

Figure 8. Relative abundance of phytoplankton species in the vertical layer of the remote stations to the coast-Guayaquil outer Gulf, during January 2014

Transparencia del mar: Golfo externo de Guayaquil.

Los valores obtenidos de transparencia en la columna de agua oscilaron entre 9 y 12 metros localizados en las estaciones 1 y 8 respectivamente, que se interpreta en el ecosistema del Golfo de Guayaquil como un área de alta productividad primaria asociado a valores de clorofila

a entre 0.66-0.74 mg/m³ en las estaciones alejadas a la costa.

Asociado a la dominancia de diatomeas como *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. curvisetus*, *Guinardia striata* y *R. imbricata* que destacaron por su distribución espacial en la columna de agua y que proporcionan una alta fertilidad marina.

Tabla 2. Abundancia de las especies en los arrastres verticales del Golfo externo de Guayaquil.

Estaciones cercanas a la costa.	Estaciones intermedias a la costa	Estaciones alejadas a la costa
<i>Thalassiosira subtilis</i>	<i>Thalassiosira subtilis</i>	<i>Thalassiosira subtilis</i>
<i>Guinardia striata</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Chaetoceros affinis</i>
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	<i>Lauderia annulata</i>	<i>Guinardia striata</i>
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Coscinodiscus excentricus</i>	<i>Rhizosolenia imbricata</i>

Tabla 3. Índice de Diversidad Shannon - Weaver en muestras de red en el Golfo externo de Guayaquil, durante enero de 2014

AREAS	Estaciones cercanas a la costa	Estaciones intermedias a la costa	Estaciones alejadas a la costa
Fecha	Enero 2014	Enero 2014	Enero 2014
Estrato	superficial (0m)	superficial (0m)	superficial (0m)
Riqueza	29	99	30
Índice de Shannon y Weaver(bits/cél)	1,06	3,40	4,02
Uniformidad	0,31	0,52	0,88

DISCUSIÓN

Existen pocos trabajos de fitoplancton realizados en el Golfo de Guayaquil externo sin embargo, se realizó una comparación de la composición, y porcentajes de estudios desarrollados anteriormente en ésta área de la costa ecuatoriana.

Jiménez y Pesantes (1978), mencionan que la distribución vertical del fitoplancton para las aguas costeras del Ecuador ha presentado igualmente mayores concentraciones entre los 10-20 m los valores de clorofila *a* oscilaron entre 0.50-1.01 mg/m³, a los 10 a 20 m, los rangos fluctuaron entre 0.40-1.02 mg/ m³, a los 30 y 50 m, los valores fueron entre 0.20-0.40 mg/m³, comparando con los resultados obtenidos para enero de 2014 se determinó una mayor concentración de clorofila en las estaciones alejadas con valores de clorofila *a* en la capa superficial localizada en la E-3 con 0.64 mg/m³ y en la columna de agua con 0.66-0.74 mg/m³ a los 30 y 40 metros de profundidad respectivamente.

Por otro lado, Jiménez (1975), mencionó que los máximos valores de clorofila, se encuentran entre los 10-20 m, con valores entre 0.50 y 1.40 mg/m³ para estos niveles las concentraciones menores son registradas entre los 0-10 m y bajo los 20 m de profundidad con un mínimo de 0.20 mg/m³ a los 50 m al sureste de la Puntilla de Santa Elena.

Según la CAAM (1996), reportaron valores de clorofila *a* para el estuario interior en época de lluvia, de 2.90 mg/m³, y en la época seca el promedio fue de 4.60 mg/m³, con un promedio anual de 3.80 mg/m³, mientras que en el estuario exterior el promedio de clorofila fue de 1.40 mg/m³, en época de lluvia y 2.40 en época seca, con un promedio anual de 3.70 mg/m³. Situación diferente de las concentraciones de clorofila *a* obtenidos durante este muestreo (temporada de lluvia) siendo valores menores a 1.0 mg/m³.

Entre tanto, (Luzuriaga et. al, 1998), reportan que el fitoplancton de red en las cercanías de Posorja, en 1994 registró en forma regular aunque escasa en todas las estaciones la especie *Coscinodiscus marginatus*, presentando valores menores a 50000 cél/m³, a excepción de octubre cuando su número aumentó hacia el interior y centro del Canal del Morro con 63000 a 233000 cél/m³. Otra de las especies estudiadas fue la cianobacteria *Oscillatoria limosa*, la que fue abundante en 1994, escasa y regular en febrero presentando valores menores de 50000 cél/m³. Cabe mencionar que en este estudio no se registró la presencia de esta especie.

Otro estudio, sobre fitoplancton fue realizado por Tapia (2002), quien reportó que en la zona del estuario interior del Golfo de Guayaquil y sus aguas interiores corresponden a un área de alta

diversidad planctónica, debido a la dominancia de especies como: *Pseudonitzschia longissima*, *Skeletonema tropicum*, *Polymyxis coronalis* y *Chaetoceros affinis*. Coincidentemente *Chaetoceros affinis* también fue la especie que obtuvo dominancia en este estudio, posiblemente debido a que es una especie que habita tanto en agua marina como estuarina.

Gualancañay, Tapia & Naranjo (2003-2004), registraron en la Boya 48 cerca al ramal del Estero Salado valores significativos de 1.32 mg/m³ y el menor valor lo observaron en la Boya 17 con 0.36 mg/m³ identificándose 69 especies.

Durante este estudio se registró en las estaciones alejadas a la costa la mayor diversidad de especies y la mayor abundancia relativa con un total de 53 especies, siendo la dominancia de las diatomeas como *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros affinis*, *Guinardia striata*, *R. imbricata* y *Chaetoceros curvisetus*, favoreciendo la mayor concentración de clorofila *a*.

CONCLUSIONES

- Se registraron las mayores concentraciones de clorofila *a* en las estaciones alejadas a la costa, asociado a la mayor riqueza de especies y la mayor abundancia relativa con un total de 53 especies. Se encontró la dominancia de las diatomeas como *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros affinis*, *Guinardia striata*, *R. imbricata* y *Ch. curvisetus*, favoreciendo la mayor concentración de clorofila *a*.
- Mientras en las estaciones intermedias a la costa se caracterizaron por la dominancia de especies, expatriadas que habitan en agua marina y estuarina, estas especies tienen un amplio rango de soportar la salinidad, representadas por

Navicula tuscula, *Climacosphenia moniligera*, *Chaetoceros affinis* y *Coscinodiscus concinnus*.

- Se determinó que las altas diversidades se registraron en las estaciones alejadas a la costa con máximos valores de 4.02 bits/cél respectivamente; mientras que la baja diversidad se encontró en las estaciones cercanas a la costa con 1.06 bits/cél.
- En este estudio se observó la dominancia de las diatomeas marinas y en menor abundancia diatomeas de agua dulce, esto indica que si mejoran las condiciones de calidad de agua del estuario, se incrementaría la diversidad del fitoplancton, con el consiguiente incremento del zooplancton y de organismos dependientes del oxígeno del agua, como también de organismos filtradores de plancton. Cabe mencionar que estuvieron ausentes las cianobacterias típicas de áreas eutrofizadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Sr. CP-NV-EM Humberto Gómez Director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador y al Sr. CP-FG-EM Edwin Pinto Director de Oceanografía Naval, por las facilidades brindadas para la realización de la presente investigación.

A Elcira Delgado, MSc, del Instituto del Mar del Perú por la lectura y las valiosas sugerencias realizadas al texto. A la Lcda. Alicia Alvarez por facilitarnos la bibliografía especializada.

REFERENCIAS:

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental

y método de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina: 3-859.

CAAM., 1996. Comisión asesora ambiental de la Presidencia de la República Desarrollo y Problemática ambiental del área del Golfo de Guayaquil-Ecuador: 345-348.

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

Gualancañay, E, Tapia, M., & Naranjo, C. 2003-2004. Composición y variación estacional del fitoplancton, zooplancton y microbentos en el estuario interior del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. vol. 12(1): 103-128.

Jiménez, R., 1975. Composición y variación del fitoplancton marino del Golfo de Guayaquil y áreas adyacentes. Tesis doctoral, Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Jiménez R., & Pesantes. F., 1978. 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.

Luzuriaga, M., Ortega, D. Elías, E., & Flores, M.E. 1998. Relaciones de abundancia entre fitoplancton e ictioplancton con énfasis en la familia Engraulidae, en el Golfo de Guayaquil durante 1998. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador: 387-418.

Moreno, J., S. Licea & Santoyo, H. 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. Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2):283-399.

Shannon, C. & Weaver, W. 1964. The Matematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana: 117.

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

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

Solórzano L. & Viteri, G. 1981. Investigación química de una sección del Estero Salado. Revista de Ciencias del Mar y Limnología del Instituto Nacional de Pesca. volumen 3 No.1: 41-49.

Stevenson, M., 1981. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un estuario tropical. Boletín científico y técnico (INP), 4(1):5-28.

Tapia, M., 2002. Estudio de las comunidades del fitoplancton en los ríos Daule, Guayas y Estero Salado. Acta Oceanográfica del Pacífico, vol.11. (1): 35-47.

Tapia, M., 2007. Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento "La Niña 1999-2000". Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales,

Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, vol.14 (1): 37-48.

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

**POLIQUETOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES DE MATERIA ORGÁNICA
EN LA ZONA INTERMAREAL DE LA ISLA SANTA CLARA
(GOLFO DE GUAYAQUIL EXTERIOR)***

**BENTHIC POLYCHAETES AS BIOINDICATORS OF ORGANIC MATTER IN THE
INTERTIDAL ZONE OF THE SANTA CLARA ISLAND
(GULF OF GUAYAQUIL EXTERIOR)***

Tania Calderón Clavijo¹

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil – Ecuador

*Resumen de la Tesis de Grado para la obtención del Título de Magister en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente.

E-mail: tania.calderon@inocar.mil.ec

Resumen

Este estudio, se realizó en septiembre y noviembre de 2007 en la isla Santa Clara, Golfo de Guayaquil, Ecuador. Se identificó la comunidad macrobentónica de los sustratos arenosos (97%) y limosos (3%) en la zona intermareal. Las muestras fueron obtenidas y recolectadas manualmente dentro de un cuadrante de 25 x 25 cm. (0.0625 m²).

