

ANÁLISIS DE SERIE DE TIEMPO DEL OLEAJE FRENTE A SALINAS-ECUADOR Y SU RELACIÓN CON EL POTENCIAL ENERGÉTICO

Leonor Vera ⁽¹⁾

RESUMEN

Este trabajo presenta el análisis de la información de una serie de tiempo de altura de olas obtenida de mediciones continuas durante aproximadamente once meses entre diciembre/91 y septiembre/92, con la finalidad de determinar si la altura de olas en una localidad de la costa del Ecuador se mantiene constante, sin presentar valores extremos a lo largo del período de mediciones establecido. La constancia en el parámetro de la altura de olas, es importante para efectos de obtención de energía del mar, debido a que representaría un aporte regular de energía que influiría en el diseño de equipos apropiados a estas condiciones. Este documento constituye un aporte al conocimiento de las condiciones reales del oleaje en el mar ecuatoriano, teniendo como fuente información los registros de un sensor de presión de medición directa que estuvo fondeado entre 1992 y 1997 en Salinas, Banco Copé. Durante el análisis de la información se estableció que la serie no estaba completa, y que de los seis años de datos, efectivamente, se pudo analizar un período de 10 meses, mediante análisis estadístico y espectral. Los resultados son favorecedores desde el punto de vista estadístico porque mostraron un percentil 25 igual a 0.51 m, lo que implica que el 75% de los datos presentan valores mayores 0.51 m. El análisis espectral mostró que la señal más energética tuvo un período de 8 días con una altura de 0.94 m. Aunque en comparación con otros sitios en el mundo, las alturas de olas son bastantes inferiores, la ventaja de las características de la altura de olas es su constancia en el tiempo de medición observado.

ABSTRACT

In this work is showed the high wave data series analysis of continue measurements from December/91 to September/92 in order to determine if the wave height is constant in a locality of Ecuador coast, without show extreme values during the time of measurements. The constancy of the height wave is important for obtaining energy from the sea because the energy obtained will be constant and the equipment to be implemented would have specific characteristics for this zone. This paper is a contribution to real knowledge about wave conditions in the Ecuadorian sea, being the information obtained from a pressure sensor which was deployed from 1992 to 1997 in BuncoCopé-Salinas. During the data analysisIt was evident the series was incomplete, and from six years, only ten months were full. These data was analyzed with spectral and statistical analysis. The results showed that the percentile 25 was 0.52 m, i.e. 75 % of data is higher than 0.5 m. While the spectral analysis showed a strong signal of eight days, with 0.94 m wave height. Although in comparison with another places, the waves are too small, but the advantage is that the mean height was constant during the time of measurements.

PALABRAS CLAVES

(olas, densidad espectral, altura significativa, energía renovable).

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Avda. 25 de Julio-Base Naval Sur. Email: olas@inocar.mil.ec – Tel. 593-42481300. Guayaquil-Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Las mediciones realizadas directamente con equipos instalados en aguas someras permiten conocer el real comportamiento de una variable. Las series de tiempo que se obtienen de estas instalaciones de largo plazo implican información confiable de las condiciones de una zona, útiles para la validación de modelos. En este estudio se plantea que las alturas de la ola, se mantienen constantes en el tiempo, que los valores son mayores a 0.5 m, lo que significa que la potencial energía por recuperar se mantiene estable en el tiempo.

Es importante el conocimiento de las características del oleaje en zonas cercanas a la costa, lugares donde se recomienda realizar el levantamiento de sistemas de recuperación energética, por la accesibilidad y cercanía a centros poblados, hacia donde se podría direccionar la energía extraída.

Se analizó la serie de tiempo estadística y espectralmente para conocer las características del oleaje y conocer los principales aportantes energéticos, sin embargo un inconveniente en este estudio fue la irregularidad de la serie.

ÁREA DE ESTUDIO



Figura 1. Ubicación de sensor de presión frente a Salinas

Con el objetivo de caracterizar el oleaje frente Salinas, entre los años 1991 y 1997, se instaló un equipo sensor de presión, en el bajo, Banco Copé-Salinas. Ver Figura 1. La información que

se registró en este período de medición se ha utilizado para el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología consistió en analizar una serie de tiempo de datos de altura significativa de olas registrada en Salinas a 13 m de profundidad. El intervalo de medición de la serie fue de tres horas, entre 1991 y 1997. La serie total tiene 7413 datos distribuidos irregularmente, con muchos intervalos sin medición. Para el presente análisis se seleccionaron 2440 registros, que corresponden a los primeros 10 meses de muestreo.

El equipo utilizado para la medición, fue un sensor de presión, que se mantuvo instalado a una profundidad media de 13 m. El equipo fue configurado para se encienda cada 3 horas, y en cada encendido registre 200 datos de presión, a un intervalo de 0.5 segundos. Los datos de presión fueron transformados a altura de olas, y de cada grupo de datos de olas, se obtuvo el parámetro estadístico H_s , conocido como altura significativa y que representa el promedio del 33% de olas más altas del registro.

Análisis estadístico de la serie de datos

El equipo sensor de olas fue instalado desde 1991 hasta 1997, pero al analizar los datos, se observó que no existía un solo año continuo de mediciones. Se seleccionó el mayor intervalo de mediciones continuas, que correspondió al lapso entre diciembre/1991 y septiembre/1992. Los demás intervalos abarcaron menos de diez meses.

Se comprobó que el espaciamiento temporal de las mediciones, cada tres horas, se cumplía en la mayoría de los meses analizados, sin embargo, se observó que no existía regularidad o continuidad en todos los meses, observándose intervalos menores y horas de registro diferentes. Ante esta situación y con el conocimiento de que un estado del mar o las condiciones de oleaje de un sitio, pueden caracte-

rizarse, a través de mediciones de olas cada 6 horas, se reorganizó la serie de tiempo considerando mediciones cada tres horas y que los registros sean siempre a la misma hora.

Utilizando el software Matlab, se obtuvo la estadística básica de la serie, consistente en la media, varianza y los percentiles 25, 50 y 75.

Análisis espectral.

Considerando que para el análisis espectral se requiere una serie completa, sin faltantes, se verificó el estado de la serie a ser analizada, observándose que solamente el 2% de la información correspondía a datos faltantes, y que no eran secuenciales, sino dispersos. Se realizó la interpolación, con la media estadística de la serie.

Una vez que la serie estuvo completa, se aplicó una rutina de matlab, denominada spectrum6, con una longitud de 256 para la transformada de Fourier, ventana de Hanning de 256 datos, con la finalidad de obtener el período que aporta con mayor energía al espectro de las ola.

RESULTADOS

Una vez analizada la serie de tiempo de altura de olas significativas de Salinas, se observó:

- La serie de datos no es continua, a pesar de que la medición se inició desde el año 1992 hasta el año 1997, no existen dos años completos.
- Los datos no estaban regularmente espaciados en tiempo, se presentaban casos con períodos de medición menores y mayores a 3 horas, estas diferencias, generalmente se observaban cada mes.

En la Figura 2, se muestra la serie con las discontinuidades en el tiempo. Los datos faltantes son de mayor longitud que la longitud de datos continuos, lo que implica meses y hasta años de carencia de información. En estas condiciones no fue posible interpolar, porque

se estaría estimando con un alto porcentaje de error. El primer rango de medición continua y el más largo corresponde al período dic-91 a sep-92. Esta serie es seleccionada para realizar los análisis estadístico y espectral.

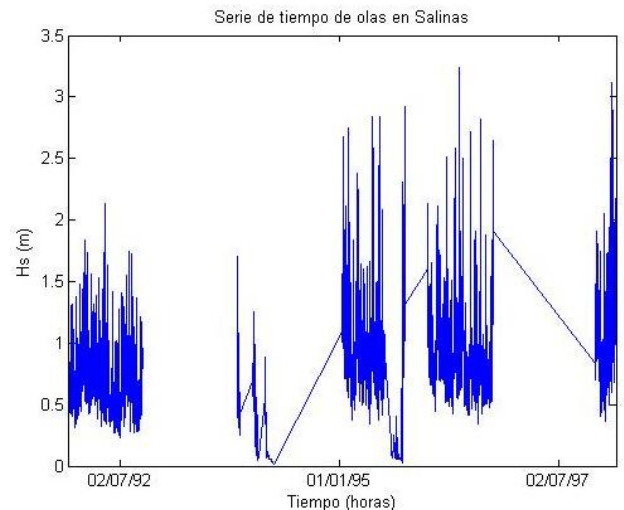


Figura 2. Serie de tiempo de Salinas. (dic/91-ago/97)

Serie estadística de serie de datos.

En la figura 3, se ha graficado el intervalo de estudio, observándose visualmente la continuidad de la serie, sin embargo este tramo de información, al igual que la primera serie, presentó algunas irregularidades en el espaciamiento temporal.

Utilizando Matlab, se generó una rutina en la que se estableció que las mediciones tengan un intervalo de tres horas, empezando desde las 2 horas de cada día hasta las 23:00, obteniéndose una serie espaciada regularmente cada tres horas.

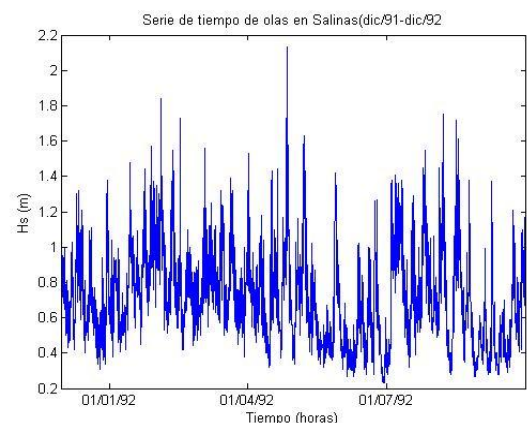


Figura 3. Período de medición entre dic/91 a sep/92

La información estadística obtenida mostró una altura promedio de 0.72 m, con el percentil 25 igual a 0.51 y el 75 igual a 0.88 m, el 10% de los datos con valores inferiores a 0.39 m. y con una varianza de la data de 0.072 m.

Análisis espectral de la serie de datos.

Una vez que la serie de análisis estuvo sin vacíos, se aplicó la rutina spectrum6, para la

serie con frecuencia de medición cada 3 horas. La energía de la serie se ubica en las altas frecuencias. La señal que más aporta energéticamente al espectro corresponde a la frecuencia 0.0052 ciclos por hora, que representa un período de 8 días ya una altura de 0.94 m. Ver figura 4.

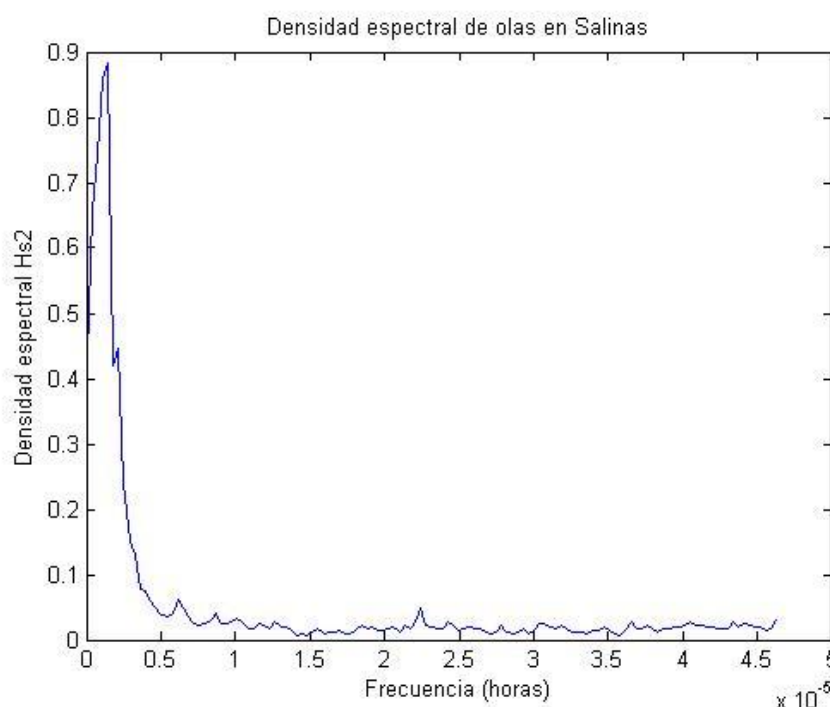


Figura 4. Densidad espectral de los datos en Salinas.

DISCUSIONES

Contar con una serie de datos consistente es primordial para el análisis espectral y estadístico, al trabajar con la serie actual, un gran problema fue la discontinuidad de la serie, que impidió obtener una estadística representativa de los 5 años de medición. Al tomar un tramo de la serie, se describe, estadísticamente lo ocurrido en el año, estableciéndose que para la serie de datos analizada, las alturas de las olas se mantienen más o menos constantes a lo largo del año, sin valores extremos, lo que coincide con lo encontrado por Portilla en el 2010. Sin embargo la altura media de olas en la localidad costera (0.7 m) es menor a la que observó Portilla en aguas abiertas (2 m., aproximadamente).

Del análisis espectral se esperaba encontrar una señal semestral, por cambio estacional en la fuerza de los vientos y una segunda señal quincenal por el cambio de la fase de la mareas. Lamentablemente el período de medición, menor a un año, no permitió establecer con mayor exactitud estos aportes a la energía total de la ola.

Se encontró una señal energética con una periodicidad de 8 días, que no se asocia directamente con ningún evento natural, pero que podría estar relacionado con el cambio en el estado de la marea.

CONCLUSIONES

En el período de mediciones estudiado, las alturas de olas mantienen valores estables, no existen cambios bruscos que podrían originar que sistemas para recuperación de energía de ola puedan colapsar.