*Los poliquetos bioindicadores de materia orgánica (MO), en la isla Santa Clara fueron **Boccardia tricuspa** y **Paraprionospio pinnata**. Se reporta para septiembre una abundancia relativa de 23570 ind/m², que corresponden a 10 grupos taxonómicos, siendo la más abundante Crustacea con 49% y Polychaeta con 43%. El valor más alto de diversidad (1.47 bits/ind) se ubicó en la estación 4 con menor concentración de MO (1.9%) y, el valor más bajo de diversidad (0.21 bits/ind) en la estación 7 con mayor concentración de MO (9.9%). El índice de equidad presenta una distribución alta en la estación 4 (0.70), y en la estación 7 menor equidad (0.19).*

De la misma forma para noviembre se registraron 24085 ind/m², que corresponden a 9 grupos taxonómicos, siendo la más abundante Polychaeta con 38% y Crustacea 27%. El valor más alto de diversidad (2.01 bits/ind) fue en la estación 1 con MO (3.8%) y, el valor más bajo en la estación 6 con diversidad (1.14 bits/ind) y menor concentración de MO (1.2%). El índice de equidad fue más homogénea en la estación 7 (0.87) y menor homogénea en la estación 4 (0.52).

En total se identificaron para toda el área de estudio 19 especies de poliquetos bentónicos, que pertenecen a 14 familias. Con los resultados obtenidos se puede considerar que la materia orgánica (MO) influye en la diversidad de especies de poliquetos.

Palabras claves: *Diversidad de especies, Especies indicadoras, Golfo de Guayaquil, Isla Santa Clara, Poliquetos, Shannon-Wiener.*

Abstract

This study, was developed during september and november 2007 at the Santa Clara island, Gulf of Guayaquil, Ecuador. The macrobentic community was identified in the sandy (97%) and slime (3%) substrates in the intertidal zone. The samples were obtained and collected manually within a quadrant of 25 x 25 cm (0.0625 m²).

*The polychaetes bioindicators of organic pollution, on Santa Clara island were **Boccardia tricuspa** and **Paraprionospio pinnata**. A relative abundance of 23570 ind /m², is reported on september, corresponding to 10 taxonomic groups, the most abundant was Crustacea with 49% and Polychaeta with 43%. The highest diversity index (1.47 bits/ind) was located at station 4 with*

the lowest concentration of MO (1.9%) and, the lowest diversity index (0.21 bits/ind) at station 7 with the highest concentration of MO (9.9%). The equity index showed a high distribution at station 4 (0.70), and the least equity at station 7 (0.19).

Moreover, it was registered 24085 ind/m², belonging to 9 taxonomic groups, the most abundant was Polychaeta with 38% and Crustacea with 27% in november. The highest diversity index (2.01 bits/ind) was located at station 1, with a lower concentration of MO (3.8%) and, the lowest diversity index (1.14 bits/ind) at station 6 with a low concentration of MO (1.2%). The equity index was more homogeneous in station 7 (0.87) and least homogeneous in station 4 (0.52).

Nineteen species of benthic polychaetes were identified in total, belonging to 14 families for the entire study area. With the current results it can be considered that organic matter (MO) influences in the diversity of species of polychaetes.

Keywords: *Species diversity, Indicator species, Gulf of Guayaquil, Santa Clara Island, Polychaetes, Shannon-Wiener.*

INTRODUCCIÓN

La isla Santa Clara está ubicada en el Golfo de Guayaquil, Ecuador, conforma un complejo sistema transicional marino-costero situado en un área de convergencias de corrientes marinas y masas de agua dulce provenientes del Golfo de Guayaquil, lo cual configura un medio excepcional para el afloramiento y proliferación de una biota muy variada y rica, cuya pirámide de alimentos está representada por crustáceos, peces y aves marinas con poblaciones en número muy altos (Hurtado, Valle, Yturralde y Suárez, 1998).

El hábitat circundante a la isla Santa Clara es una de las áreas marinas más productivas en las aguas costeras del Ecuador y particularmente singular desde el punto de vista ecológico debido a su alta diversidad y los complejos procesos ecológicos que se dan en la interface marina – litoral (Hurtado *et al.*, 1998).

Debido a su abundancia, patrones de vida y formas de alimentación, los poliquetos tienen un papel importante en la zona litoral, ya que reciclan gran parte de la materia orgánica, además, modifican el fondo marino, la concentración de gases disueltos, la mezcla del agua intersticial, la consistencia del sedimento y la dinámica de los contaminantes (Díaz, 2003).

La importancia del estudio de los poliquetos bentónicos en la isla Santa Clara es conocer la estructura de las comunidades bentónicas marinas de la zona litoral. A menudo son los componentes de la macrofauna los que se cuantifican para indicar el estado de salud ambiental, debido a que dichos organismos son relativamente sedentarios, tienen ciclos vitales largos y exhiben diferentes grados de tolerancia a los cambios climáticos (Tena, Capaccione, Torres y Porras, 1993).

Antecedentes de las primeras publicaciones sobre la taxonomía de los poliquetos bentónicos en Ecuador fueron realizados por

Monro (1933a, 1933b), quién estudió los poliquetos errantes de las islas Galápagos, durante la expedición del S.Y-St. George, en el Pacífico Tropical, contribuyendo en esta forma a la sistemática y distribución de los poliquetos bentónicos.

Por otro lado, Hartman (1939), reportó una lista sistemática de los poliquetos bentónicos capturados en la zona de Cabo de San Francisco, Manta, isla Salango, isla de la Plata, Salinas, La Libertad, e islas Galápagos, a través de la Expedición Oceanográfica “Allan Hancock” de Baja California entre los años 1933 y 1938 en el Océano Pacífico.

De la misma manera Wellington (1975), elaboró una lista taxonómica de los poliquetos bentónicos recolectados en las islas Galápagos.

En el estudio de Cruz, González, Gualancañay y Villamar (1980), presentan una lista taxonómica de la fauna sublitoral bentónica del Estero Salado, del Golfo de Guayaquil interior, entre los invertebrados se identificaron cinco especies y ocho géneros de poliquetos bentónicos.

De la misma forma Villamar (1986), realizó el estudio taxonómico, y distribución de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil, identificando un total de 11 especies de poliquetos.

Más tarde Villamar (1989), reporta una lista taxonómica de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil, exterior (Canal del Morro y Jambelí), identificando un total de 13 especies de poliquetos.

Finalmente Arroyo y Calderón (2000), identificaron los principales grupos bentónicos incluyendo los poliquetos bentónicos de la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Este estudio tiene como propósito determinar cuali y cuantitativamente los poliquetos y su distribución, ya que desempeñan un papel importante en el ecosistema marino, además

de establecer la relación de los mismos con granulometría y contenido de materia orgánica en los sustratos de la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Área de estudio

La isla Santa Clara, también conocida como isla del Muerto se encuentra en el Golfo de Guayaquil, Ecuador en dirección sur-oeste, entre las siguientes coordenadas: 3° 10' 05" S y 80°25' 25" W. 3° 10' 05" S y 80° 26' 35" W. 3° 10' 45" S y 80° 26' 35" W. 3° 10' 45" S y 80° 25' 25" W (Figura 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

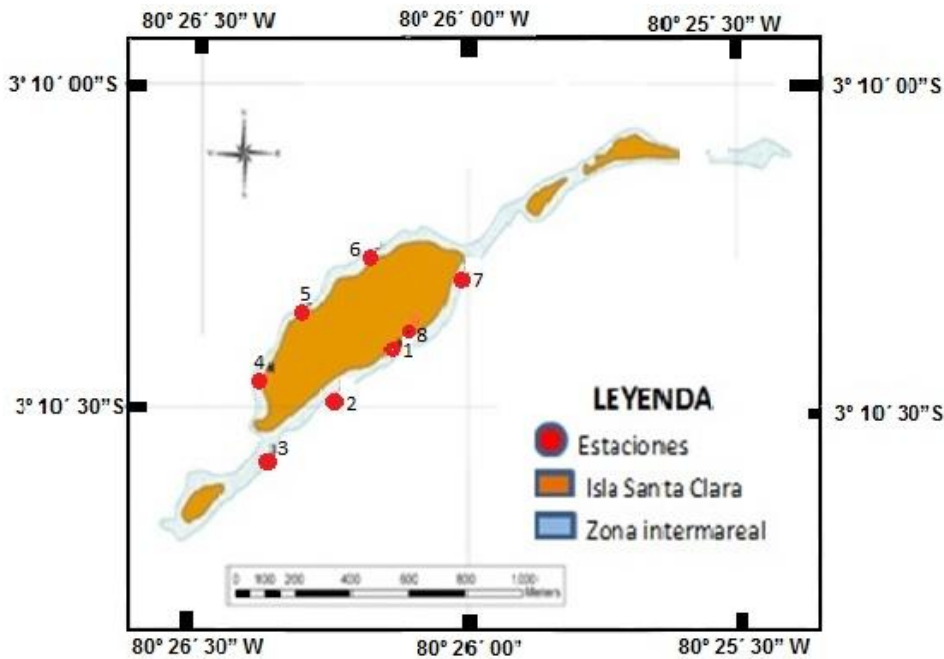


Figura 1. Área de estudio y estaciones en la zona intermareal de la isla Santa Clara durante septiembre y noviembre de 2007.

Figure 1. Study area and stations in the intertidal zone of Santa Clara island during september and november 2007.

Las estaciones se encuentran ubicadas en la zona intermareal del Peñón Mayor o islote Mayor (isla Santa Clara) en las coordenadas presentes en la Tabla 1.

La zona intermareal presenta una plataforma rocosa tipo arenisca y playas estrechas de arena alrededor de la isla, la zona de playa que aparece en bajamar conecta la isla Mayor con los islotes, tanto al norte como al sur (Santana y Dumont, 2000).

Tabla 1. Estaciones con sus respectivas coordenadas en la zona intermareal de la isla Santa Clara para el estudio de los poliquetos bentónicos durante los meses de septiembre y noviembre 2007.

Estación	Latitud	Longitud
1	3°10'24``S	80°26'08``W
2	3°10'29``S	80°26'15``W
3	3°10'35``S	80°26'23``W
4	3°10'27``S	80°26'23``W
5	3°10'21``S	80°26'19``W
6	3°10'16``S	80°26'11``W
7	3°10'18``S	80°26'01``W
8	3°10'23``S	80°26'07``W

Muestreo de Campo

Se realizaron dos muestreos de la macrofauna bentónica marina en septiembre y noviembre 2007. Se determinaron 8 estaciones en la zona intermareal del Peñón Mayor, mediante un posicionador Geográfico por Satélite Garmin 45 (GPS). Con el uso de un flexómetro se midió la zona intermareal en cada una de las estaciones establecidas, desde el límite de la pleamar hasta la bajamar. Para la obtención y recolección de las muestras en la zona intermareal se utilizó un cuadrante de 25 x 25 cm equivalente a 1/16 m² (0.0625 m²). Luego se tamizó la muestra de limo utilizando tamices con malla metálica de 2 mm, 1 mm y 0.5 mm de diámetro de poro. Los poliquetos bentónicos fueron narcotizados con cristales de mentol y posteriormente fueron fijados con formol al 5% neutralizado con Tetraborato de Sodio (Na₂B₄O₇).

Otras muestras de sustrato fueron obtenidas para realizar el análisis químico de materia orgánica y para determinar la granulometría; temperatura superficial del mar (TSM), potencial de hidrógeno (pH) y salinidad en el agua del mar. En el laboratorio las muestras

biológicas fueron separadas e identificadas taxonómicamente utilizando las claves de Gosner (1971), Fauchald (1977), Villamar (1983) y Hartman (1968, 1969). Se utilizó un estéreo-microscopio y un microscopio. Luego fueron preservados con alcohol al 70%.

En cada estación se determinó el porcentaje de los individuos y se aplicó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (1949) expresada en bits/individuo, aplicando el programa DIVERS y SIMIL en ambiente DOS (FRANJA, 1993); además, se determinó la densidad y uniformidad (equidad), se utilizó el índice de Pielou (Ramírez, 1999), mediante la distribución de la abundancia de las especies. Para el análisis de materia orgánica se utilizó la metodología propuesta por De Miró (1972) y para el análisis granulométrico se utilizó un Granulómetro Laser Máster Siser 2000.

RESULTADOS

El promedio de la TSM en la zona intermareal, en septiembre fue de 23.4° C y en noviembre 25.4° C.

El promedio de la salinidad del agua de mar en septiembre fue de 33.9 UPS (Unidades Prácticas de Salinidad) y, en noviembre 33.8 UPS. El potencial de hidrógeno (pH) del agua de mar entre 7 y 8. Por medio del análisis granulométrico se determinó que en el área de estudio predominó la textura arena media. En cuanto a los análisis químicos de los sustratos de la zona intermareal, el valor más alto de materia orgánica fue 9.9%, reportado para la estación 7 ubicada al norte de la isla

donde se observó el mayor aporte de desechos de excrementos de las aves guaneras que habitan en esta zona de estudio. En la estación 6 ubicada al norte de la isla presentó valores menores de 1.22% de materia orgánica con poca presencia de aves.

Se obtuvo durante el mes de septiembre un total de 23570 ind/m² macrobentónicos, perteneciente a 10 grupos taxonómicos. El más abundante fue Crustacea con el 49%, seguido por Polychaeta con el 43%, Gasterópoda con el 4%, Anthozoa con el 3% y, corresponde a otros con menos de 1% como Polyplacophora, Phascolosomatidae, Bivalvia, Turbellaria, Nemátoda y Ophiuroidea (Figura 2).

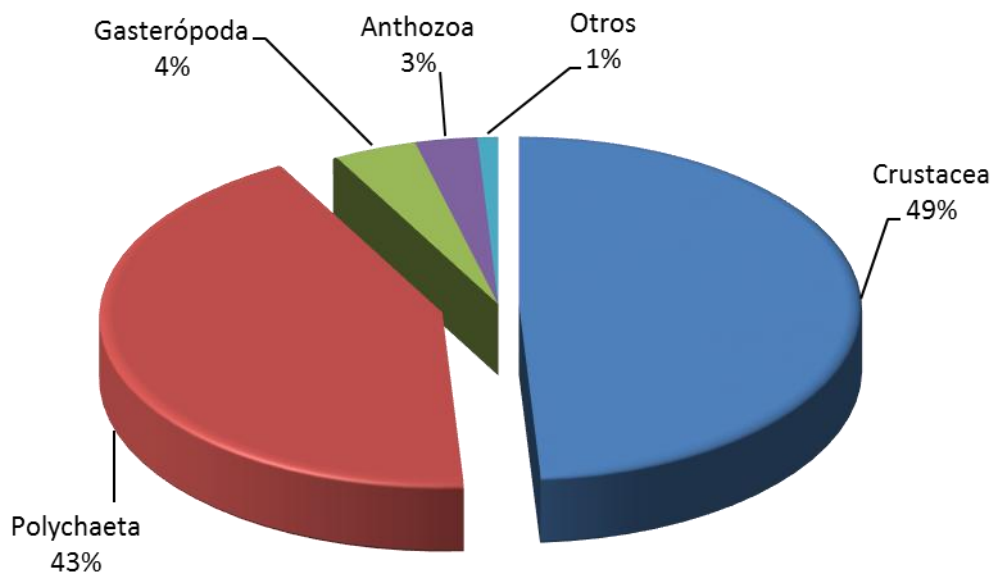


Figura 2. Abundancia relativa porcentual (%) de la macrofauna bentónica total de septiembre 2007.

Figure 2. Percentage relative abundance (%) of the total benthic macrofauna of september 2007.

Durante septiembre las estaciones con mayor abundancia de poliquetos fueron en la estación 1 con 9069 ind/m², estación 4 con 5798 ind/m², la estación 5 con 4901 ind/m² y, la estación 2 con 1471 ind/m². Mientras que

las de menor abundancia en la estación 7 presentaron 987 ind/m², la estación 8 con 961 ind/m² y, las estaciones con valores más bajos fueron la estación 6 con 244 ind/m² y la estación 3 con 139 ind/m² (Figura 3).

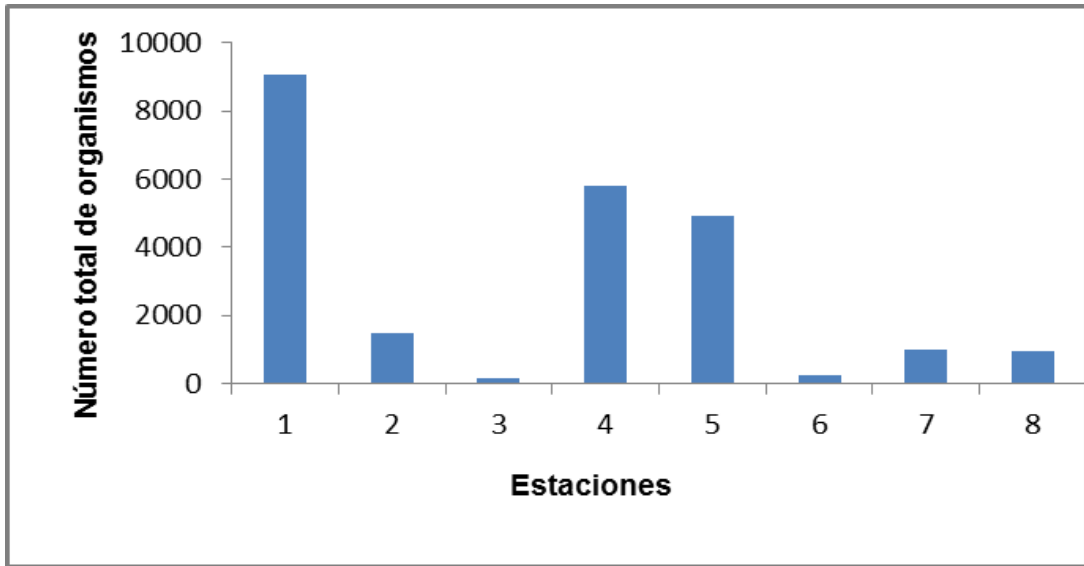


Figura 3. Número total relativo (ind/m²) de individuos bentónicos registrados durante septiembre del 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 3. Relative total number (ind/m²) of benthic individuals registered during september 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

Se identificaron 11 especies de poliquetos bentónicos en la zona intermareal, seis especies corresponden a **Sedentarios**: *Polydora websteri*, *Boccardia tricuspa*, *Megalomma quadrioculatum*, *Cirratulus cirratus*, *Notodasus magnus*, *Notomastus abyssalis*. Y cinco corresponden a **Errantes**: *Syllis elongata*, *Lysidice natalensis*, *Anaitides madeirensis*, *Neanthes diversicolor* y *Pareurythoe spirocirrata*.

La especie *Boccardia tricuspa* es de vida sedentaria, fue la de mayor distribución porcentual con 71%, seguido de *Neanthes diversicolor* con el 15%, *Lysidice natalensis* con el 7% y las especies que se reportaron con menor distribución porcentual fueron *Polydora websteri* y *Syllis elongata* con el 3%, y con valores de 1% *Cirratulus cirratus* (Figura 4).

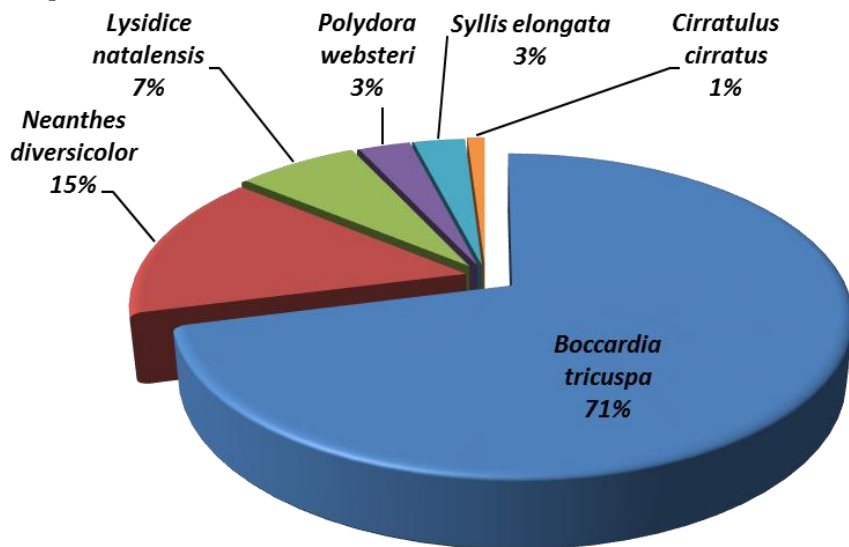


Figura 4. Abundancia relativa porcentual (%) de las especies de poliquetos bentónicos, registrados durante septiembre del 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 4. Percentage relative abundance (%) of the benthic polychaete species, registered during september 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

En el mes de noviembre se determinó un total de 24085 ind/m², perteneciente a 9 grupos taxonómicos. La más abundante fue Polychaeta con 38%, seguido por Crustacea

con 27%, Gasterópoda con 19%, Anthozoa con 11%, Nemátoda con 4% y como otros con menos del 1% Turbellaria, Bivalvia, Polyplacophora y Echinoidea (Figura 5).