La energía de olas es relativamente baja, en comparación con otros sitios del planeta, en donde el desarrollo de sistemas de recuperación de energía del mar por oleaje, se ha efectuado para olas con alturas mayores a 3 m.

Las consideraciones que realiza Portilla et al (2013), sobre el aprovechamiento energético en aguas someras, debe ser estudiado para cada sitio en particular, ya que se observa que las condiciones de olas son muy variables entre océano abierto y aguas someras. Y se esperaría que estas variaciones también se den entre zonas costeras, especialmente por la diferencia en la configuración de cada playa.

En caso de que en el país se intente recuperar energía de las olas, se requiere un desarrollo tecnológico de recuperación energético adecuado y específico para zona.

RECONOCIMIENTOS (AGRADECIMIENTOS)

Agradezco a la Dra. Elena Gualancañay y a la Oc. Patricia Arreaga, por el aporte en la revisión de este trabajo y por su continuo apoyo para la presentación del mismo.

REFERENCIAS

- Portilla J. (2010). Evaluación del potencial energético de las olas en el mar territorial ecuatoriano. Informe técnico. INOCAR-INP-MEER.
- Portilla, J., Sosa, J. y Cavaleri, L. (2013). Wave energy resources: Wave Climate and exploitation. Renewable Energy. Num 57 (2013). Pp. 594-605.

CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA DEL PERFIL COSTERO ECUATORIANO A TRAVÉS DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS APLICADOS A LAS ESTACIONES FIJAS DE MONITOREO DEL INOCAR, SERIE A PARTIR DE 1981

Carlos Perugachi-Salamea¹

Mariela González-Narváez²

Johnny Pambabay-Calero²

Isabel García-Arévalo²

Freddy Vargas-Ayala²

Gabriel Shigla-Cuji²

Jorge Nath-Nieto³

RESUMEN

El presente estudio describe el comportamiento oceánico a lo largo de la costa ecuatoriana utilizando técnicas matemáticas y estadísticas.

En la primera parte de este artículo se realiza una introducción de las condiciones oceánicas Ecuatoriales, se mencionan los distintos parámetros que son de interés en el estudio, se detallan las características- ubicación de las estaciones fijas de Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar que el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) monitorea, y de donde proceden los datos con los que se efectúan los análisis y se describe la data utilizada. Se presenta el análisis de climatología, basado en el procedimiento normado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), a la par que se explican los hallazgos encontrados.

Posteriormente se presentan dos análisis estadísticos multivariados; las Curvas de Andrews para hallar relaciones de comportamiento entre las variables monitoreadas de las distintas estaciones fijas, agrupadas por su naturaleza: meteorológicas y oceánicas del cual se consigue definir la segmentación del perfil costero ecuatoriano en dos grupos claramente demarcados entre la región norte y sur, y las Componentes Principales para poder interpretar las condiciones oceánicas a partir del menor número de factores posibles, obteniendo una serie que denota el comportamiento de estacionalidad del fenómeno identificando las estaciones secas y lluviosa y otra serie que evidencia los años en que se declararon los eventos Niño y Niña.

Se emplea también el análisis de Periodograma para obtener los espectros de las señales de ambos parámetros océano- atmosférico y su respectiva dominancia, concluyendo un periodo de ocurrencia de alta frecuencia de la temperatura del mar y precipitaciones costera que coincide con los espectros de los índices ENOS.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Departamento de Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador.

² Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Proyecto índices ENOS – Componente INOCAR. Guayaquil, Ecuador.

³ Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Departamento de Hidrografía. Guayaquil, Ecuador.

ABSTRACT

The present study describes the oceanic behavior along the Ecuadorian coast using mathematical and statistical techniques.

In the first part of this paper an introduction of the Equator oceanic conditions is made, the various parameters that are of interest in the study mentioned, detailed specs - fixed location stations Esmeraldas, Manta, Puerto Bolivar and La Libertad the Oceanographic Institute of the Navy (INOCAR) monitors, and from which the data that tests are carried out and the data used is described. Weather analysis, based on the procedure regulated by the World Meteorological Organization (WMO), at the same time explains the findings is presented.

Subsequently, two multivariate statistical analysis presented; Curves Andrews to find behavioral relationships between monitored variables of different fixed stations, grouped by their nature: weather and ocean which is achieved by defining the segmentation of the Ecuadorian coastal profile in two clearly demarcated groups between the northern and southern region, Principal Component and to interpret oceanic conditions from the lower number of possible factors, obtaining a number that denotes the seasonal behavior of the phenomenon by identifying the dry and rainy seasons and a series that shows the years in which the Niño events were reported and girl.

Periodogram analysis is also used to obtain the spectra of the signals of both ocean-atmospheric parameters and its respective dominance, identifying that the period of high frequency of occurrence of the sea surface temperature and coastal precipitation spectra matches ENSO indices.

INTRODUCCIÓN

Estudios acerca de las características oceanográficas de la zona costera no es algo nuevo en el país, puesto que constituye un factor importante para la navegación, para desarrollo de pesquerías, entre otros. El estudio: Caracterización oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la Punta del Morro y Jaramijó, es una muestra de los esfuerzos científicos realizados en Ecuador, sin embargo en el presente artículo se amplía el área de estudio, abarcando todo el perfil costero y analizando datos distintos de olas y corrientes que son presentados en el estudio en mención al cual se hace referencia.

Mediante el presente trabajo se pretende describir el comportamiento de las variables de las estaciones meteorológicas y mareográficas que mantienen el Instituto Oceanográfico de la Armada a lo largo de la costa ecuatoriana; para ello se identificaron las relaciones existentes entre los distintos parámetros oceánicos y atmosféricos que son monitoreados constantemente en éstas estaciones costeras.

La importancia de la investigación realizada radica en el desarrollo y empleo de herramientas que permitan generar información para el asesoramiento en la toma decisiones relevantes en términos de prevención ante amenazas de origen océano-atmosféricas, para ello es vital encontrar correlaciones que nos indiquen el nivel de dependencia que hay entre los parámetros analizados, permitiendo de esta manera caracterizar la relación de los parámetros con frecuencias mensuales y anuales, incluyendo años de ocurrencia de eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS).

A partir del empleo de herramientas estadísticas se propone determinar el comportamiento de las condiciones océano-atmosféricas de las costas ecuatorianas; las condiciones oceanográficas monitoreadas en las estaciones a 10 millas costa afuera son influenciadas directamente por las diferentes corrientes marinas en

diferentes épocas del año; por la Corriente Fría de Humboldt y la Corriente Cálida de Panamá; provenientes del sur y el norte del país respectivamente, las mismas que producen condiciones diferentes según las temporadas, generando características particulares de temperaturas tanto del aire como del mar, humedad relativa, vientos, presión atmosférica, nivel medio del mar, entre otras variables, que hacen que dos diferentes regiones geográficamente separadas se comporten de una manera muy similar entre sí, y que la región norte sea muy diferente de la región sur en condiciones oceanográficas.

El análisis de datos de mediciones convencionales de variables oceanográficas y atmosféricas, recolectadas de cuatro estaciones costeras ubicadas en: Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar ayudará a tener una visión general de las características principales del perfil costero en las diferentes épocas del año, evidenciando las características principales de estas variables y la interacción de las mismas frente a eventos cálidos como El Niño y fríos como La Niña.

DATOS Y MÉTODOS.

Descripción de las estaciones costeras de monitoreo INOCAR y parámetros.

Las variables oceánicas y meteorológicas utilizadas para los análisis que se presentarán posteriormente provienen de las estaciones costeras detalladas en la Tabla 1 con sus respectivas ubicaciones geográficas:

Tabla 1 Ubicaciones geográficas de las estaciones costeras de monitoreo INOCAR

ESTACIONES COSTERAS			
LUGAR	PROVINCIA	LATITUD	LONGITUD
MANTA	MANABI	00°56'06" S	80°43'222W
ESMERALDAS	ESMERALDAS	00°59'00" N	79°39'00W
LA LIBERTAD	GUAYAS	02°12'58"S	80°43'22"W
PUERTO BOLIVAR	EL ORO	03°16'0"S	80°00'00"W

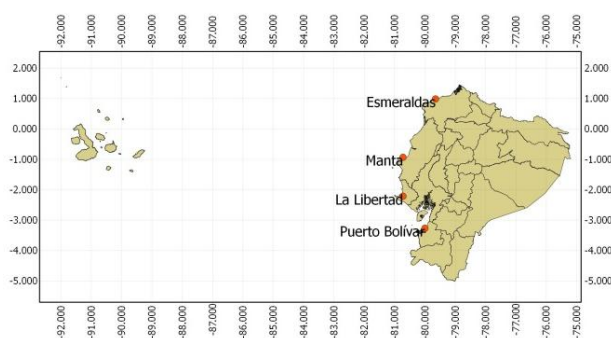


Figura 1 Ubicación geográfica de las estaciones costeras de monitoreo INOCAR.

La estación costera de Esmeraldas cuenta con datos desde diciembre de 1948 hasta agosto de 2013, por su parte Manta consta de una base desde enero de 1949 hasta agosto de 2013, por otro lado la estación ubicada en La Libertad posee datos desde octubre de 1948 hasta agosto de 2013, finalmente la estación de Puerto Bolívar contiene datos desde enero 1952 hasta agosto de 2013. Todas las estaciones presentan ausencia de datos por día, semanas, meses e incluso años, este documento se detalla la manera cómo se lidió con este inconveniente.

Los parámetros utilizados para los análisis efectuados y que provienen de las estaciones en mención son detallados en la Tabla 2 con sus respectivas nomenclaturas y unidades de medición:

Tabla 2 Detalles de parámetros, nomenclaturas y unidades de medición

Variable	Descripción	Unidad de medición
TSM	Temperatura superficial del mar	°C (grados centígrados)
TSA	Temperatura superficial del aire	°C (grados centígrados)
HR	Humedad relativa	% términos porcentuales
Precipitación	Precipitación	mm (milímetros)
PSA	Presión atmosférica	mb (milibares)
NMM	Nivel medio del mar	m (metros)
VV	Velocidad del viento	k/h (kilómetros por hora)
DV	Dirección del viento	grados

Adicionalmente se utilizó los índices globales para realizar los análisis: Niño 1+2, Niño 3,

Niño 3.4 y Niño 4, provenientes de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Métodos de interpolación puntual.

Al trabajar con la data conformada por las variables oceánicas y meteorológicas provenientes de las distintas estaciones costeras mencionadas se evidenció ausencia de valores por lapsos cortos y largos de tiempo, por lo cual se decidió interpolar los datos faltantes en los casos en que se podía, para ello se utilizaron dos técnicas numéricas de interpolación puntual denominadas: Spline cúbico y Shaped Preserving interpolate, con la ayuda del software MATLAB 2013b (De Boor, 2001). Estos métodos tienen la particularidad de tomar dos puntos consecutivos e ir trazando segmentos de curvas polinómicas, en lo que respecta al Spline cúbico estas curvas son de grado tres; es decir estos métodos no generan únicamente un solo polinomio para interpolar toda la función, unen varios segmentos, los cuales están conformados a partir de intervalos, lo que conlleva a considerarlo ideal para la interpolación de datos oceanográficos.

Dado el comportamiento específico que presentan ciertas variables se decidió interpolar con uno u otro de los métodos antes mencionados, en el caso particular de la variable nivel del mar, se evidenció una tendencia de una curva sinusoidal muy bien marcada. Para ilustrar las bondades del método de interpolación Spline cúbico se escoge a los datos faltantes de esta variable para ser interpolados mediante el Spline cúbico, el resultado es una curva que preserva la forma sinusoidal de la serie.

En la variable Precipitación no se utilizó método de interpolación, debido a la naturaleza de ésta variable, ya que en el Ecuador el comportamiento de la misma es cambiante con respecto a las dos estaciones climáticas del país, por lo tanto, no se presenta un patrón definido.

A partir de las series de datos completadas en una frecuencia mensual, se computaron los valores promedio, valor máximo y valor mínimo del mes y año correspondiente a cada una de las variables analizadas. Para la variable Precipitación se presenta el valor acumulado mensual.

RESULTADOS

Análisis de Climatología: variables meteorológicas y oceánicas.

Para el desarrollo del análisis de climatología se utilizó el rango de años de 1981 al 2010, el mismo que corresponde a los últimos 30 años consecutivos que finaliza en un múltiplo de 10, procedimiento normado por la OMM (2007).

El análisis de climatología presentado corresponde a la de los parámetros detallados en la Tabla 2 y se la obtiene a través de los promedios mensuales de los últimos 30 años. Junto con los mínimos y máximos absolutos, y mínimos y máximos medios. Se normalizan los datos con la media obtenida del rango de años de la climatología. Para obtener las anomalías de los diferentes parámetros para cada estación se restaron los valores mensuales de la normal tomada del promedio de la climatología del rango de 30 años declarado por la OMM.

En el caso de las variables en que la información recolectada es anterior a 1981 se utilizó el rango de 1981-2010 para la determinación de la climatología. En cuanto a las variables con data inferior a los últimos 30 años, se tomaron los años disponibles hasta el año de cierre 2010.

Todas las climatologías de las variables provenientes la estación de La Libertad, con excepción de Nivel del mar, fueron obtenidas del rango de 1988-2010, debido a que desde inicios de 1988 se inició la toma de datos en mencionada Estación. Asimismo la climatología de la variable nivel del mar de la estación de Manta abarcó los años 1988 al 2010 y

temperatura superficial del aire en Manta desde 1984 al 2010.