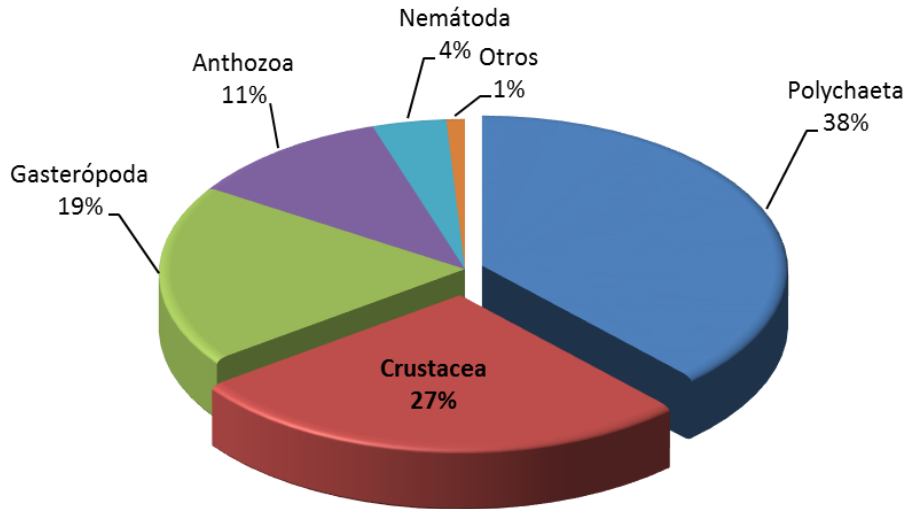


Figura 5. Abundancia relativa porcentual (%) de la macrofauna bentónica, durante noviembre del 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 5. Percentage relative abundance (%) of the benthic macrofauna, during november 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

El área con mayor cantidad de individuos correspondió a la estación 4 con 9166 ind/m², seguida de la estación 8 con 3490 ind/m², la estación 1 con 2993 ind/m² y la estación 2 con 2442 ind/m². Mientras que en la estación 3

presentó un total de 1907 ind/m², la estación 6 presentó un total de 1756 ind/m², la estación 5 presentó un total de 1285 ind/m² y la estación 7 presentó la menor cantidad 1046 ind/m² (Figura 6).

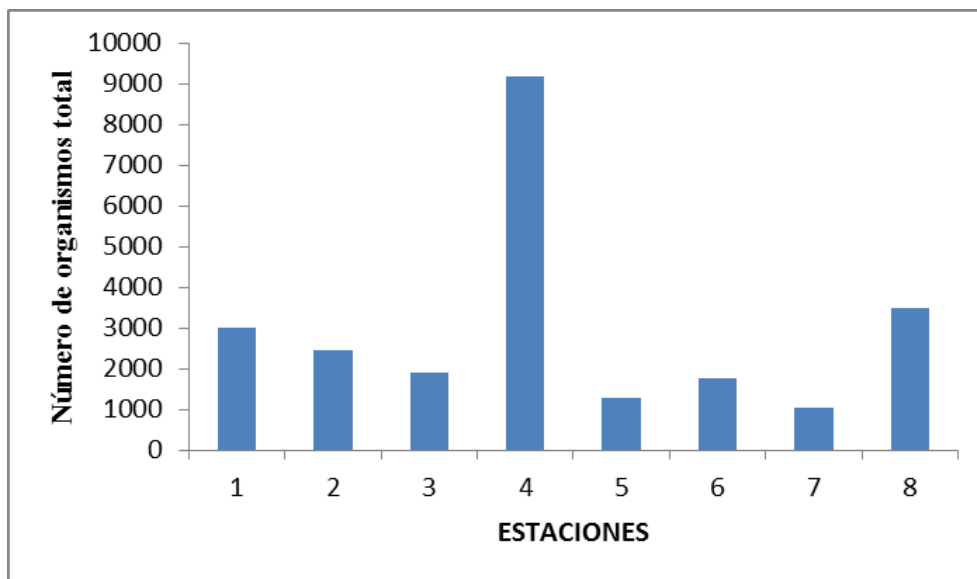


Figura 6. Número total relativo (ind/m²) de individuos bentónicos registrados durante noviembre de 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 6. Relative total number (ind/m²) of benthic individuals registered during november 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

Para este mismo mes de noviembre se identificaron 19 especies de poliquetos bentónicos, nueve pertenecen a **Sedentarios**: *Polydora websteri*, *Maldane cristata*, *Boccardia tricuspa*, *Cirratulus cirratus*, *Paraprionospio pinnata*, *Notodasus magnus*, *Megalomma quadrioculatum*, *Notomastus abyssalis*, *Lanice conchilega*, y 10 **Errantes**: *Syllis elongata*, *Eunice antennata*, *Lysidice natalensis*, *Arabella iricolor*, *Anaitides madeirensis*, *Pareurythoe spirocirrata*, *Neanthes diversicolor*, *Lumbrineris bassi*, *Ceratonereis mirabilis* y *Nephtys singularis*.

Las especies que reportan mayor distribución porcentual fueron *Boccardia tricuspa* (32%), *Paraprionospio pinnata* (17%), *Polydora websteri* (12%), *Syllis elongata* (10%), *Maldane cristata* (8%) y *Neanthes diversicolor* con el 7%; y las especies que se reportaron con menor distribución porcentual fueron *Lumbrineris bassi* y *Lysidice natalensis* con el 4%. *Lanice conchilega* (3%). Además, especies que reportaron valores de 1% como *Notodasus magnus*, *Notomastus abyssalis* y *Cirratulus cirratus* (Figura 7).

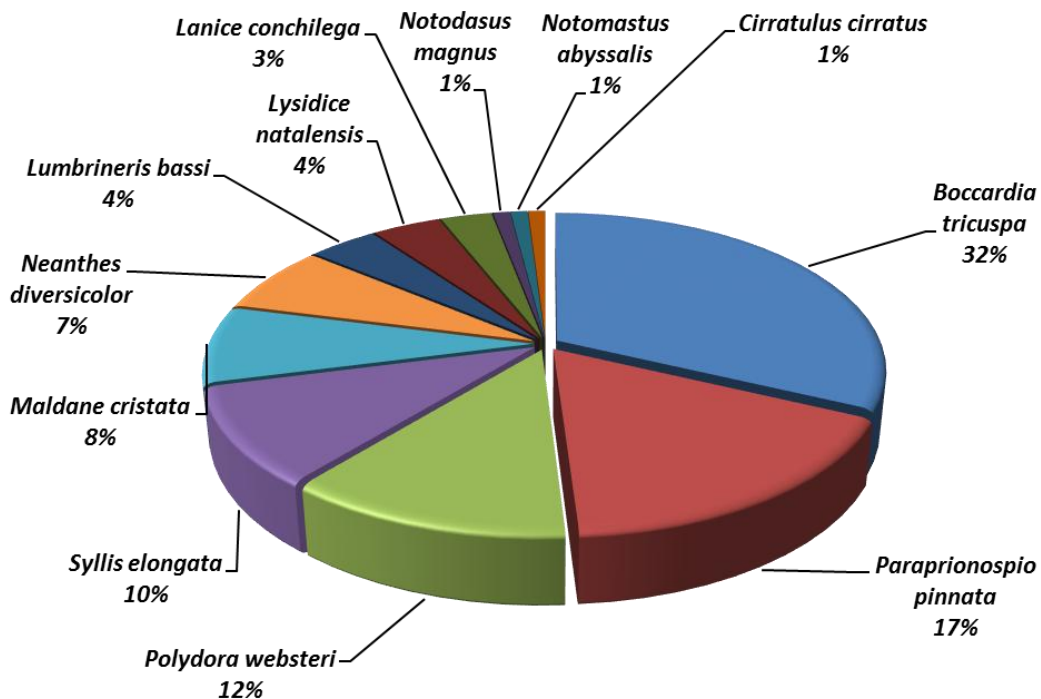


Figura 7. Abundancia relativa porcentual (%) de especies de poliquetos bentónicos registrada durante noviembre del 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 7. Percentage relative abundance (%) of benthic polychaete species recorded during november 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

Índice de Shannon-Wiener (H)

El análisis de diversidad de Shannon-Wiener durante el mes de septiembre registró el mayor valor de diversidad biológica en la estación 4 con 1.471 bits/ind, cuyo sustrato se caracterizó por ser tipo rocoso. El área con

menor diversidad fueron la estación 5 con 0.515 bits/ind, la estación 8 con 0.403 bits/ind y la estación 7 con 0.212 bits/ind (Figura 8).

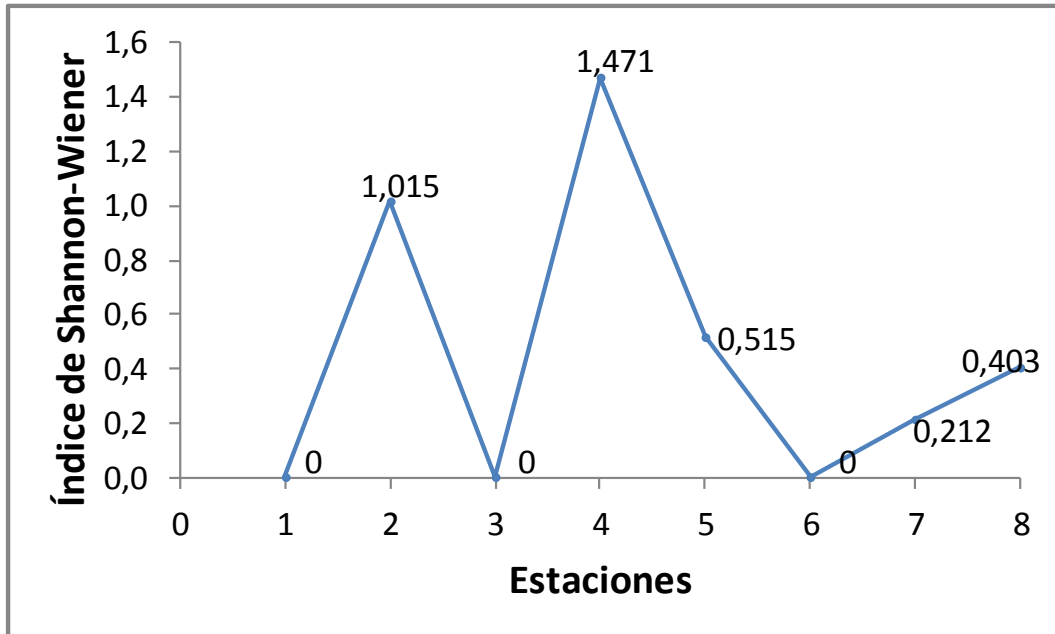


Figura 8. Índice de diversidad de Shannon-Wiener, en las especies de poliquetos bentónicos registrado durante septiembre de 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 8. Shannon-Wiener diversity index, in benthic polychaete species recorded during september 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener durante el mes de noviembre con la mayor diversidad de poliquetos bentónicos de 2.010 bits/ind en la estación 1, cuyo sustrato se caracterizó por ser rocoso y coincidió con la

época de marea de sicigia, seguido de las estaciones 2 y 8 con 1.892 bits/ind. El área con menor diversidad fue la estación 6 con 1.144 bits/ind (Figura 9).