Las climatologías de las variables en las 4 estaciones fijas se indican a continuación:

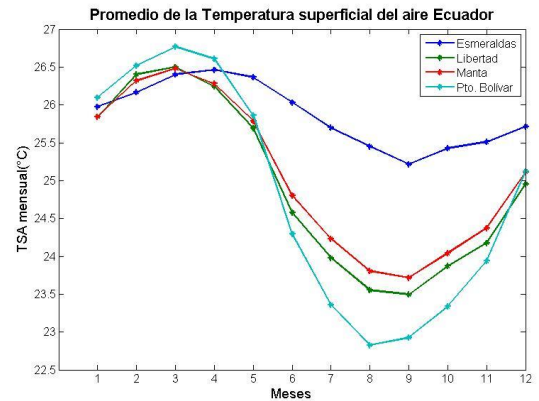


Figura 2 Climatología de la TSA de las estaciones fijas del INOCAR.

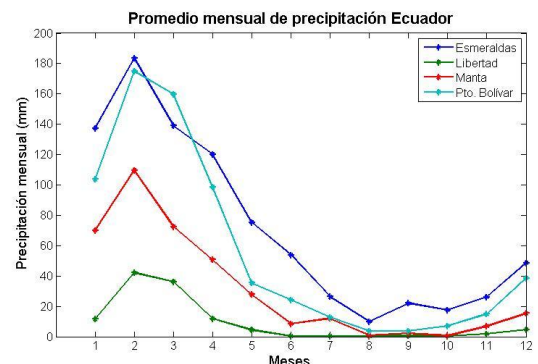


Figura 3 Climatología de la precipitación acumulada de las estaciones fijas del INOCAR.

En el caso de las variables meteorológicas temperatura superficial del aire y precipitación, todas las Estaciones presentan patrones similares en su climatología, siendo la Estación de Esmeraldas en la que se pueden observar valores superiores en la época seca a diferencia del resto de estaciones. La climatología de la precipitación de la Estación de Esmeraldas muestra un patrón diferente, probablemente debido a las diferentes condiciones que presenta por su ubicación geográfica. El mismo comportamiento se da en la climatología de las variables temperatura superficial del mar, dirección del viento y humedad relativa, que presenta su pico más alto en la temporada lluviosa.

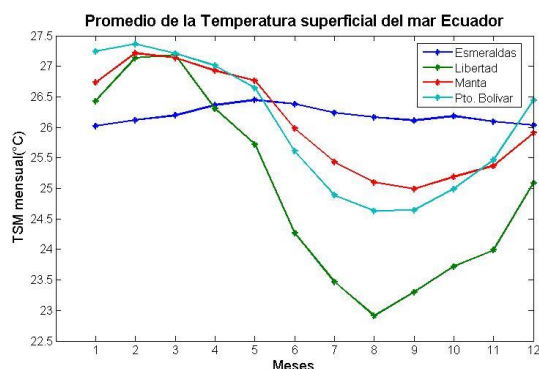


Figura 4 Climatología de la TSM de las estaciones fijas del INOCAR.

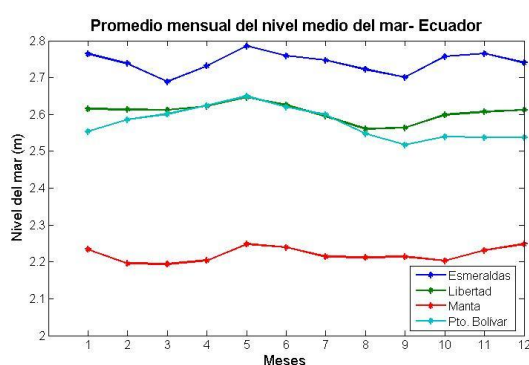


Figura 5 Climatología del nivel del mar de las estaciones fijas del INOCAR.

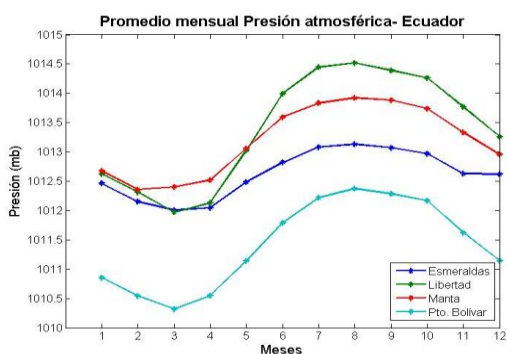


Figura 6 Climatología de la presión superficial del aire de las estaciones fijas del INOCAR.

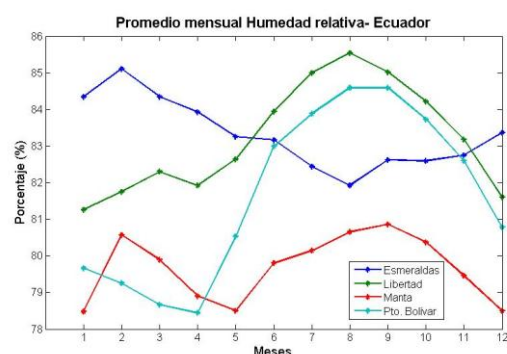


Figura 7 Climatología de la humedad relativa de las estaciones fijas del INOCAR.

Las Estaciones de Libertad, Manta y Puerto Bolívar presentan patrones similares en sus climatologías pese a que sus valores difieren. En el caso particular de la variable humedad relativa la Estación de Manta presenta picos en ambas temporadas, comportamiento que se asemeja al de Esmeraldas en la época lluviosa y al de Libertad en la época seca, resaltando la importancia de la variación de los sistemas climáticos dependiendo de su ubicación geográfica.

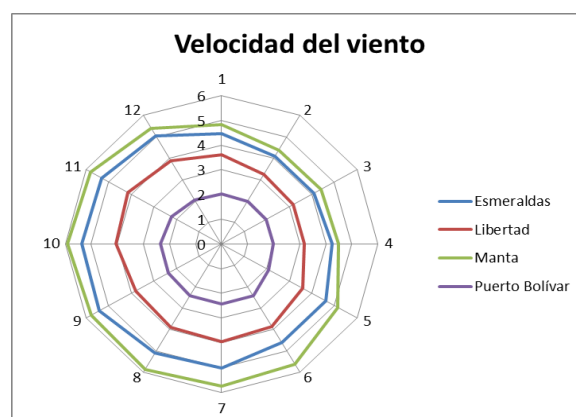


Figura 8 Climatología de la velocidad del viento de las estaciones fijas del INOCAR.

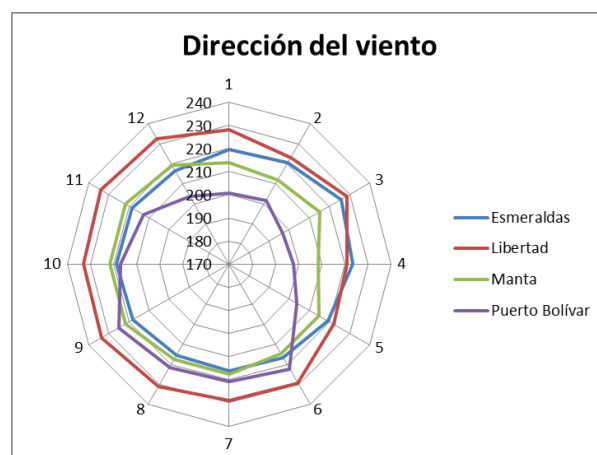


Figura 9 Climatología de la dirección del viento de las estaciones fijas del INOCAR.

Las climatologías de las variables velocidad del viento y presión atmosférica de la Estación de Puerto Bolívar presentan valores promedios inferiores en todos sus meses en comparación con el resto de Estaciones. Asimismo, se puede observar que en la Estación de Puerto Bolívar la variable dirección del viento posee un patrón diferente en su climatología, esto se puede deber a que los vientos provienen del Noroeste

en época seca, con una diferencia notoria en sus temporadas seca y lluviosa que en el resto de estaciones.

Análisis Multivariado de variables de estaciones fijas: Curvas de Andrews.

A través de técnicas de análisis multivariado se verifican las relaciones entre las distintas variables, agrupadas por su naturaleza: meteorológicas y oceánicas, en relación con la estación de donde se capturan los datos. Para el análisis del comportamiento de las variables en su conjunto por cada estación, recurrimos a un método potente para identificar agrupaciones entre observaciones denominado Curvas de Andrews. El Matemático Andrews en 1972 propuso este método para representar datos multivariados en dos dimensiones. Cada punto p – dimensional $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$, la dimensión la representa cada una de las variables en estudio en un tiempo determinado y es representado por la función:

$$f(t)_x = \frac{1}{2}x_1 + x_2 \sin(t) + x_3 \cos(t) + x_4 \sin(2t) + x_5 \cos(2t) + \dots$$

Contenida en un rango desde $-\pi < t < \pi$. Las Curvas de Andrews son las componentes de Fourier de los datos y el resultado para cada observación es una onda formada por funciones de seno y coseno de sus componentes. Se puede demostrar que esta representación presenta a la distancia euclídea, considerando que a dos datos que registren valores similares de las variables le van a corresponder curvas próximas (Álvarez–Olguín *et al.*, 2011).

Debido a que cada variable tiene diferente unidad de medida se realizó la estandarización de los valores con la finalidad de poder efectuar comparaciones, este proceso de estandarización consistió en restarle a cada observación su media y dividirla para la desviación estándar.

Se obtienen curvas a dos dimensiones que denotan sus amplitudes y longitudes, en donde el color de cada curva nos indicará la estación fija de donde corresponde.

En la figura 10 se muestra el gráfico resultante del análisis multivariado curvas de Andrews realizado con las variables oceánicas estandarizadas: temperatura superficial del mar y nivel medio del mar de las Estaciones de Esmeraldas, Manta, Libertad y Puerto Bolívar. Mientras que en la figura 11 se muestra el gráfico de curvas de Andrews realizado las variables meteorológicas estandarizadas: precipitación acumulada, humedad relativa, temperatura superficial del aire, presión superficial del aire, dirección y velocidad del viento de las estaciones antes mencionadas.

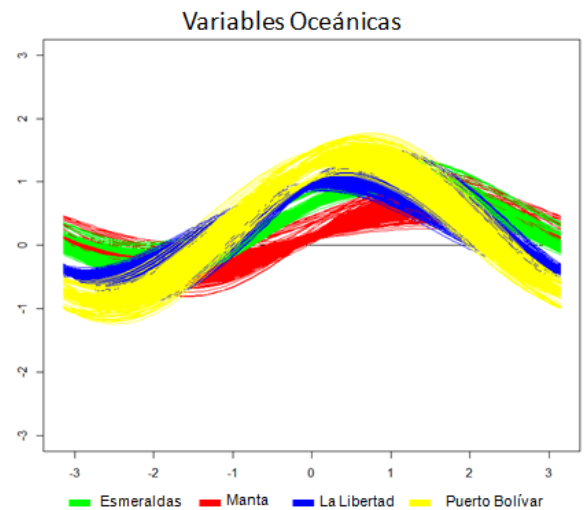


Figura 10 Curvas de Andrews: variables oceánicas.

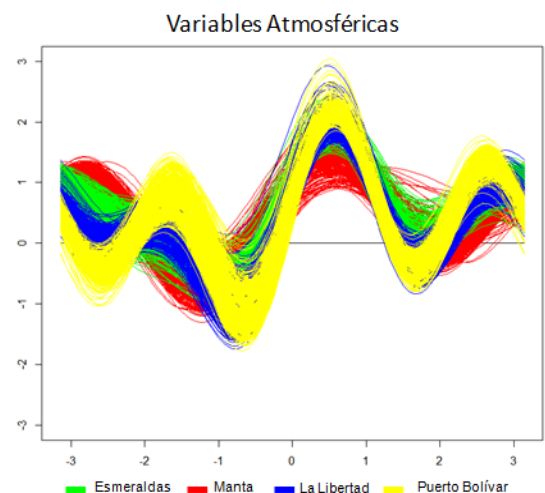


Figura 11 Curvas de Andrews: variables atmosféricas.

En las figuras 10 y 11 se observa que en lo que respecta a variables oceánicas y atmosféricas el comportamiento de las estaciones situadas al

norte del Ecuador (Esmeraldas y Manta) es similar entre sí, mientras que lo mismo ocurre con las estaciones del sur (La Libertad y Puerto Bolívar). Esto se debe a que el análisis de curvas de Andrews se lo realiza con el fin de identificar homogeneidad entre los valores de las estaciones en base a la similitud de sus curvas. Cabe recalcar que los hallazgos de este análisis tienen coherencia ya que se trabajó con las variables estandarizadas y no con las series originales.

Análisis Multivariados de variables de estaciones fijas y variables globales: Componentes Principales.

Luego de visualizar las relaciones existentes entre las distintas variables en estudio, se realizó el relacionamiento de las mismas variables junto con los parámetros globales. El método estadístico denominado Componentes Principales (Wilks, 2011) permitió una reducción en el número de variables con las que se ejecutó este análisis, pues se genera un nuevo grupo de variables denominadas Componentes Principales y cada una de estas resultan de la combinación lineal de las variables originales, con la particularidad que todas las componentes son ortogonales logrando así que no exista redundancia en la información en estos nuevos parámetros.

Previamente al uso de la técnica antes mencionada utilizamos el Análisis de Factor (Wilks, 2011), que es otro método estadístico que permite identificar un número relativamente pequeño de factores que pueden ser utilizados para representar la relación entre un conjunto de variables no correlacionadas. El modelo matemático que subyace a esta técnica es similar al de la regresión simple, es decir cada variable aparece como una combinación lineal de una serie de factores que no son observables hasta este momento. Se tiene que:

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{ik}F_k + U_i$$

Donde F_k son los factores comunes a todas las variables y U es el factor único referido a la

parte de la variable i que no puede ser explicada por los factores comunes. Los A_i son los coeficientes de cada uno de los factores. Los factores únicos se asume que no están correlacionados con el resto de los factores únicos y con los factores comunes.

Ahora para aplicar el método de Componentes Principales es necesario que exista relación entre las variables que se utilizarán para este estudio; y es así que interviene un primer índice llamado KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) (Wilks, 2011), que compara los coeficientes de correlación de Pearson de las variables de estudio con los coeficientes de correlación parcial entre variables, se obtiene de la siguiente manera:

$$KMO = \frac{r_{ij}^2; i \neq j}{r_{ij}^2 + a_{ij}^2; i \neq j}$$

Donde r_{ij} , es el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables i y j y a_{ij} , es el coeficiente de correlación parcial entre las variables i y j . Si los coeficientes de correlación parcial entre las variables son muy pequeños, quiere esto decir que la relación entre cada par de las mismas se debe o puede ser explicada por el resto y por tanto llevar a cabo un análisis factorial de los datos. Si la suma de los coeficientes de correlación parcial al cuadrado es muy pequeña, KMO será un índice muy próximo a la unidad y por tanto el análisis es un procedimiento adecuado. En cambio valores pequeños en este índice nos dan a entender todo lo contrario.

Para el caso de análisis este valor es de 0.770 y por tanto puede considerarse como factible la aplicación de éste análisis.

Otro indicador de que el análisis es procedente es el test de Bartlett (Härdle - Simar et. Al, 2007), este se utiliza para verificar si la matriz de correlaciones es una matriz de identidad. Este estadístico se obtiene a partir de la transformación χ^2 (Chi cuadrado) del determinante de la matriz de correlaciones y cuanto mayor sea y por tanto menor el grado de significancia,

más improbable que la matriz sea una matriz de identidad; en nuestro caso, con un valor de 7879,396 y un grado de significancia $p=0,00$ resulta evidente que no se trata de una matriz de identidad. Lo descrito se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 3 Análisis índice KMO vs Test de Bartlett

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		,770
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	7879,396
	gl	153
	Sig.	,000

Las comunidades que se reflejan en la tabla 4, describen el porcentaje de aportación de cada variable:

Tabla 4 Porcentaje de aportación de cada variable de estación fija y variable global

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Esm_TSA	1,000	,788
Esm_HR	1,000	,409
Esm_VV	1,000	,641
Esm_PAS	1,000	,808
Esm_Pre	1,000	,664
Man_TSA	1,000	,878
Man_HR	1,000	,661
Man_VV	1,000	,655
Man_Pre	1,000	,820
PB_TSA	1,000	,923
PB_HR	1,000	,651
PB_VV	1,000	,789
PB_Pre	1,000	,787
LL_NMM	1,000	,695
Niño_12	1,000	,921
Niño_3	1,000	,894
Niño_34	1,000	,925
Niño4	1,000	,834

Una vez obtenidos los porcentajes de aportación individuales para cada variable, se procede a explicar en la tabla 5 el total de la varianza de cada factor o componente principal, es decir recoger en porcentajes individuales y acumulados, la proporción de varianza total explicada por cada factor.

Tabla 5 Porcentaje de aportación individual y acumulada de cada variable estación fija y variable global

Componentes	Autovalores iniciales		
	Valores Propios	% de la varianza	% acumulado
1	6,646	36,921	36,921
2	3,048	16,931	53,852
3	1,510	8,388	62,241
4	1,459	8,106	70,347
5	1,081	6,006	76,352
6	,964	5,355	81,707
7	,806	3,369	85,076
8	,544	3,025	88,101
9	,451	2,507	90,608
10	,377	2,092	92,700
11	,350	1,944	94,645
12	,314	1,746	96,391
13	,204	1,131	97,522
14	,202	1,123	98,645
15	,158	,876	99,521
16	,046	,253	99,774
17	,033	,185	99,960
18	,007	,040	100,000

Se nota que los 5 factores o componentes incluidos en el modelo son capaces de explicar exactamente 76 por 100 de la variabilidad total, lo que puede interpretarse como un porcentaje aceptable.

Una vez encontrado el número de factores que absorben una alta variabilidad del fenómeno en estudio, aplicamos un método de Rotación denominado VARIMAX (Wilks, 2011) con la finalidad de ayudar a interpretar la matriz de pesos factoriales no rotada, minimizando el número de variables que hay con pesos o saturaciones elevadas en cada factor.

La matriz rotada que se muestra en la tabla 6, refleja el número de componentes que explica de mejor manera la variabilidad del fenómeno, en este caso 5 factores.

Tabla 6 Matriz de componentes rotadas

Variables	Componente				
	1	2	3	4	5
PB TSA	,824	,257	-,247	,152	-,307
PB HR	-,800	,013	-,057	,052	-,075
Niño_12	,794	,315	-,287	,268	-,191
Man TSA	,759	,387	-,147	,185	-,312
Esm Pre	,528	,066	-,350	,508	,001
Niño_34	,196	,935	-,013	-,018	,105
Niño4	-,127	,839	,220	-,148	,208
Niño_3	,549	,733	-,193	,117	-,060
Esm TSA	,434	,711	,203	,161	-,166
LL NMM	,126	,632	-,052	,312	-,425
Esm VV	-,143	,039	,786	-,017	-,024
Man VV	-,084	,101	,753	-,131	,231
Esm PAS	,170	-,157	,634	-,068	,589
Esm HR	,117	-,047	-,615	,112	,046
Man Pre	,345	,116	-,218	,798	-,055
Man HR	-,271	-,097	,062	,747	-,129
PB_Pre	,426	,147	-,210	,734	-,039
PB_VV	-,327	,140	,044	-,093	,808

Cada uno de estos factores son expresados como una combinación lineal de las variables antes mencionadas con sus respectivas cargas (pesos) o aportaciones a cada factor. Las mismas que son presentadas a continuación:

$$F_1 = 0,824 * PBTSa - 0,8000 * PBHR + 0,794 * Niño12 + 0,759 * ManTSA + 0,528 * EsmPRE$$

$$F_2 = 0,935 * Niño34 + 0,839 * Niño4 + 0,733 Niño3 + 0,711 * EsmTSA + 0,632 * LLNMM$$

$$F_3 = 0,786 * EsmVV + 0,753 * ManVV + 0,634 * EsmPAS - 0,615 * EsmHR$$

$$F_4 = 0,798 * ManPRE + 0,747 * ManHR + 0,734 PBPRE$$

$$F_5 = 0,808 * PBVV$$

Finalmente graficamos las componentes principales obtenidas. En el caso de la primera componente principal mostrada en la figura 10 se denota la estacionalidad del fenómeno, es decir muestra claramente que se está representando las estaciones seca y lluviosa.

La segunda componente principal mostrada en la figura 12 denota los casos de eventos El Niño y La Niña, claramente definidos por los puntos más altos y más bajos del mismo, en los años 1982-1983, 1988-1989, y 1997-1998 y 1999-2000.

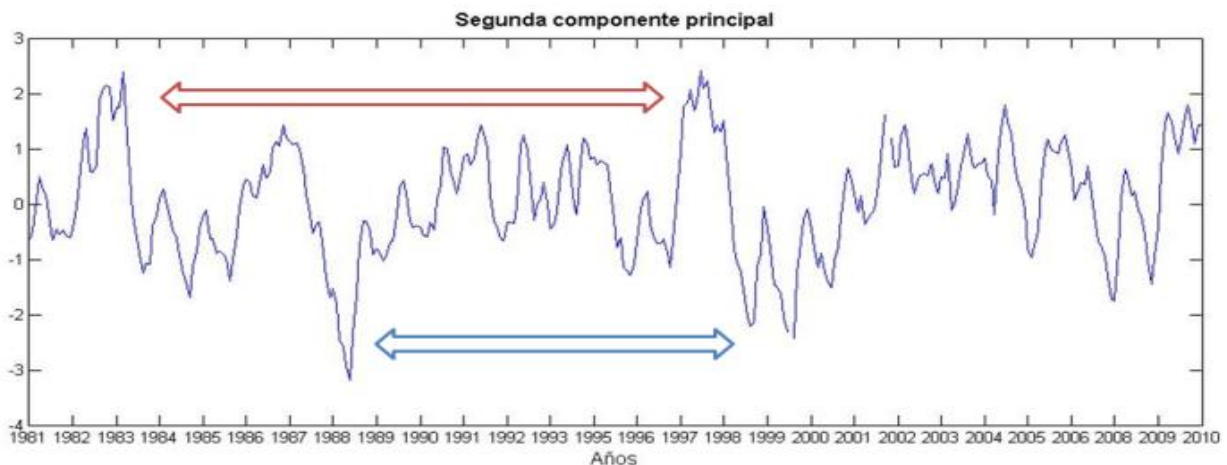


Figura 12 Gráfico de la segunda componente principal.

La primera y segunda componente principal contiene más del 50% de la varianza de los datos que representa, mientras que la tercera, cuarta y quinta componente principal denotan los ruidos de la matriz de datos.

Análisis de Periodograma.

Es un método matemático alternativo al trabajar con series temporales (y_t , $t=1, 2, 3, \dots$). Se trabaja en el dominio de la frecuencia de la serie en vez del dominio del tiempo.

Se parte del Análisis Armónico, que se fundamenta en que cualquier serie estacionaria, es decir su media y varianza no cambia en el tiempo y su covarianza sólo es función del rezago.

$$\begin{aligned} \text{Media } E y_t &= E y_{t+m} ; \forall_{t,m} \\ \text{Varianza } \text{Var } y_t &= \text{Var } y_{t+m} ; \forall_{t,m} \\ \text{Covarianza } \text{Cov } y_t, y_{t+m} &= \text{Cov } y_{t+m}, y_{t+m+k} ; \forall_{t,m,k} \end{aligned}$$

El Análisis Armónico, periódico o de Fourier como también se lo conoce, afirma que:

$$y_t = a_0 + \sum_{p=1}^{p=\frac{T}{2}} a_p \cos p\omega_0 t + b_p \sin p\omega_0 t$$

Donde:

T: Tamaño de la serie de tiempo.

ω_0 : Es la frecuencia fundamental definida por $\omega_0 = 2\pi/T$.

p: Es el movimiento conformado por una onda de seno y coseno de la misma frecuencia.

t: Es una serie que toma valores enteros entre 1 y T.

a_p y b_p : Son parámetros a estimar.

En otras palabras, el análisis de frecuencia descompone la serie de tiempo como suma de componentes periódicas y determina la frecuencia y el período de esta.

Al estimar los parámetros a_p y b_p se puede conocer el poder explicativo de los ciclos a partir de:

$$R_p^2 = \frac{a^2 + b^2}{2}$$

La representación mediante una expresión pictórica, donde el eje “y” está dado por R_p^2 y en el eje “x” se representa a “p” se denominan **Periodograma** (Emery & Thomson, 2001). Es decir un Periodograma nos muestra cada frecuencia en el eje horizontal y su intensidad en el eje vertical.

Al observar un punto máximo en el Periodograma, en una frecuencia en particular, esto indica que en los datos de la serie de tiempo existe un enmascaramiento de un ciclo. En forma concreta el análisis espectral es una descomposición de la varianza, ya que al existir un máximo en una frecuencia, esto muestra que una parte importante de la varianza total de los datos, se explica por un ciclo.

Para realizar el análisis espectral antes descrito se procedió a trabajar con las anomalías de las estaciones meteorológicas de: Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar de Precipitación y Temperatura Superficial del Mar, asimismo con los datos de los índices oceánicos Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, las mismas que se muestran en las figuras 13, 15 y 17.

Es importante resaltar que se trabajó con la serie de datos de las precipitaciones y temperatura superficial del mar de manera

mensual desde 1981 hasta 2010 y que ambas series cuentan con datos faltantes. Nótese que se incorpora una estación, la de Puerto Ayora (Galápagos), estación meteorológica que pertenece al Parque Nacional Galápagos. La idea de incorporarla es tratar de validar el procedimiento de imputación de datos que se explicará más adelante en especial en la variable de temperatura superficial del mar.

Valores faltantes de Precipitación.

Con relación a los datos de precipitación sólo se presentaron valores perdidos en la serie de datos de La Libertad para ser exactos 88. Como se indicó anteriormente el análisis de curvas de Andrews, realizado con las variables meteorológicas, determinó que existe un comportamiento similar entre las Estaciones de Libertad y Puerto Bolívar con base en la similitud entre sus curvas. Por tal motivo se procedió a imputar los valores de las anomalías de precipitación de la Estación de Puerto Bolívar en los vacíos de la serie de anomalías de precipitación de la Libertad.

Valores faltantes de Temperatura Superficial del Mar.

Con los datos de esta variable se presenta un escenario diferente al anterior, ya que sólo la serie de datos de Esmeraldas está completa en el horizonte de tiempo antes especificado (1981-2010).

Para la imputación de los datos faltantes de las estaciones de Manta, La Libertad y Puerto Bolívar se utilizaron los valores de anomalías de la grilla más cercana a las coordenadas de las estaciones fijas con la salida del modelo de asimilación de datos oceánicos Simple Ocean Data Assimilation (SODA), (Cartón y Giese, 2008), la versión 2.2.8 (SODA 2.2.8) con resolución de 0.5x0.5 grados para el periodo de datos 1981-2010. Esta versión SODA abarca un período comprendido entre 1846-2011, y es el promedio de un conjunto de 18 ensambles. La temperatura superficial del mar asimila

datos del International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS 2.5).

Periodograma de los datos observados.

Realizado el relleno de los datos faltantes de las series antes descrita se procede a realizar el estudio de análisis espectral, denotando que en el mismo se ha aislado la estacionalidad más significativa dentro de un período de un año. En los siguientes gráficos se visualizan las anomalías de las variables con sus respectivos Periodogramas.