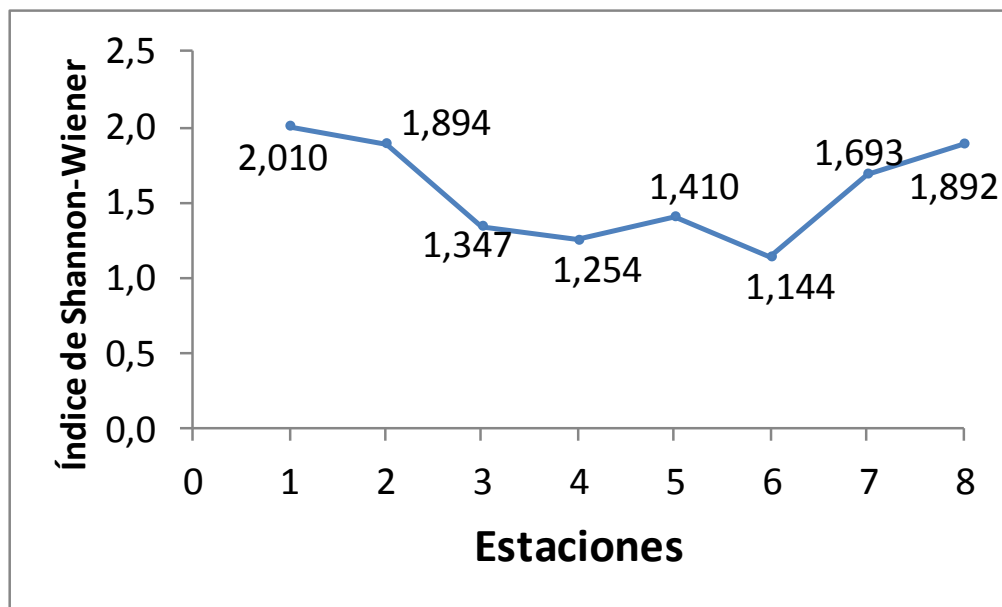


Figura 9. Índice de diversidad de Shannon-Wiener, en las especies de poliquetos bentónicos durante noviembre de 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 9. Shannon-Wiener diversity index, in benthic polychaete species during november 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

Índice de uniformidad (E)

En el mes de septiembre la distribución no fue homogénea. La estación que presentó la

distribución de mayor uniformidad fue la estación 4 (0.708), y con menor uniformidad en la estación 7 (0.194) (Figura 10).

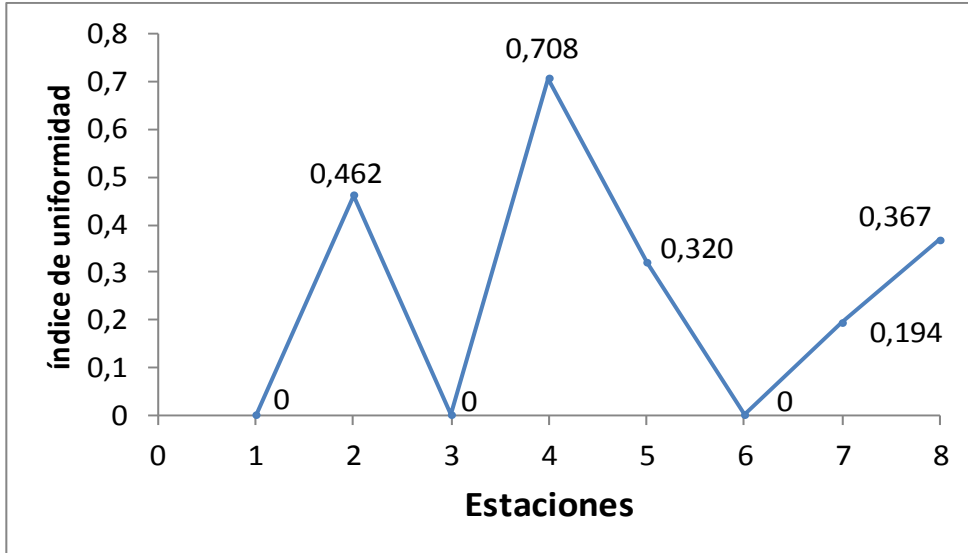


Figura 10. Índice de Uniformidad (E), en las especies de poliquetos bentónicos registrados durante septiembre de 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 10. Uniformity Index (E), in benthic polychaete species recorded during september 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

Durante el mes de noviembre la distribución fue muy homogénea. Las estaciones que presentaron distribución con mayor uniformidad fueron las estaciones 7, 2 y 1 con

valores de 0.870, 0.823 y 0.809 respectivamente. La estación 4 con menor uniformidad de 0.523 (Figura 11).

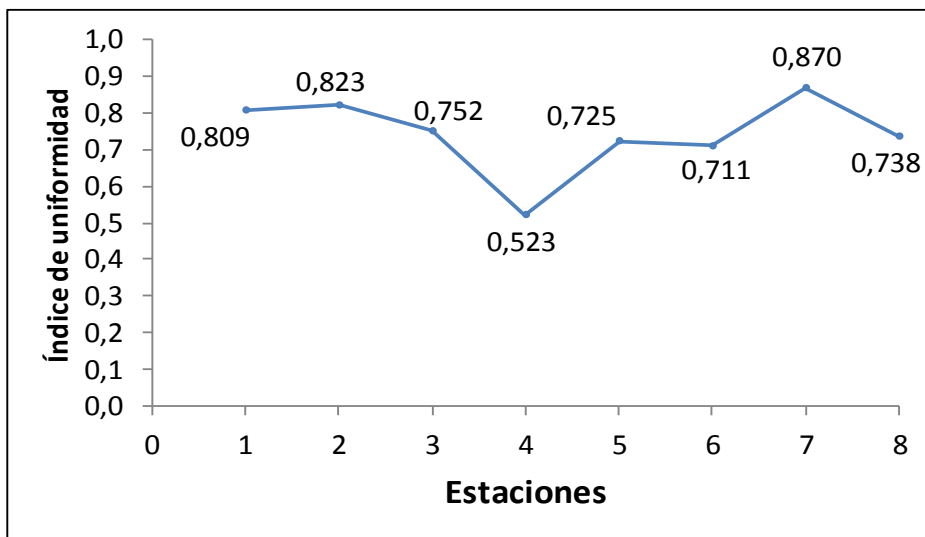


Figura 11. Índice de uniformidad (E), en las especies de poliquetos bentónicos registrados durante noviembre de 2007, en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Figure 11. Uniformity index (E), in benthic polychaete species recorded during november 2007, in the intertidal zone of Santa Clara island.

Relación de las especies de poliquetos, entre la materia orgánica (MO) y la textura del sustrato en el mes de septiembre

La especie *Boccardia tricuspa* (Spionidae) estuvo presente y más abundante en todas las estaciones muestreadas. En la zona sur de la isla, estación 4 se reportaron 3 especies con mayor porcentaje de individuos como *Boccardia tricuspa*, *Neanthes diversicolor* y

Lysidice natalensis, con sustrato tipo limo (2.72%), y concentración de MO (1.89%).

En la zona norte de la isla, estación 7 se obtuvo la mayor abundancia de la especie *Boccardia tricuspa*, con concentración de MO (9.9%), con predominio de arena (100%); las estaciones que no se encontraron especies de poliquetos fueron 1, 3 y 6 (Figuras 12 y 13).

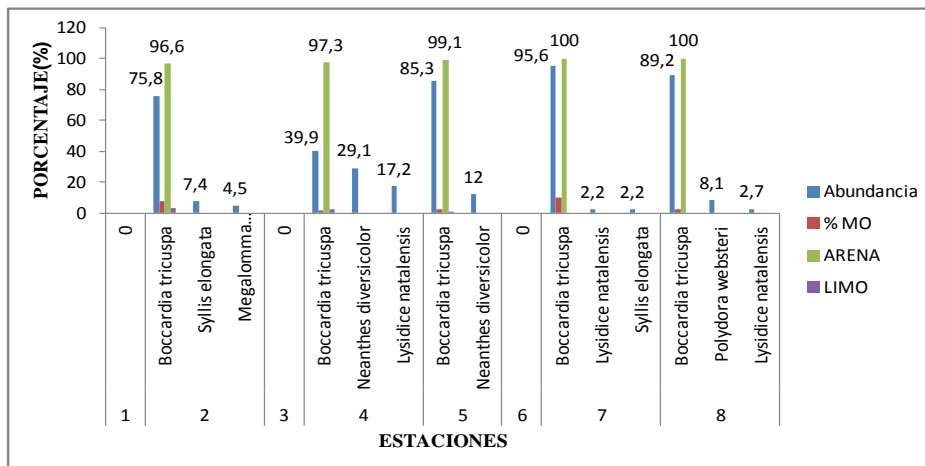


Figura 12. Relación de la abundancia porcentual de poliquetos, materia orgánica y textura del sustrato de la zona intermareal de la isla Santa Clara, septiembre 2007.

Figure 12. Relation of the percentage abundance of polychaetes, organic matter and texture of the substrate of the intertidal zone of Santa Clara island, september 2007.

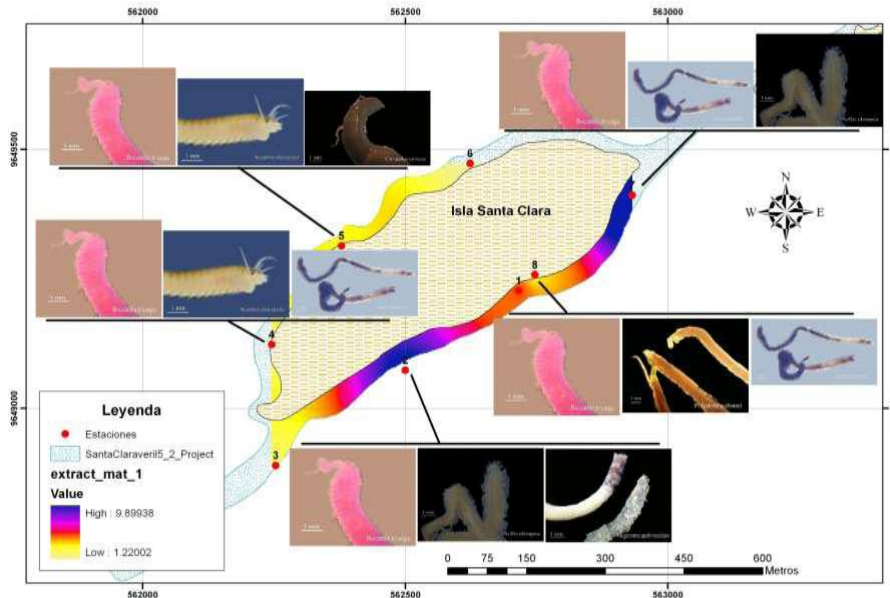


Figura 13. Distribución de las especies de poliquetos con relación a la materia orgánica en la zona intermareal de la isla Santa Clara, durante septiembre de 2007.