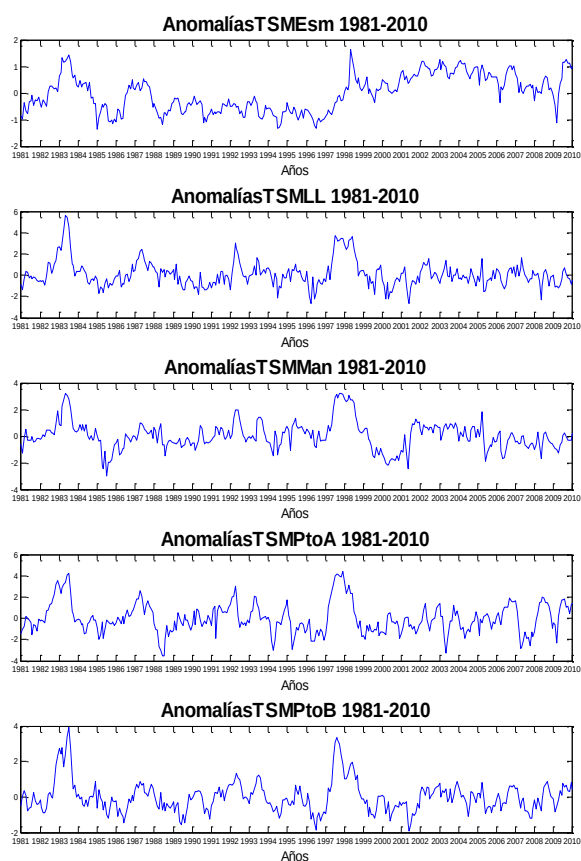


Figura 13 Gráficos de las anomalías de la TSM en las diferentes estaciones costeras.

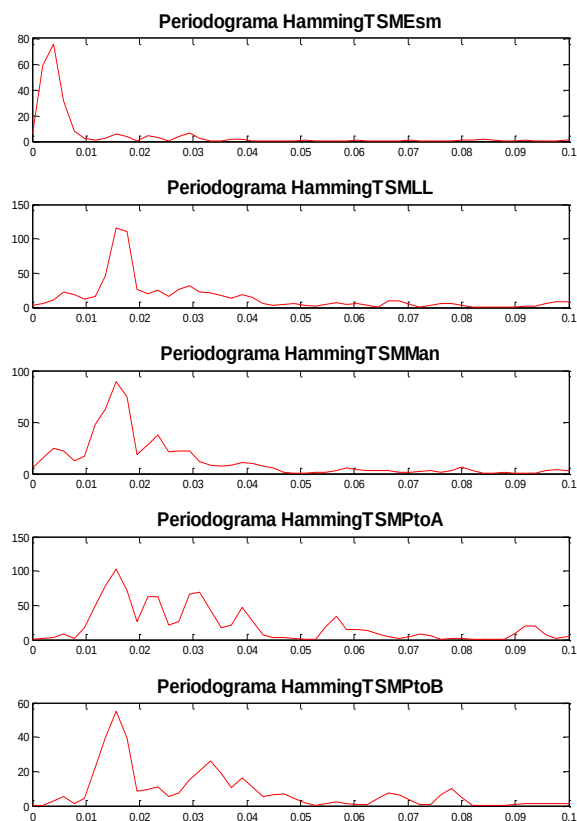


Figura 14 Gráficos de Periodogramas de la TSM en las diferentes estaciones costeras.

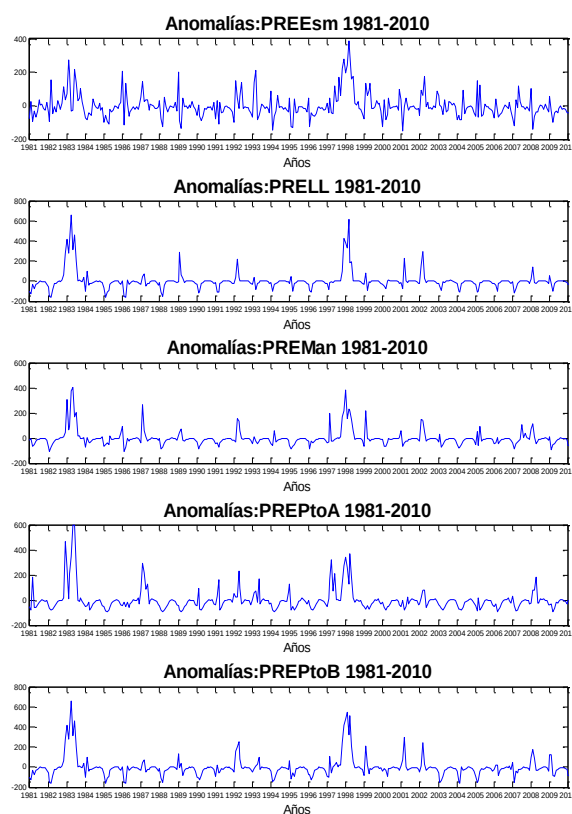


Figura 15 Gráficos de las anomalías de la Precipitación en las diferentes estaciones costeras.

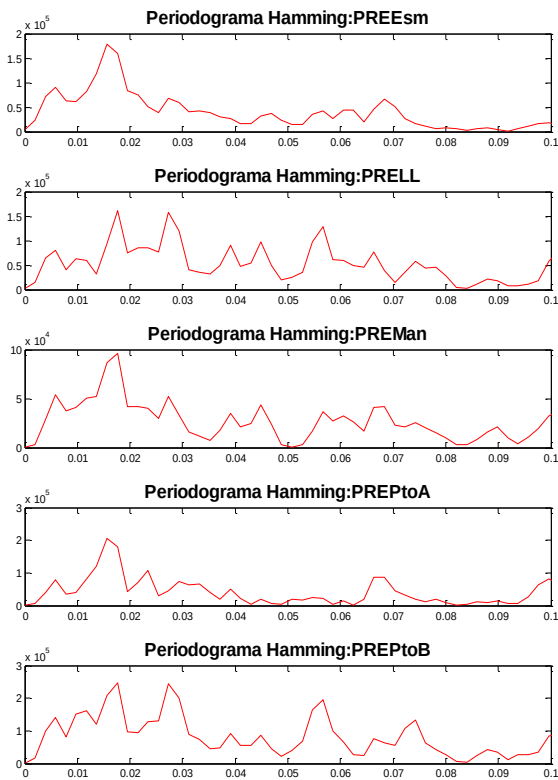


Figura 16 Gráficos de Periodogramas de la Precipitación en las diferentes estaciones costeras.

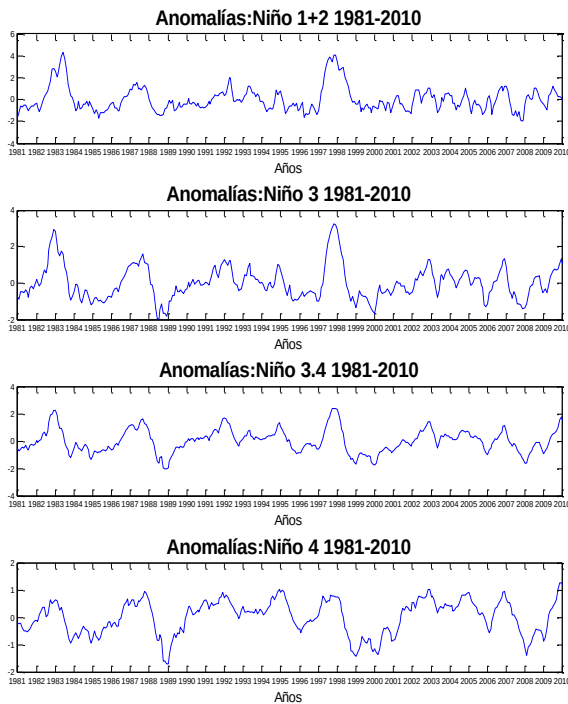


Figura 17 Gráficos de las anomalías de las variables globales en las diferentes estaciones costeras.

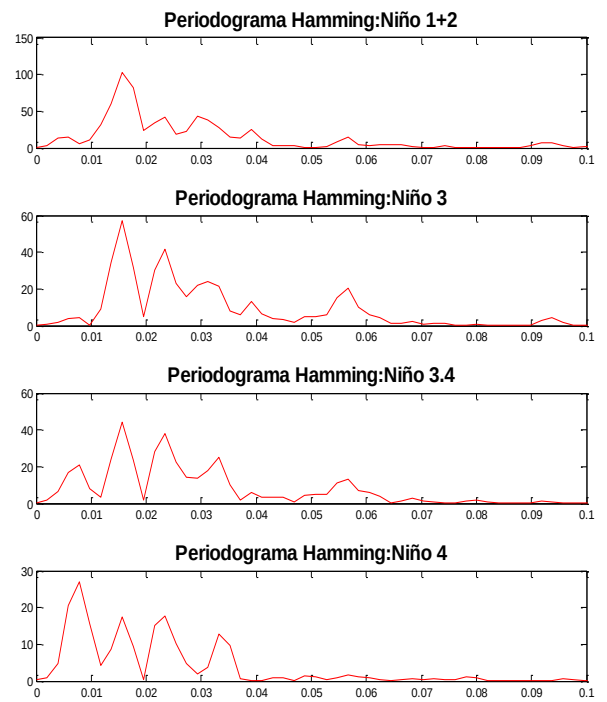


Figura 18 Gráficos de las anomalías de las variables globales en las diferentes estaciones costeras.

Lo más importante del análisis de Periodograma es localizar la frecuencia del ciclo (eje de ordenadas x) en el que se presenta la mayor proporción de varianza (eje de ordenadas y) y notar como se relacionan entre las estaciones costeras y los índices ENOS. Al observar la tabla 8 se nota que el ciclo de los índices ENOS coincide con los de la Temperaturas Superficial del Mar de La Libertad, Manta, Puerto Ayora y Puerto Bolívar; concomitantemente con las precipitaciones Esmeraldas y Puerto Ayora.

Tabla 7 Valores de frecuencias y períodos máximos de la TSM, Precipitación en las diferentes estaciones costeras y variables globales.

	'TSMEm'	'TSMML'	'TSMMan'	'TSMPTOA'	'TSMPTOB'
Valor Max PSD	75,701	115,890	89,635	102,336	55,091
Frec. Max. (Ciclo/Mes)	0,004	0,016	0,016	0,016	0,016
Período Max Año	21,333	5,333	5,333	5,333	5,333

	'PREEm'	'PRELL'	'PREMan'	'PREPtoA'	'PREPtoB'
Valor Max PSD	178075,449	160348,489	95870,5016	205880,015	246652,219
Frec. Max. (Ciclo/Mes)	0,016	0,018	0,018	0,016	0,018
Período Max Año	5,333	4,741	4,741	5,333	4,741

	'Niño 1+2'	'Niño 3'	'Niño 3.4'	'Niño 4'
Valor Max PSD	103,437	56,987	44,243	26,943
Frec. Max. (Ciclo/Mes)	0,016	0,016	0,016	0,008
Período Max Año	5,333	5,333	5,333	10,667

4. SUMARIO Y CONCLUSIONES

1. Para el presente estudio, el análisis de patrón del comportamiento de las variables océano-atmosféricas en el tiempo, y su representación gráfica contribuyeron a la determinación de los métodos de interpolación empleados, considerando en el caso de variables con un comportamiento periódico el método de Spline cúbico y para aquellas que presenten una forma sin un patrón bien definido se sugiere el empleo del método de Shaped Preserving interpolate. La variable Precipitación no se interpola en caso alguno.
2. En lo que respecta a las anomalías de las variables oceánicas y atmosféricas el comportamiento de las estaciones situadas al norte (Esmeraldas y Manta) son similares entre sí por presentar curvas de Andrews semejantes, de forma similar ocurre con las Estaciones del Sur del litoral Ecuatoriano (La Libertad y Puerto Bolívar) que se asemejan en comportamiento, permitiendo así constatar el frente ecuatoriano que demarca dos comportamientos disimiles en la región norte y sur del Ecuador. Las variables capturadas en las estaciones de monitoreo del INOCAR situadas al norte del Ecuador están relacionadas entre sí, de igual forma ocurre con las variables procedentes de las estaciones del sur.
3. El análisis de componentes principales permitió reflejar que la primera componente principal denota la estacionalidad del fenómeno, es decir, que para el presente estudio, muestra claramente que se está representando las estaciones seca y lluviosa.
4. La segunda componente principal denota los casos de eventos El Niño y La Niña claramente definidos por los picos más altos y más bajos de la curva de la componente.
5. Las componentes tres, cuatro y cinco denotan los ruidos de la matriz de datos.
6. Se observa que cada 5.33 años se produce un ciclo de ocurrencia en el espectro de las series de los índices ENOS, el cual coincide con la intensidad de los espectros de la serie de datos de temperatura superficial del mar y precipitación de las estaciones de Puerto Ayora, La Libertad, Manta y Puerto Bolívar.
7. El procedimiento del relleno de datos faltantes para la serie de TSM de las estaciones costeras con datos provenientes de SODA 2.2.8 es considerado válido ya que se observó que la mayor intensidad de los espectros de la TSM coinciden con la mayor intensidad de los espectros de los índices ENOS.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo, desean expresar sus sinceros agradecimientos a los directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada, en especial al TNNV-TNC Willington Rentería y al personal técnico del departamento de Ciencias del Mar, quienes brindaron su apoyo y guía técnica para el desarrollo de los análisis realizados, durante el periodo en que se llevó a cabo el Proyecto ENOS julio 2013 a diciembre 2014.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Olguín, Hotait-Salas & Sustaita-Rivera, F. (2011) Identificación de regiones hidrológicas homogéneas mediante análisis multivariado. *Ing. Invest. ytecnol.* 2.
- Andrews, D. F. (1972) Plots of high-dimensional data. *International Biometric Society*, 18(1), 125-136.
- Box, G. & Hunter, W. (2006). - *Estadística para Investigadores*; España; Editorial Reverté. Primera edición.
- Correa, J. (2002) *Gráficos Estadísticos con R*; Colombia; Universidad Nacional sede Medellín. Pág.102-105.

De Boor, C. (2001) *A Practical Guide to Splines*.USA; Editorial Springer.

Emery W. & Thomson R. (2001). - *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*; USA; Editorial Elsevier. Segunda edición.

Härdle W. - Simar L. (2007) *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Verlag Berlin Heidelberg; Editorial Springer.

Pérez, C.(2013)*Estadística con Matlab: ejemplos y ejercicios resueltos*.USA; Editorial Lexington.Primer edición.

Wilks, D. S. (2011) *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*.USA; Editorial Elsevier. Tercera edición.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN JARAMIJÓ DURANTE LA ÉPOCA SECA Y HÚMEDA, PERÍODO 2012-2013

Juan Regalado¹
Henry Gálvez²

RESUMEN

Con el fin de conocer el comportamiento de las condiciones climáticas predominantes en Jaramijó (Base Naval de Jaramijo-BASJAR), provincia de Manabí, durante la época seca y húmeda del periodo diciembre 2012 - noviembre 2013, se realizó el análisis a la serie de datos del monitoreo realizado in situ, y se los comparó con los datos del mismo periodo y con la climatología de la estación meteorológica convencional de Manta, por ser esta la estación más cercana al sitio de estudio, con un periodo de monitoreo de más de 40 años, con iguales características de vegetación y topográficas.

Este estudio se realizó con el objetivo de conocer el comportamiento anual de los principales parámetros que caracterizan el clima de la zona de Jaramijó: temperatura del aire, humedad relativa, viento y precipitación. De los análisis realizados se puede determinar que los promedios mensuales de la temperatura superficial del aire, la humedad relativa y las velocidades de los vientos en Jaramijó se presentaron menores a los registrados en Manta y a su normal climatológica presente sobre el área de monitoreo (BASJAR). Sin embargo se observaron ráfagas considerables que alcanzaron los 13 m/s hacia los meses de septiembre, octubre y noviembre; la dirección predominante del viento durante el año fue del S-SW, sin embargo se destaca la presencia de vientos de componente del Norte durante la época húmeda; los acumulados mensuales de las precipitaciones durante la época húmeda, en el área de Jaramijó se registraron sobre las normales y ligeramente sobre las registradas sobre el área de la estación de Manta

ABSTRACT

In order to know the behavior of the prevailing climatic conditions of Jaramijó, province of Manabí, during the dry and wet seasons of the December 2012 to November 2013 period, an analysis of the in situ monitoring data series was performed. The series were compared with data from the same period and the climatology of the meteorological station of Manta, given that it is the closest station to the study area, with a monitoring period of more than 40 years, with similar characteristics of vegetation and topography.

The goal of this study was to know the annual behavior of the main parameters that characterize the area of Jaramijó: air temperature, relative humidity, wind and precipitation. From the analysis performed, it was determined that the monthly averages of Air Surface Temperature, Relative Humidity, the Wind Velocities in Jaramijó were smaller than those registered in Manta. However, there were considerable wind gusts that reached 13 m/s which were observed towards the months of September, October and November. The predominant wind direction during the year were S-SW; however winds with Northern direction are highlighted during the wet season. The monthly accumulated precipitation during wet season, in the area of Jaramijó, were above the normal values and slightly above those registered on the area of the Manta station.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5949 Guayaquil-Ecuador. Fax 59342485166. climatología@inocar.mil.ec

² Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5949 Guayaquil-Ecuador. Fax 59342485166 henry.galvez@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

En general se relaciona el clima con el comportamiento de los diferentes parámetros meteorológicos.

Los principales parámetros a considerarse en este análisis de comportamiento de las condiciones climáticas a lo largo del tiempo fueron: Temperatura Superficial del Aire, Humedad Relativa, Viento y Precipitación.

Por las características climáticas de vegetación y orográficas similares a las de Manta, y de acuerdo a la clasificación de Koeppen

(Blandin, 1976), se considera a la zona de estudio, Base Naval de Jaramijó (BASJAR) como Tropical Monzón.

El área de la Bahía de Jaramijó, sobre la cual se encuentra la zona de monitoreo, pertenece a la zona costera central, en la provincia de Manabí, y se extiende desde el sur de Crucita ($0^{\circ} 53' 01''$ S, $80^{\circ} 39' 32''$ O) hasta punta Jaramijó ($0^{\circ} 55' 54''$ S, $80^{\circ} 39' 52''$ O), en esta bahía desemboca el río Jaramijó que atraviesa por el centro del pueblo del mismo nombre, en la época seca tiene un caudal casi nulo y en la época húmeda incrementa su caudal. Figura 1.

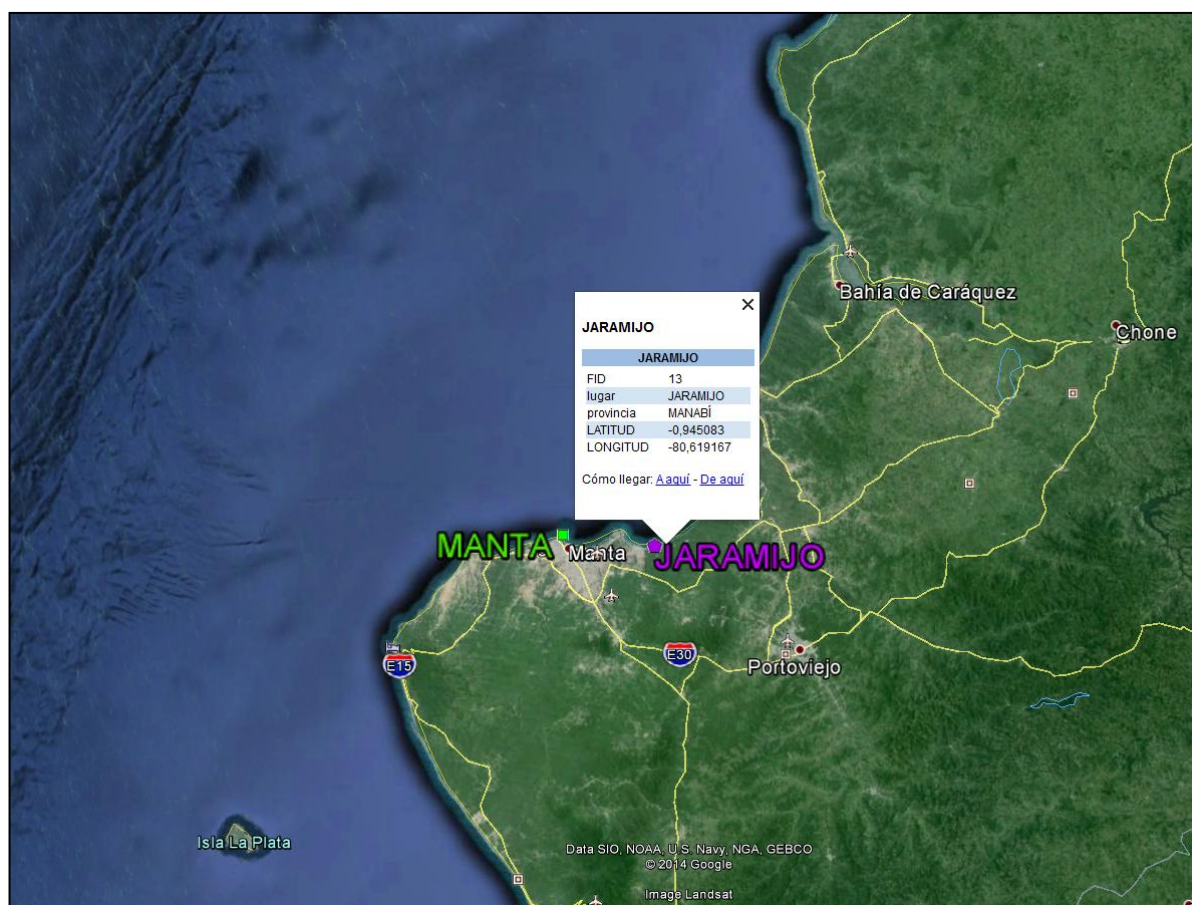


Figura 1.- Mapa del área de estudio, fuente Google Earth

Las precipitaciones se presentan generalmente en Manta, entre los meses de diciembre a mayo, manteniendo un acumulado del periodo de 317 mm, siendo febrero el mes con el mayor acumulado mensual con un promedio de 109.4 mm (Base de Datos del INOCAR), conservando el régimen natural de lluvias de la región

costa o litoral. Durante eventos ENOS de magnitud fuertes registrados en años anteriores, las precipitaciones mensuales han superado ampliamente estos acumulados.

Los valores de temperaturas del aire durante los meses de diciembre a mayo presentan sus

mayores valores; con una temperatura promedio de 26°C, la máxima temperatura alcanzada en la zona fue 35.5°C.

La humedad relativa así mismo se manifiesta en los meses de lluvia con valores entre 100% y 50%, no así en la época seca, que es más homogénea, con promedios entre 80 y 70%.

Los vientos predominantes son del cuadrante SW con intensidades promedios de 5 m/s, presentando mayores intensidades durante la época seca, según registros históricos de Manta se registraron vientos muy fuertes mayores a 15 m/s en Manta a inicios de octubre del 2010.

METODOLOGÍA

Para este estudio se consideró el monitoreo de los siguientes parámetros meteorológicos: Precipitación, Temperatura Superficial del Aire, Humedad Relativa y Viento (Dirección y Velocidad), obtenidos a través de la estación meteorológica automática marca "DAVIS", la misma que estuvo instalada junto al área de vivienda "ARCADIA" de la Base Naval de Jaramijó (Lat.: 00° 56'42.3" Sur y Long.: 080°37'09.0" Oeste) desde diciembre/2012 a noviembre/2013.

La estación meteorológica fue configurada para almacenar los promedios horarios de los diferentes parámetros meteorológicos.

La información obtenida fue analizada y comparada con la climatología de la estación convencional e información de la estación automática de Manta (Autoridad Portuaria), ya que no existe climatología conocida del área de BASJAR o de algún sitio más cercano.

De la climatología de la estación convencional de Manta-INOCAR (1975-2013), se consideraron las normales del periodo 1981-2010 (recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial-OMM, 2007).

RESULTADOS

1.- PRECIPITACIÓN

Los acumulados mensuales de precipitaciones en Jaramijó (BASJAR) durante el periodo de monitoreo diciembre 2012-noviembre 2013, se presentaron con un comportamiento similar al de la estación de Manta, y al de la normal mensual del periodo 1981-2010 de la estación Manta.

Durante la época húmeda (diciembre/2012-mayo/2013), las precipitaciones empezaron hacia las 22h00 del 31 diciembre, fue notable el incremento de las precipitaciones durante los meses de enero (129.8 mm) y marzo (152.6 mm), así como también la disminución de las precipitaciones durante el mes de febrero (73.0 mm) y abril (75.2 mm), hacia el mes de mayo las precipitaciones disminuyeron considerablemente (6.8 mm).

Las precipitaciones que se presentaron en la zona de BASJAR fueron ligeramente mayores a las que se presentaron en Manta, y en ambos casos estas estuvieron sobre la normal climatológica de Manta.

Durante la época seca (junio-noviembre) las precipitaciones disminuyeron considerablemente por debajo de las normales, siendo nulas en los meses de agosto, septiembre y noviembre. Figura 1.1

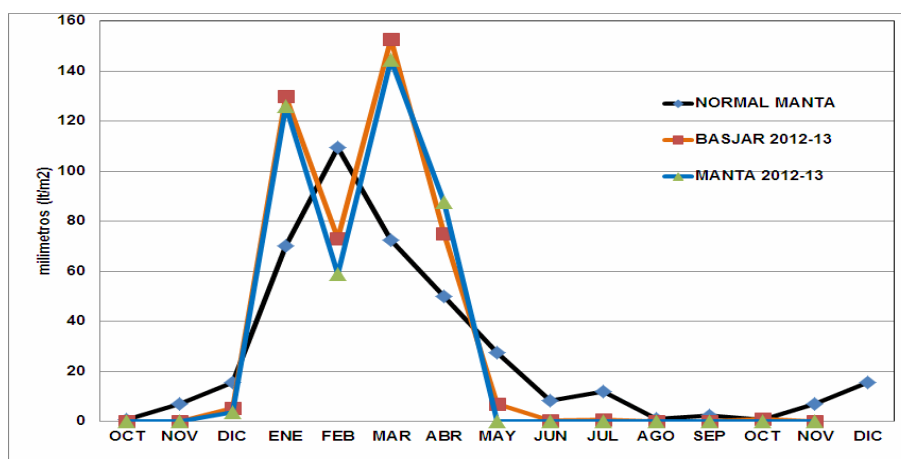


Figura 1.1.- Acumulados mensuales de precipitaciones en las estaciones de Jaramijó (BASJAR) y Manta, época húmeda y época seca. Dic./2012-Nov/ 2013

Los valores acumulados del periodo diciembre/2012-mayo/2013 superaron los valores normales de la época de dicho periodo, pero fueron muy inferiores a los registrados en

Manta durante la presencia de eventos ENOS cálidos extremos como los de 1982-1983 y 1997-1998. Figura 1.2

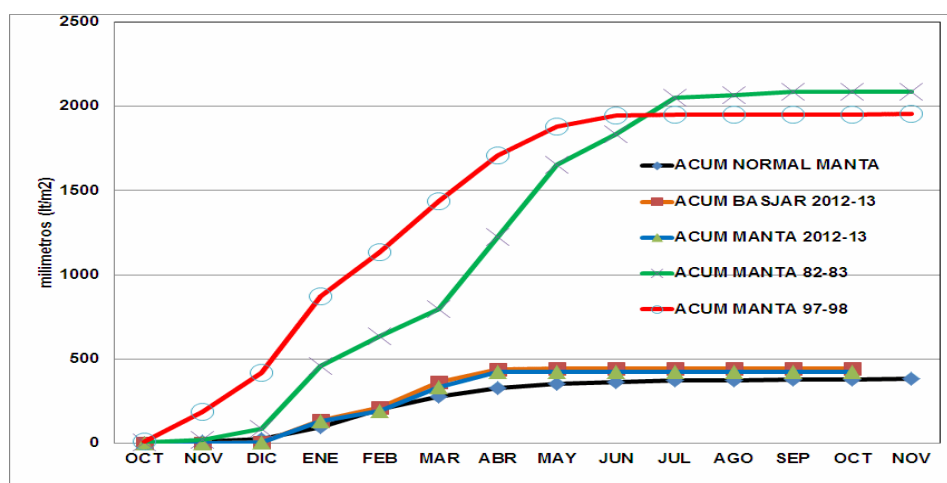


Figura 1.2.- Precipitaciones mensuales acumuladas en las estaciones de Jaramijó (BASJAR) y Manta, durante el periodo Dic./2012-Nov/ 2013.