Figure 13. Distribution of polychaete species in relation to organic matter in the intertidal zone of Santa Clara island, during september 2007.

El valor más alto de diversidad 1.47 bits/ind, se encontró en la estación 4 en sustratos de concentración de MO (1.9%), y con menor valor de diversidad 0.21 bits/ind en la estación 7, con concentración de MO (9.9%).

Se observó que en la estación 2 también se reportan valores altos de diversidad (1 bits/ind) y de MO (7.5%). Además, en las estaciones 1, 3 y 6 no se encontraron poliquetos (Figura 14).

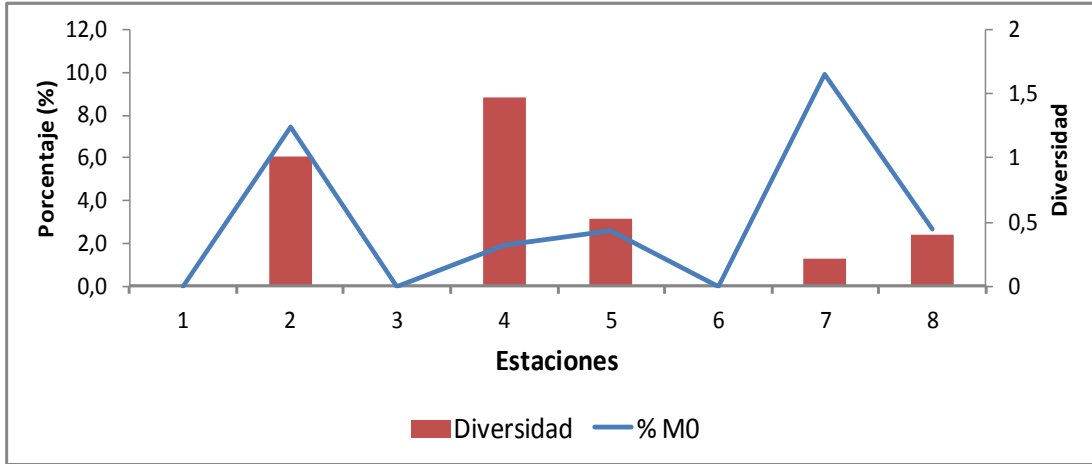


Figura 14. Relación de la materia orgánica y la diversidad de poliquetos, de la zona intermareal de la isla Santa Clara, septiembre 2007.

Figure 14. Relation of organic matter and polychaete diversity of the intertidal zone of Santa Clara island, september 2007.

La mayor riqueza de especies fue en la estación 2 (81.81%) en sustratos con valores de limo (3.4%) y la concentración de MO (7.5%); la menor riqueza de especie fue en la

estación 7 y 8 (27.27%) con concentración de MO (9.9% y 2.7%) respectivamente, y de arena 100% (Figura 15).

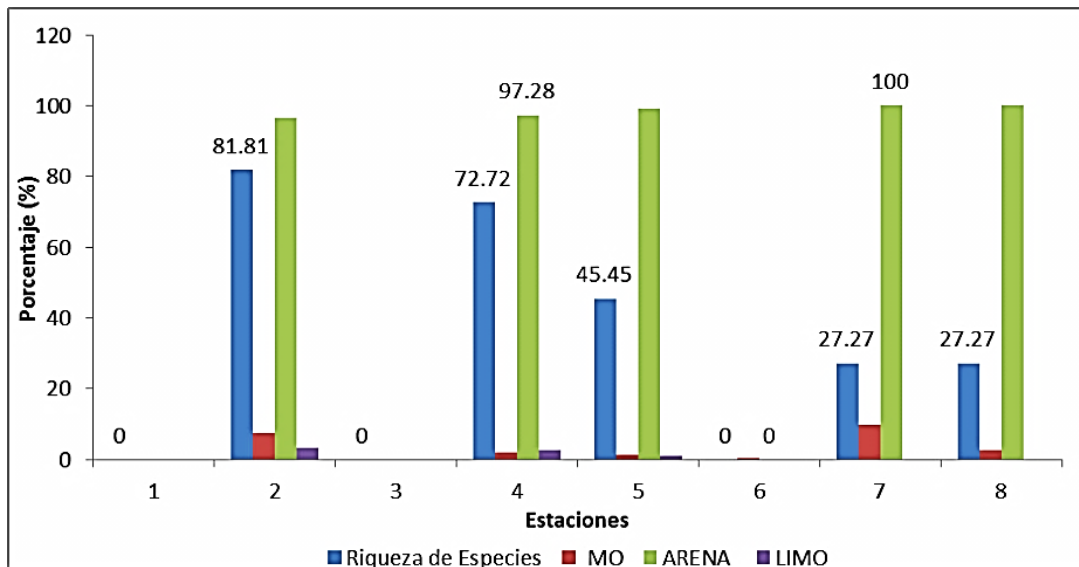


Figura 15. Relación de la riqueza de especies, materia orgánica y la textura del sustrato, de la zona intermareal de la isla Santa Clara, septiembre 2007.

Figure 15. Relation of species richness, organic matter and substrate texture, of the intertidal zone of Santa Clara island, september 2007.

Relación de las especies de poliquetos, entre la materia orgánica (MO) y la textura del sustrato en el mes de noviembre

En general en toda el área estudiada las especies de poliquetos más abundantes fueron: *Paraprionospio pinnata* (Est. 1, 2 y 8), *Syllis elongata* (Est. 3 y 5) y *Boccardia tricuspa* (Est. 4, 6 y 7).

Se reportan para la parte sur de la isla estación 3: *Syllis elongata*, *Notodasus magnus*, *Boccardia tricuspa* y *Ceratonereis mirabilis*, en sustrato con valor de limo (2.68%), y la concentración de MO (2%).

En la parte norte de la isla estación 7 las especies más representativas fueron:

Boccardia tricuspa, *Paraprionospio pinnata*, *Polydora websteri* y *Neanthes diversicolor*, en sustrato con MO (9.9%) y arena (100%); en cambio en la estación 6 la especie más abundante fue *Boccardia tricuspa*, en sustrato con concentración MO (1.22%) y arena (100%).

En general las estaciones que se ubican en la parte sur (1, 2, 3 y 4) de la isla presentaron sustratos con limo entre 3.42% y 2.72% combinado con arena entre 96.8% y 97.28%, mientras que las estaciones ubicadas al norte de la isla (5, 6, 7 y 8) los sustratos presentaron valores entre 99.12% y 100% de arena; con valores bajos de limo 0.88% (Figuras 16 y 17).

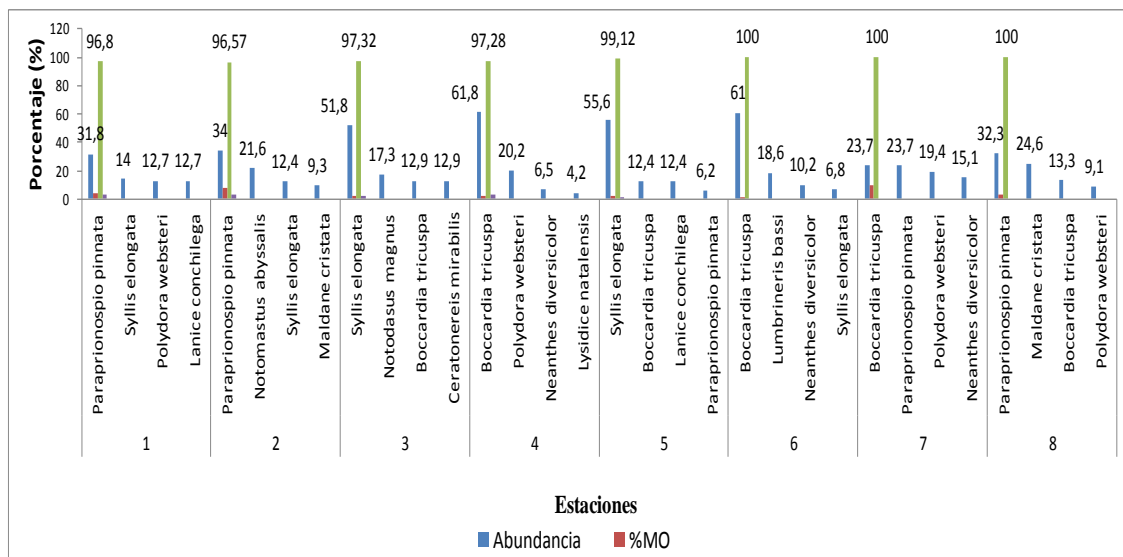


Figura 16. Relación de la abundancia porcentual de poliquetos, materia orgánica y textura del sustrato de la zona intermareal de la isla Santa Clara, noviembre 2007.

Figure 16. Relation of the percentage abundance of polychaetes, organic matter and texture of the substrate of the intertidal zone of Santa Clara island, november 2007.

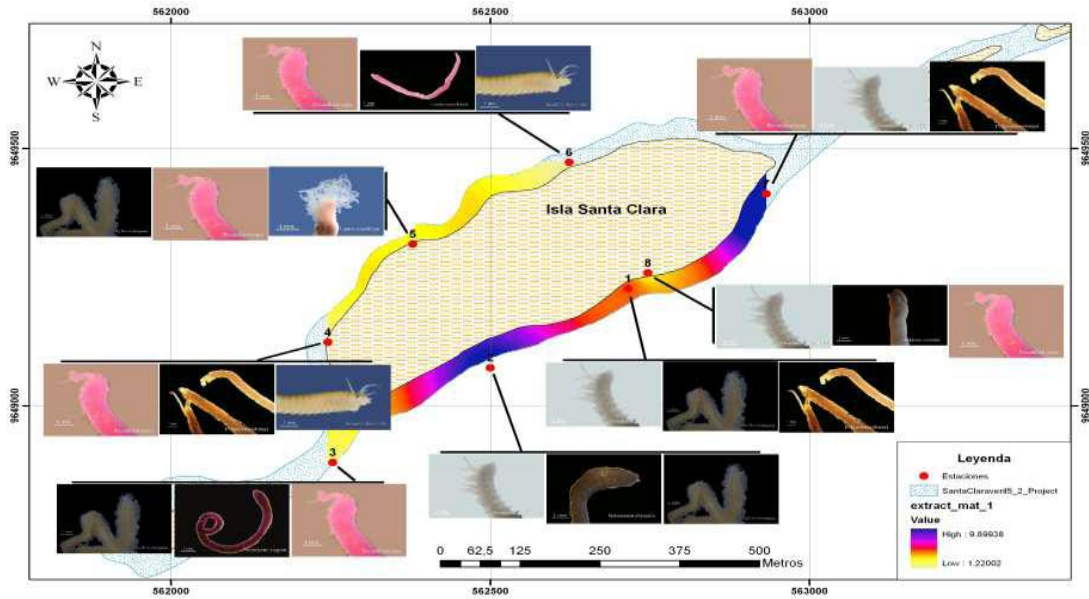


Figura 17. Distribución de las especies de poliquetos con relación a la materia orgánica en la zona intermareal de la isla Santa Clara, durante noviembre de 2007.