2.- TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AIRE

Las temperaturas del aire que se registraron durante el periodo de monitoreo de diciembre/2012-noviembre/2013 sobre el área de Jaramijó (BASJAR) presentaron un comportamiento similar al presentado en la estación de Manta y al de los valores normales del mismo periodo. Los promedios mensuales registrados en Jaramijó fueron inferiores a los registrados en MANTA y a las normales mensuales de la estación de Manta. Figura 1.3.

Durante la época húmeda, los valores de temperatura del aire, media horaria, registraron un promedio de 25.0°C, con un valor máximo de 31.1°C (diciembre) y mínimo de 20.9°C (abril y mayo).

Durante la época seca, los valores de temperatura del aire, media horaria, registraron un promedio de 23.1°C, con un valor máximo de 29.8°C (septiembre y noviembre) y mínimo de 19.6°C (agosto).

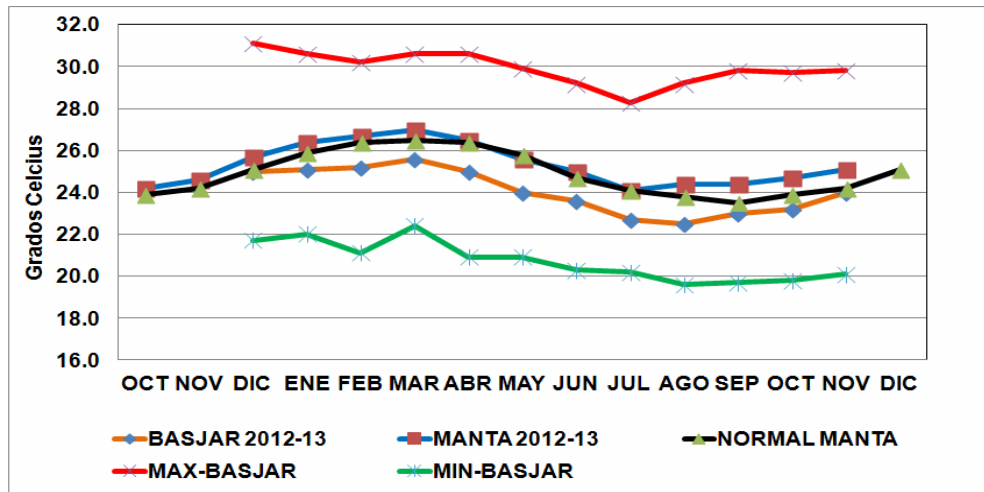


Figura 1.3.- Promedios mensuales de temperatura superficial del aire en las estaciones de Jaramijo (BASJAR) y Manta, Dic./2012-Nov/ 2013

3. HUMEDAD RELATIVA: DICIEMBRE/ 2012-NOVIEMBRE/2013

Durante el periodo de monitoreo los promedios mensuales de humedad relativa de BASJAR, sobre el área de Jaramijó (BASJAR) presentaron un comportamiento similar al presentado en la estación de Manta y al de los valores normales. Los promedios mensuales en BASJAR registraron valores sobre la normal climatológica y sobre los promedios mensuales de MANTA. Figura 1.4.

Durante la época húmeda, los valores de humedad relativa, media horaria, registraron un promedio de 88%, con un valor máximo de 99% en los meses de febrero, marzo y abril, y mínimo de 50% (abril y mayo).

Durante la época seca, los valores de humedad relativa, media horaria, registraron un promedio de 85%, con un valor máximo de 97% en el mes de julio, y un mínimo de 58% en el mes de septiembre.

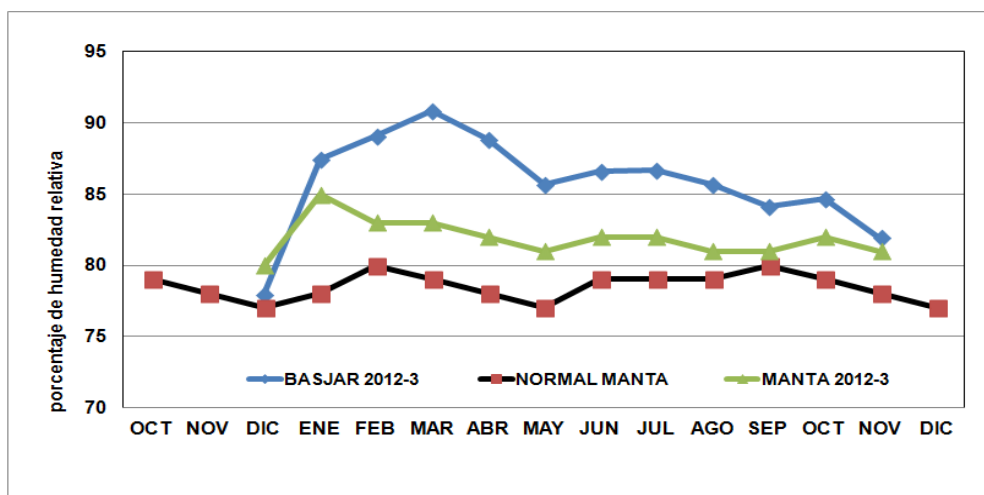


Figura 1.4.- Promedios mensuales de Humedad Relativa del aire en las estaciones de Jaramijó (BASJAR) y Manta, Dic./2012-Nov/ 2013

4.1 FUERZA DEL VIENTO: - DICIEMBRE/2012-NOVIEMBRE/2013

La velocidad media de los vientos horarios registrados sobre el área de BASJAR fue de 1.9

m/s durante el periodo de monitoreo, con intensidades que oscilaron entre las calmas, que se registraron en determinadas horas del día, durante todo el año y 10.3 m/s registrada en el mes de septiembre.

Durante la época húmeda, los vientos alcanzaron medias horarias de hasta 9.8 m/s (diciembre/2012). Las ráfagas o vientos máximos alcanzaron 12.1 m/s en el mismo mes.

Durante la época seca los vientos alcanzaron valores promedios horarios de hasta 10.3 m/s (septiembre/2013). Las ráfagas alcanzaron 13.0 m/s en el mismo mes. Figura 1.5.

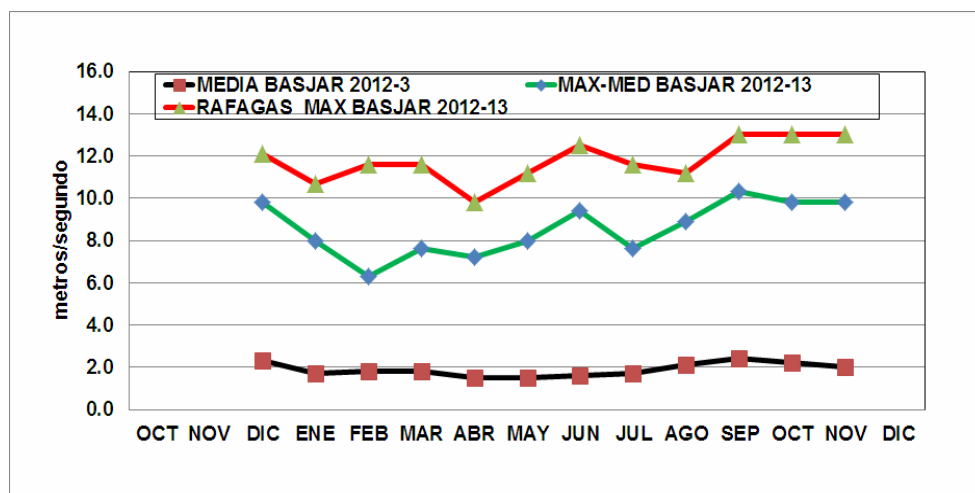


Figura 1.5.- Promedios mensuales de velocidad de vientos en las estaciones de Jaramijo (BASJAR) y Manta, Dic/2012-Nov/ 2013

4.2 DIRECCIÓN DEL VIENTO - DICIEMBRE/2012-NOVIEMBRE/2013

Durante la época húmeda (diciembre/2012-mayo/2013) sobre el área de Jaramijó

(BASJAR) se observaron vientos con una distribución predominante del SE-SW (56%), y presencia de vientos del cuadrante WNW-NNW (26%). Figura 1.6.

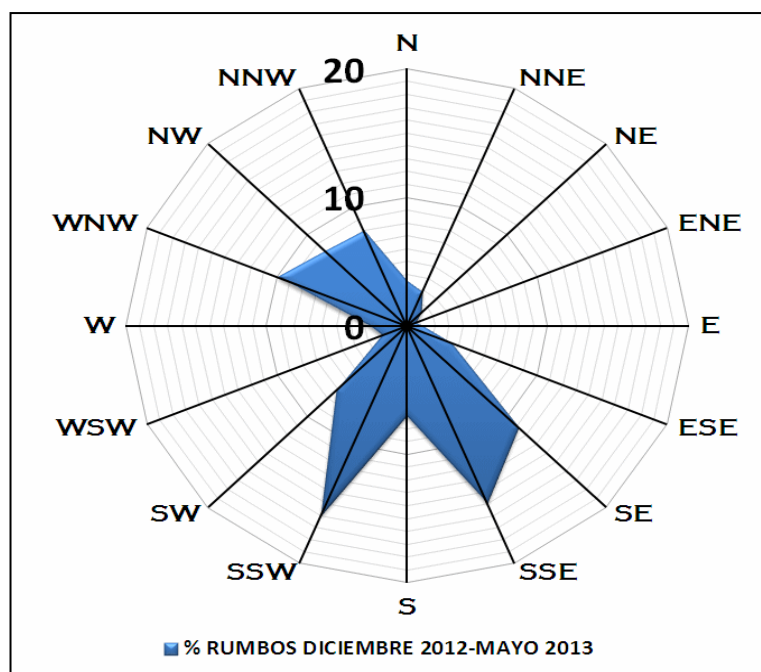


Figura 1.6.- Frecuencias de dirección de vientos horarios, en época húmeda (Diciembre/2012-Noviembre/ 2013) en Jaramijó (BASJAR).

Durante la época seca (junio-noviembre/2013) sobre el área de Jaramijó se registraron vientos predominantes del cuadrante S-SW (71%), y

presencia de vientos del cuadrante WNW-NNW (18%). Figura 1.7.

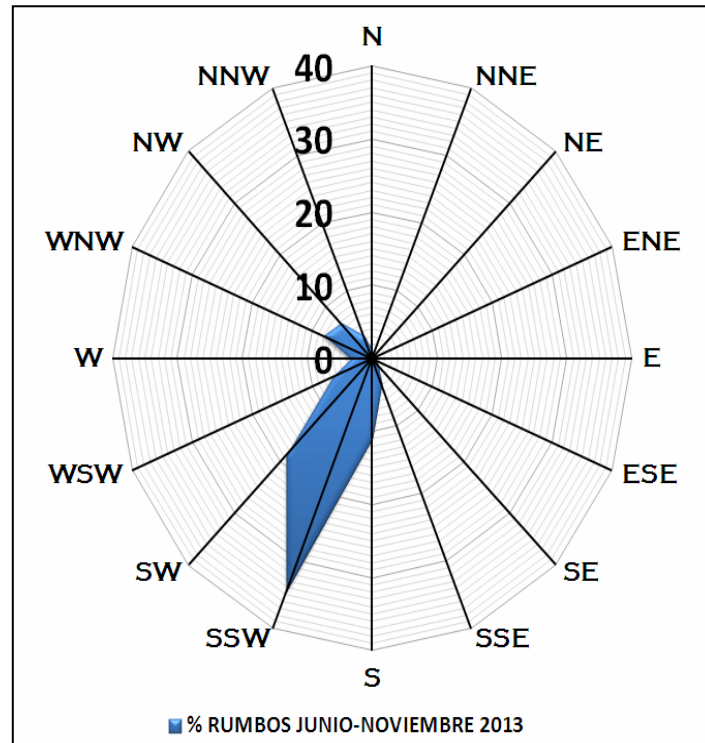


Figura 1.7.- Frecuencias de dirección de vientos horarios, en Época húmeda (Diciembre/2012-Noviembre/ 2013) en Jaramijó (BASJAR).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN:

Se evidenció que las condiciones climáticas que se presentaron en Jaramijó durante la época seca y húmeda, durante el periodo 2012-2013, fueron las siguientes:

Los acumulados mensuales de las precipitaciones durante la época húmeda, se registraron sobre sus valores normales y ligeramente sobre los datos registrados en el área de la estación de Manta.