Figure 17. Distribution of polychaete species in relation to organic matter in the intertidal zone of Santa Clara island, during november 2007.

Se observaron valores altos de diversidad (2.01bits/ind) en la estación 1 en sustrato con bajas concentraciones de MO (3.8%). Los valores bajos de diversidad (1.14 bits/ind),

fue observado en la estación 6 con baja concentración de MO (1.2%), si la comparamos con la estación 7 con alta concentración de MO 9.9% (Figura18).

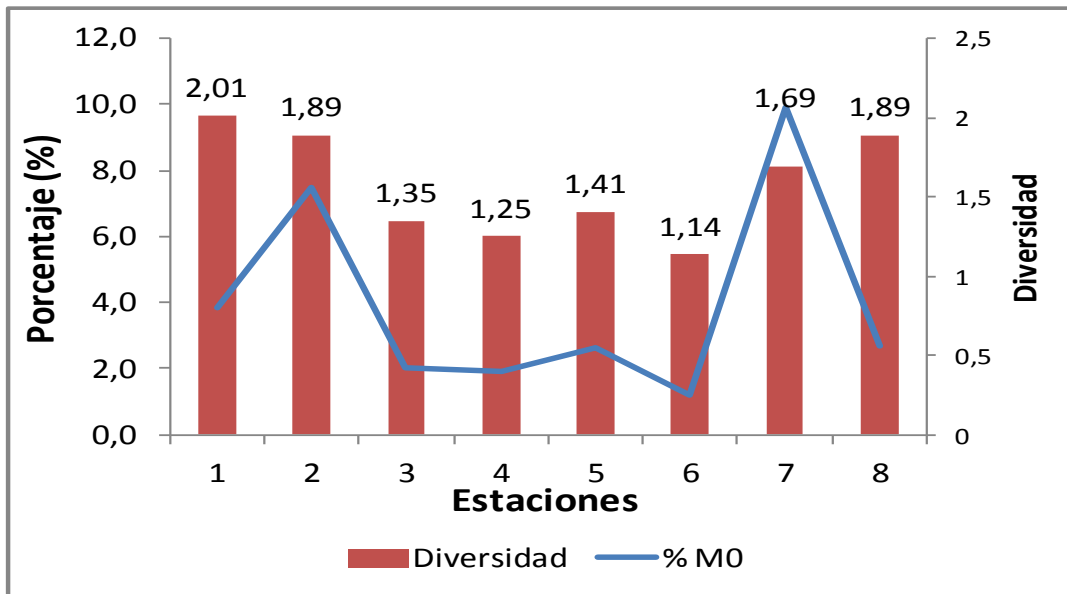


Figura 18. Relación de la materia orgánica y la diversidad de poliquetos, de la zona intermareal de la isla Santa Clara, noviembre 2007.

Figure 18. Relation of organic matter and polychaete diversity, of the intertidal zone of Santa Clara island, november 2007.

La mayor riqueza de especies se observó en la estación 8 (68.42%), donde predominó el

sustrato tipo arena (100%) y baja concentración de MO (2.40%); en cambio la

concentración de limo fue alta (3.20%). Asimismo, la menor riqueza de especie fue en la estación 6 (26.32%), con valores bajos de MO (1.22%) y arena (100%); mientras que en

la estación 7 con baja riqueza de especies existe una alta concentración de MO (9.9%) y arena 100% (Figura 19).

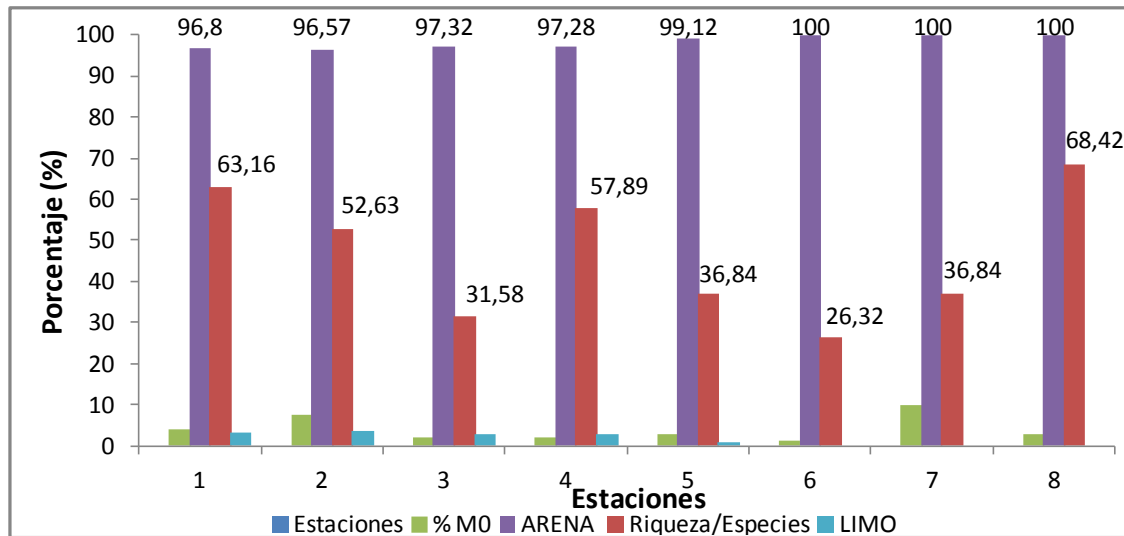


Figura 19. Relación de la riqueza de especies, materia orgánica y la textura del sustrato, de la zona intermareal de la isla Santa Clara, noviembre 2007.

Figure 19. Relation of species richness, organic matter and substrate texture, of the intertidal zone of Santa Clara island, november 2007.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los parámetros físicos, químicos y biológicos registrados durante la época seca entre los meses de septiembre y noviembre de 2007, y con relación a la biodiversidad marina en la zona intermareal de la isla Santa Clara ésta es relativamente abundante, principalmente entre las rocas, y con baja diversidad en los sustratos arenosos donde se observó pocos organismos macrobentónicos.

La temperatura superficial del agua del mar en la zona intermareal de la isla Santa Clara fue de 23.4° C en septiembre, y 23.2° C en noviembre, estos promedios registrados se encuentran dentro del rango que indica Stevenson (1981) que la TSM en el Golfo de Guayaquil durante la estación seca, varía desde 25° C hasta 22° C en el estuario interior. La salinidad promedio del agua del mar (UPS) en la zona intermareal de la isla Santa Clara fue de 33.9 UPS en septiembre y 33.8 UPS en noviembre.

Las variaciones estacionales de salinidad difieren notablemente en los estuarios interior y exterior debido a que el primero está significativamente influenciado por el aporte de agua dulce. Según Stevenson (1981) durante la estación seca la salinidad superficial disminuye desde 34-35 UPS en el interior del estuario del Golfo de Guayaquil entre 28 y 30 UPS al norte de la isla Puná, mientras que Pesantes y Pérez (1982) reportan para el Canal de Jambelí un incremento de salinidad desde el estuario interior al exterior. De acuerdo a Pesantes (1975) la salinidad superficial del agua fluctúa entre 22.8 UPS y 31.68 UPS, este parámetro cambia de la estación seca a la lluviosa.

Asimismo, el pH del agua del mar en la zona intermareal de la isla Santa Clara presentó un rango entre 7 y 8 que corresponden a aguas homogéneas, ligeramente alcalinas. De acuerdo a Stevenson (1981) la isla Santa Clara recibe aporte de aguas estuarinas del Golfo de Guayaquil por esta razón la concentración del potencial de hidrógeno

(pH) en un estuario es importante para la determinación del grado de descomposición y remineralización de los compuestos orgánicos.

Las características y distribución del sustrato superficial en la zona intermareal de la isla Santa Clara están dominadas por la presencia de arena con un tamaño que varía de fino a medio y son depositados por las olas en la zona intermareal. Sin embargo, la característica dinámica del área hace que la ubicación de otros sustratos como el limo se encuentre en menor cantidad. La isla Santa Clara se encuentra formada por capas sedimentarias bien estratificadas de la formación Puná Superior que incluye dos unidades diferentes: la base formada por areniscas marinas verdosas y limolitas de ambiente marino sublitoral; y la parte superior formada por areniscas amarillas y conglomerados con conchas transportadas de ambiente litoral a deltaico (Vera, 1982; Benítez, 1975; Moreira, 2001; Santana y Dumont, 2000; Dumont y Santana, 2005).

La mayor concentración de materia orgánica fue de 9.9% principalmente en la estación 7 y en menor cantidad en la estación 6 con 1.22%.

De acuerdo a Moreira (2001) el material detrítico que se encuentra en la isla Santa Clara es aportado por el río Guayas, y otros ríos provenientes del sur del continente. De la misma manera Jácome y Llanos (1987) mencionan que niveles más altos de materia orgánica 10%, han estado restringidos a los sustratos de profundidad tipo limoso-arcilloso de la isla Santa Clara.

Un total de 19 especies de poliquetos bentónicos se identificaron los cuales pertenecen a 14 familias: Spionidae, Nereidae, Eunicidae, Syllidae, Maldanidae, Lumbrineridae, Terebellidae, Cirratulidae, Sabellidae, Capitellidae, Amphinomidae, Arabellidae, Phyllodocidae y Nephtyidae, que habitan en la zona intermareal. Estos resultados demuestran que en la zona

intermareal de la isla Santa Clara presenta una alta diversidad de especies de poliquetos.

De acuerdo a la bibliografía consultada son escasas las investigaciones sobre poliquetos en la zona intermareal de la isla Santa Clara. Pero de acuerdo a Villamar (1983, 1986, 1989) la zona intermareal arenosa y rocosa estudiada difiere cuali y cuantitativamente de las especies identificadas en el fondo submareal del Golfo de Guayaquil, lugar en donde predominan los sustratos limosos y limo arenoso.

Al analizar las especies identificadas en la zona de estudio encontramos que éstas se presentan distribuidas uniformemente en todas las estaciones, siendo la especie dominante y frecuente *Boccardia tricuspa* con el 71% en septiembre; mientras que en noviembre la especie más frecuente fue *Boccardia tricuspa* con el 32%.

Con respecto a los bioindicadores de contaminación orgánica, las especies representadas mayoritariamente son *Boccardia tricuspa* y *Paraprionospio pinnata* que se benefician de los aportes orgánicos posiblemente de las aves que anidan en el área de estudio.

En cuanto a los estudios sobre el índice de Shannon-Wiener para determinar la diversidad biológica en la costa ecuatoriana, se cita a Villamar (2005) con el estudio de la zona intermareal de la Provincia de Esmeraldas y Manabí quien encontró la mayor diversidad en el sustrato rocoso en Barbasquillo (1.91 bits), y en Jaramijó (1.72 bits) mayormente en sustrato arenoso. De la misma forma Villamar (2009) determinó en la zona intermareal y submareal de la Bahía de Santa Elena, la mayor diversidad en Salinas (1.8 bits) y, en la zona submareal a 10 m de profundidad en la estación 18 (2.1 bits). Si comparamos los resultados obtenidos en esta investigación determinamos que la mayor diversidad (1.47 bits/ind) se ubicó en la estación 4 sitio de menor concentración de materia orgánica (1.9%). Mientras que la menor diversidad (0.21 bits/ind) en la

estación 7 sitio con mayor concentración de materia orgánica (9.9%).

Con relación a la materia orgánica y la textura del sedimento, se reporta que la especie *Boccardia tricuspa* (Spionidae) se presentó en todas las estaciones muestreadas y es la más abundante durante el mes de septiembre. En la parte sur de la isla en la estación 4 la presencia de algunas especies que se muestran especialmente abundante en esta zona, como *Boccardia tricuspa*, *Neanthes diversicolor* y *Lysidice natalensis*, estarían relacionadas con la mayor presencia de limo (2.72%) y la menor concentración de materia orgánica (1.9%). Mientras que en la estación 7 la especie *Boccardia tricuspa* es abundante, y está relacionada con la mayor presencia de arena (100%) y la mayor concentración de materia orgánica (9.9%), con mayor salinidad y menor temperatura y pH.

En el mes de noviembre las especies más abundantes fueron: *Paraprionospio pinnata* (Est. 1, 2 y 8), mientras que *Syllis elongata en las estaciones 3 y 5*, *Boccardia tricuspa* (Est. 4, 6 y 7). En la zona sur de la isla estación 3 se destaca la presencia de algunas especies abundante como *Syllis elongata*, *Notodasus magnus*, *Boccardia tricuspa* y *Ceratonereis mirabili*; estas especies estarán relacionadas con la mayor presencia de limo (2.68%) y la menor concentración de materia orgánica (2%). En la zona norte de la isla la estación 7 con las especies abundantes *Boccardia tricuspa*, *Paraprionospio pinnata*, *Polydora websteri* y *Neanthes diversicolor* mientras que la concentración de materia orgánica fue mayor (9.9%) y predominando la arena (100%).

CONCLUSIONES

Un total de 19 especies de poliquetos bentónicos fueron identificados en la época seca (septiembre y noviembre), que corresponden a 14 familias: Spionidae (3 sp.), Nereidae (2 sp.), Eunicidae (2 sp.), Syllidae (1 sp.), Maldanidae (1 sp.), Lumbrineridae (1 sp.), Terebellidae (1 sp.), Cirratulidae (1 sp.), Sabellidae (1 sp.), Capitellidae (2 sp.),

Amphinomidae (1 sp.), Arabellidae (1 sp.), Phyllodocidae (1 sp.) y Nephtyidae (1 sp.).

Estos valores demuestran que existe una relativa baja diversidad de poliquetos en el área de estudio. Asimismo en toda el área estudiada en la zona intermareal la abundancia de la macrofauna bentónica es relativamente alta con 23570 ind/m² que corresponden a 10 grupos taxonómicos.

Se concluye además, que la hipótesis planteada es positiva, porque las especies *Boccardia tricuspa* y *Paraprionospio pinnata* son considerados bioindicadores de materia orgánica, para su alimentación se benefician de los aportes orgánicos presentes en la zona intermareal de la isla Santa Clara.

Se ha determinado de acuerdo a los resultados obtenidos y los análisis de los índices de diversidad y uniformidad que la mayor diversidad durante el mes de septiembre se ubicó en la estación 4 con 1.47 bits/ind y menor diversidad en la estación 7 con 0.21 bits/ind. Mientras que en el mes de noviembre la estación 1 registró la mayor diversidad biológica con 2.01 bits/ind y la estación con menor diversidad fue la estación 6 con 1.14 bits/ind., demostrando que existe cierta similitud en los dos meses muestreados.

También es importante mencionar que las especies con mayor número de individuos fueron capturadas en el sustrato rocoso asociados a otros invertebrados marinos, de esta forma se contribuye al conocimiento del hábitat de los poliquetos bentónicos de la isla Santa Clara. Se ha determinado las características y la distribución de los sustratos que está dominado por la presencia de arena (97%) y limo (3%). Así mismo que la mayor concentración de materia orgánica se debe al aporte de las heces fecales de las aves marinas que anidan en el área de estudio. Con los resultados obtenidos se puede considerar que la materia orgánica (MO) influye en la diversidad de especies de poliquetos.

AGRADECIMIENTOS

A los señores directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR), a la Comisión Nacional del Derecho del Mar (CONVEMAR) por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones y por brindarme el apoyo logístico de equipos y material necesario para llevar a cabo esta investigación. De igual manera al Ing. Geólogo MSc. Miguel González, al Biól. Dimitri Piedra, al Dr. Antonio Rodríguez, al Geól. Ángel Chávez y, al Dr. Francisco Villamar Fernández por su tutoría y lectura del manuscrito.

REFERENCIAS

- Aerts, K., Vanagt, T., Degraer, S., Guartatanga, S., Wittoeck, J., Fockedy, N., Cornejo-Rodriguez, M., Calderón, J., Vinex, M. (2004).** Macrofaunal community structure and zonation of an Ecuadorian sandy beach (bay of Valdivia). Belgica. *Journal of Experimental Zoology*. 134 (1): 17-24.
- Arroyo, F. y Calderón, T. (2000).** Estudio taxonómico de los invertebrados marinos existentes en la zona intermareal de la isla Santa Clara (Golfo de Guayaquil, Exterior). Informe Técnico. Convenio Interinstitucional: Universidad de Guayaquil y Energy Development Company (EDC). 1-30.
- Benítez, S. (1975).** Morfología y sedimentos del Golfo de Guayaquil. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica (ESPOL). 1-170.
- Cruz, M., Cornejo, M., Gualancañay, E., Villamar, F. (1980).** Lista de la fauna sublitoral bentónica del estero Salado inferior, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR*. 1(1): 82-96.
- De Miró, M. (1972).** Manual de geología marina. *Publicación*, INOCAR. Guayaquil. 137-163.
- Díaz, V. (2003).** Importancia ecológica de los poliquetos. Departamento De Ecología, Cicese. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx/2003/10/27/ecopolique.html>.
- Dumont, J. F., y Santana, E. (2005).** Morphological and microtectonic analysis of quaternary deformation from Puná and Santa Clara islands, Gulf of Guayaquil, Ecuador (South America). *Tectonophysics*. 399 (1): 331-350.
- Fauchald, K. (1977).** The polychaete works definitions and keys to the orden, families and genera. Natural History Museum of the Los Angeles County. In conjunction with the Allan Hancock Foundation University of Southern California. *Science*. 28: 1-180.
- Franja. (1993).** Programa Computacional SIMIL, MS-DOS.
- Gosner, L. K. (1971).** Guide to identification of marine and estuarine invertebrate. Edición John Wiley- Sons, INC. New York, (No. Sirsi) i9780471318972): 1-693.
- Hartman, O. (1939).** Polychaetous Annelids. Part. I. Aphroditidae to Pisionidae. *Allan Hancock Pacific Expeditions*. 7 (1): 1-170.
- Hartman, O. (1968).** Atlas of the errantiate polychaetous Annelids from Californis. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles. 2: 1-828.
- Hartman, O. (1969).** Atlas of the sedentariate polychaetous Annelids from Californis. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles. 5: 1-808.
- Hurtado, M., Valle, C., Yturralde, G., Suárez, H. (1998).** La isla Santa Clara: Potencial Nueva Área Marina y Costera protegida en el Ecuador, Guayaquil, Ecuador. Consultoría en Gestión Ambiental Marina-Costera. 8-28.

- Jácome, M. y Llanos, L. (1987).** Estudio Geoquímico de los sedimentos en el canal de Jambelí. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador. 4 (1): 191-203.
- Monro, C. C. A. (1933a).** The polychaeta errantia Collected By Dr.C. Crossland At Colon in the Panamá región and the Galápagos island during the expedition of the S.Y. St. George. *Proceeding of the Zoological Society of London*. 36: 1-96.
- Monro, C. C. A. (1933b).** The polychaeta sedentaria Collected By Dr. C. Crossland at Colon in the Panamá región and the Galápagos island during the expedition of the S.Y. St. George. *Proceeding of the Zoological Society of London*. 36: 1039-1092.
- Moreira, L. (2001).** Enfoque geodinámico de la isla Santa Clara del Golfo de Guayaquil. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). 1-116.
- Pesante, F. (1975).** Distribución de las propiedades físicas y químicas del Golfo de Guayaquil. *Revista Comisión Permanente del Pacífico Sur*. 3: 21-37.
- Pesantes, F., y Pérez, E. (1982).** Condiciones Hidrográficas y Químicas en el Estuario del Golfo de Guayaquil. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*. Instituto Nacional de Pesca. 1 (2): 87-229.
- Ramírez, A. (1999).** Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 1-300.
- Santana, E., y Dumont, J. (2000).** La isla Santa Clara, testigo morfoestructural de la evolución geodinámica Plio-cuaternaria y actual del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador. 10 (1): 189-201.
- Shannon, C., Wiener, W. (1949).** The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. U.S.A. 1-117.
- Stevenson, M. (1981).** Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un Estuario Tropical. *Boletín Científico y Técnico*, Instituto Nacional de Pesca del Ecuador (INP). 4 (1): 1-133.
- Tena, J., Capaccione, R., Torres, F., Porrás, R. (1993).** Estudios del bentos marino. Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía. Valencia. España. 11: 15-19.
- Vera, R. (1982).** Geología en detalle de la isla Santa Clara. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). 1-76.
- Villamar, F. (1983).** Poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador. 2 (2): 659-733.
- Villamar, F. (1986).** Distribución de los poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador. 3 (1): 121-131.
- Villamar, F. (1989).** Estudio de los poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil exterior (Canal del Morro y Jambelí). *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador. 5 (1): 34-40.
- Villamar, F. (2005).** 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, Ecuador. 13 (1): 139-197.
- Villamar, F. (2009).** Estudio de los poliquetos bentónicos y fauna acompañante en la zona intermareal y submareal de la bahía de Santa Elena (Ecuador). *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador. 15 (1): 127-138.

Wellington, G. (1975). Medio ambientes marinos costeros de Galápagos. Un informe de recursos al departamento de Parques Nacionales y Vida Silvestre, Quito, Ecuador. 1-222.