Los promedios mensuales de la temperatura superficial del aire sobre BASJAR se presentaron menores a los registrados en Manta y de la normal climatológica de Manta.

La humedad relativa sobre el área de monitoreo, presentó valores sobre los promedios de Manta y de la normal climatológica.

Las velocidades de los vientos que se presentaron sobre BASJAR estuvieron menores a los presentados en Manta. Sin embargo se registraron ráfagas considerables durante los meses de septiembre, octubre y noviembre que alcanzaron velocidades de hasta 13 m/s en septiembre 2013.

La dirección predominante del viento fue de las componentes Sur y Suroeste, sin embargo se evidenció la presencia de vientos de la componente norte, durante la época húmeda.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al señor Director del INOCAR CPNV-EMC Humberto Gómez, al Jefe del departamento de Ciencias del Mar TNNV-SU Carlos Perugachi, por brindar el apoyo necesario para la elaboración de este artículo y al señor CPCB-TNC Edwin Pinto por la asistencia brindada en su revisión.

BIBLIOGRAFÍA

Blandin-INAMHI, 1969 y 1989. “Análisis y Estudios Climatológicos en el Ecuador”, Pp. 33-52

Gálvez, Henry y Juan Regalado. 2007, Características de las precipitaciones, la temperatura del aire y los vientos en la costa ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 14 No.1

OMM, 2007. Función de las Normales Climatológicas en un clima cambiante, Organización

Meteorológica Mundial, Ginebra, marzo 2007.

Del Salto, María. Gálvez, Henry y Juan Regalado. 2013, Análisis del Comportamiento Climático de los Últimos 30 Años, en las Costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar Durante la Época Húmeda. Acta Oceanográfica del Pacífico VOL. 18 N° 1.

Base de Datos del, Sistema de Información Hidrográfica y Oceanográfica (SIHO)-INOCAR.

PRODUCTIVIDAD PLANCTÓNICA EN LA BAHÍA DE PEDERNALES, MANABÍ-ECUADOR DURANTE EL 2013

Christian Naranjo ¹
María Elena Tapia ¹

RESUMEN

Las zonas marinas del Ecuador han sido estudiadas en algunos sitios, y en especial en el Golfo de Guayaquil, pero existen otros sitios como la Bahía de Pedernales, Manabí que merece ser estudiados por tal motivo, se desarrolló una evaluación desde el punto de vista biológico durante el 2013.

*Se presentó una relación inversamente proporcional entre una baja productividad de clorofila a y una elevada biomasa de zooplancton, y viceversa durante la época húmeda y seca respectivamente, durante el 2013, estos patrones de productividad planctónica posiblemente obedecen a un pastoreo de copépodo herbívoro y Cladóceros debido a la presencia de las especies *Penillia avirrostris* y *Evadne tergestina* sobre la disponibilidad de fitoplancton principalmente de diatomeas.*

En cuanto a la diversidad planctónica se presentó una mayor riqueza de especies (s), equitabilidad (E) durante la época seca en comparación a la época húmeda del 2013.

*Las especies de fitoplancton que fueron frecuentes en las 2 épocas estacionales fueron *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Dinophysis caudata* y *Chaetoceros coarctatus* y de zooplancton fueron *Penillia avirrostris*, *Evadne tergestina*, *Sagitta enflata*, *S. neglecta*, *S. minima*, *S. bedoti*, *S. peruviana*, siendo esta última especie con mayor abundancia durante la época seca que caracteriza la presencia de aguas frías.*

Cualitativamente se determinó un mayor número de especies durante la época seca, sin embargo mediante un análisis estadístico empleando una prueba de t de student no se encontraron diferencias significativas comparando las medias de abundancia poblacional de las comunidades del fitoplancton y zooplancton comparando las estaciones alejadas, intermedias y cercanas a la costa durante las épocas húmeda y seca del 2013.

Palabras claves: *Diversidad, plancton, productividad, bahía, especies.*

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil- Ecuador. Fax (5934) 485166. Email: christian.naranjo@inocar.mil.ec-maria.tapia@inocar.mil.ec

ABSTRACT

Marine areas of Ecuador have been studied in some places, especially in the Gulf of Guayaquil, but other sites like Bay Pedernales, Manabi that deserves to be studied for this reason, an assessment was developed from the biological point of view during 2013.

*An inverse relationship between low productivity of chlorophyll a and high zooplankton biomass, and vice versa during the wet season dry respectively occurred during 2013, these patterns of planktonic productivity possibly follow a grazing herbivore copepod and cladoceran due to the presence of species and *Evadne tergestina* *Penillia avirrostris* availability diatomaceous primarily phytoplankton.*

As for the planktonic diversity had a higher species richness (s), evenness (E) during the dry season compared to the wet season of 2013.

*Phytoplankton species that were common in the two seasonal periods were *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Dinophysis caudata* and *Chaetoceros coartatus* and zooplankton were *Penillia avirrostris*, *Evadne tergestina*, *enflata* *Sagitta*, *S. neglecta*, *S. minima*, *S. bedoti*, *S. peruviana*, latter being most abundant species during the dry season which characterizes the presence of cold water.*

Qualitatively, a greater number of species during the dry season was determined, however by statistical analysis using a Student t test no significant differences were found comparing the means of population abundance of phytoplankton and zooplankton communities comparing remote stations, intermediate and near the coast during the wet and dry seasons of 2013.

Key Words: *Diversity, plankton, productivity, bay, species.*

INTRODUCCIÓN

Las áreas de alta productividad de plancton y pesquera son importantes determinarlas en la zona marina costera del Ecuador, por lo tanto es necesario conocer la distribución y composición de los primeros niveles tróficos de la cadena alimentaria marina.

El plancton está relacionado principalmente por los modelos de circulación y por las propiedades físicas, químicas y biológicas relacionadas a las fases oceanográficas de diferentes escalas (Mullin, 1993).

Las investigaciones han determinado que en áreas de alta productividad pesquera, el plancton es muy abundante; por lo tanto es necesario conocer la distribución y composición del mismo, de tal forma se conocerá la disponibilidad del alimento, y la trama de la cadena alimentaria o la transferencia de energía entre los diferentes organismos.

El patrón del clima en la región Pacífico Oriental tiene un marcado efecto sobre las condiciones oceanográficas en la zona costera del Ecuador e incluso modula la variabilidad en la circulación de la temperatura, salinidad, clorofila superficial local (Jiménez, 2008).

En el océano los organismos planctónicos se distribuyen espacialmente con el objetivo de aprovechar las condiciones del entorno que les permiten desarrollarse, dándose origen de esta forma a una serie de interacciones con las variables abióticas y bióticas existentes (consumo, depredación, competencia, etc) que finalmente determinan un patrón estructural en función de tiempo y espacio la misma que está determinada en gran medida por los movimientos y características de las masas de agua (Prado & Cajas, 2010).

En este artículo se presenta un análisis de la productividad del plancton y como la variación estacional influye en la composición de las especies planctónicas y cuya presencia carac-

terizan condiciones consideradas “normales” para las condiciones oceanográficas en el Pacífico Central.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Bahía de Pedernales se efectuaron arrastres planctónicos en la capa superficial distribuidas en 21 estaciones ubicadas en 7 perfiles paralelo a la costa (Fig. 1).

Los arrastres superficiales se efectuaron durante 10 minutos a una velocidad aproximada de 2 nudos, para ello se emplearon redes con características cilindro cónica simple, con 30 cm de diámetro de la boca de la red y con una abertura de malla de 50μ y 335μ para coleccionar muestras de fitoplancton y zooplancton respectivamente. En el centro de la boca de la red se colocaron flujómetros previamente calibrados, con la finalidad de registrar las revoluciones iniciales y finales durante cada lance, estos datos sirven para calcular el volumen de agua filtrada.

Adicionalmente se efectuaron arrastres verticales en las estaciones ubicadas en el veril de los 20 m de profundidad.

Posteriormente las muestras coleccionadas de zooplancton fueron fijadas con solución de formaldehído al 4% previamente neutralizado con tetraborato de sodio (Bórax).

Se coleccionó un litro de agua marina empleando una botella Van Dorn a nivel superficial en cada estación para conocer la producción primaria medido por medio de la clorofila *a*.

En el laboratorio se procedió a extraer alícuotas, empleando un separador de Folsom (Mc Ewen, 1954), que tiene una capacidad de 500 cc, y en el caso que la biomasa planctónica coleccionada era escasa se procedió analizar toda la muestra zooplanctónica.

Posteriormente se realizó el tratamiento de las muestras de clorofila empleando el equipo

Fluorómetro Turner y para los cálculos se emplearon las ecuaciones descritas en el

método de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

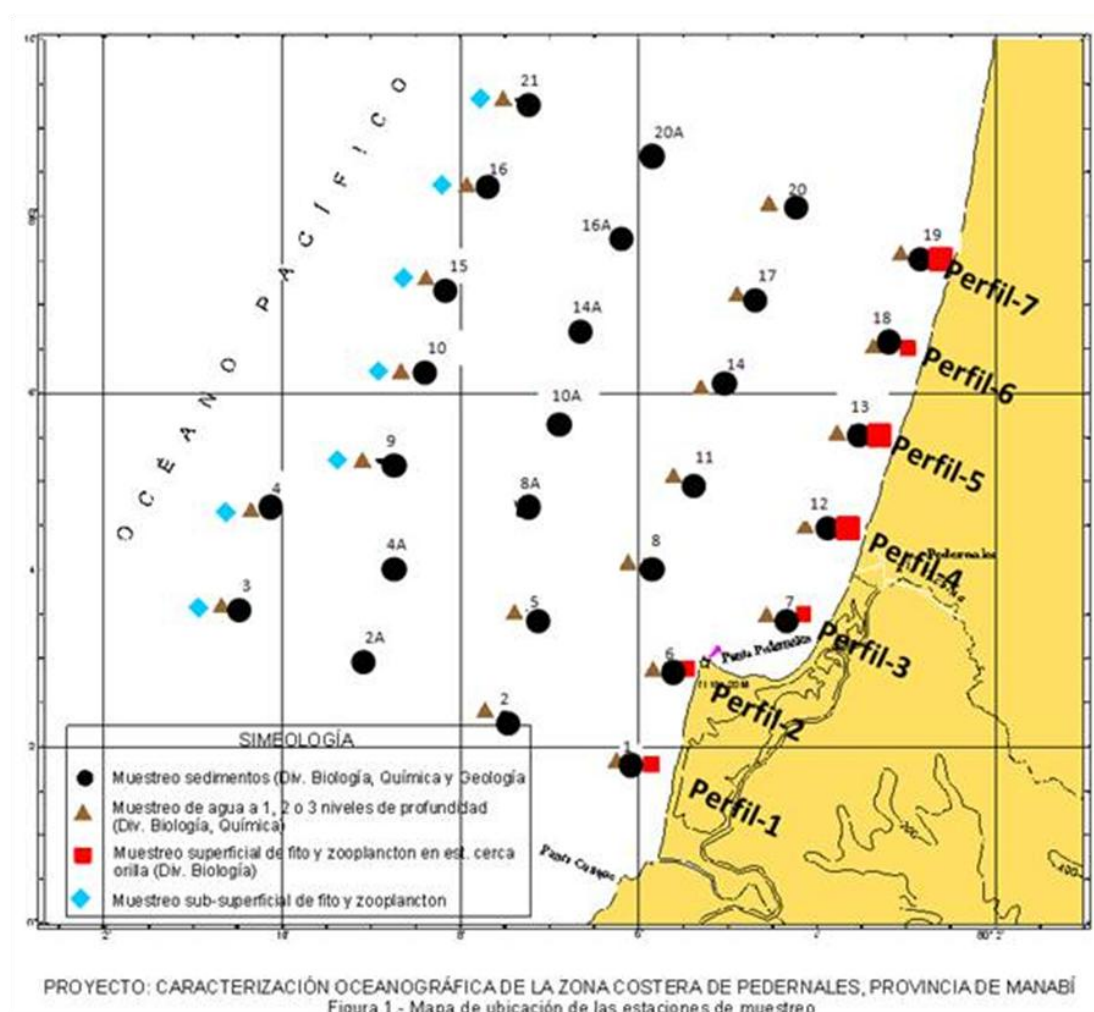


Fig. 1. Ubicación del área de estudio en Pedernales, durante abril y septiembre del 2013.

Para la identificación de las especies de fitoplancton se utilizaron los Manuales de Jiménez (1983), Pesantes (1983), Zambrano (1983), autores que han investigado las especies de fitoplancton en el Golfo de Guayaquil.

Para la determinación de las especies de zooplancton y especialmente de los quetognatos se utilizaron las claves taxonómicas del trabajo realizado por Bonilla (1983); Manual de Introducción al Estudio del Zooplancton Marino, Capítulo XIV Chaetognatha de Gasca R. & E. Suárez (1996); Bieri R. & D. Bonilla, (1982); Alvarino A. (1963); Sund P. (1961).

De los datos obtenidos se emplearon los índices de Shannon & Weaver, (1964) uniformidad

para establecer la diversidad y la homogeneidad de las poblaciones planctónicas. Así también se efectuó un análisis estadístico empleando la prueba de t student para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de abundancia poblacional del fitoplancton y zooplancton comparando con la época húmeda y seca.

RESULTADOS

¿La estacionalidad Influenció en la distribución de los grupos del zooplancton y en especial de los quetognatos en la Bahía de Pedernales?

ÉPOCA HÚMEDA

Durante la época húmeda las mayores densidades de organismos zooplanctónicos se encontraron en las estaciones 12 con valores de 195976 Org/100 m³ respectivamente.

La menor densidad de organismos se observó en la estación 19 con un valor de 2204 Org/100 m³ (Fig. 2).

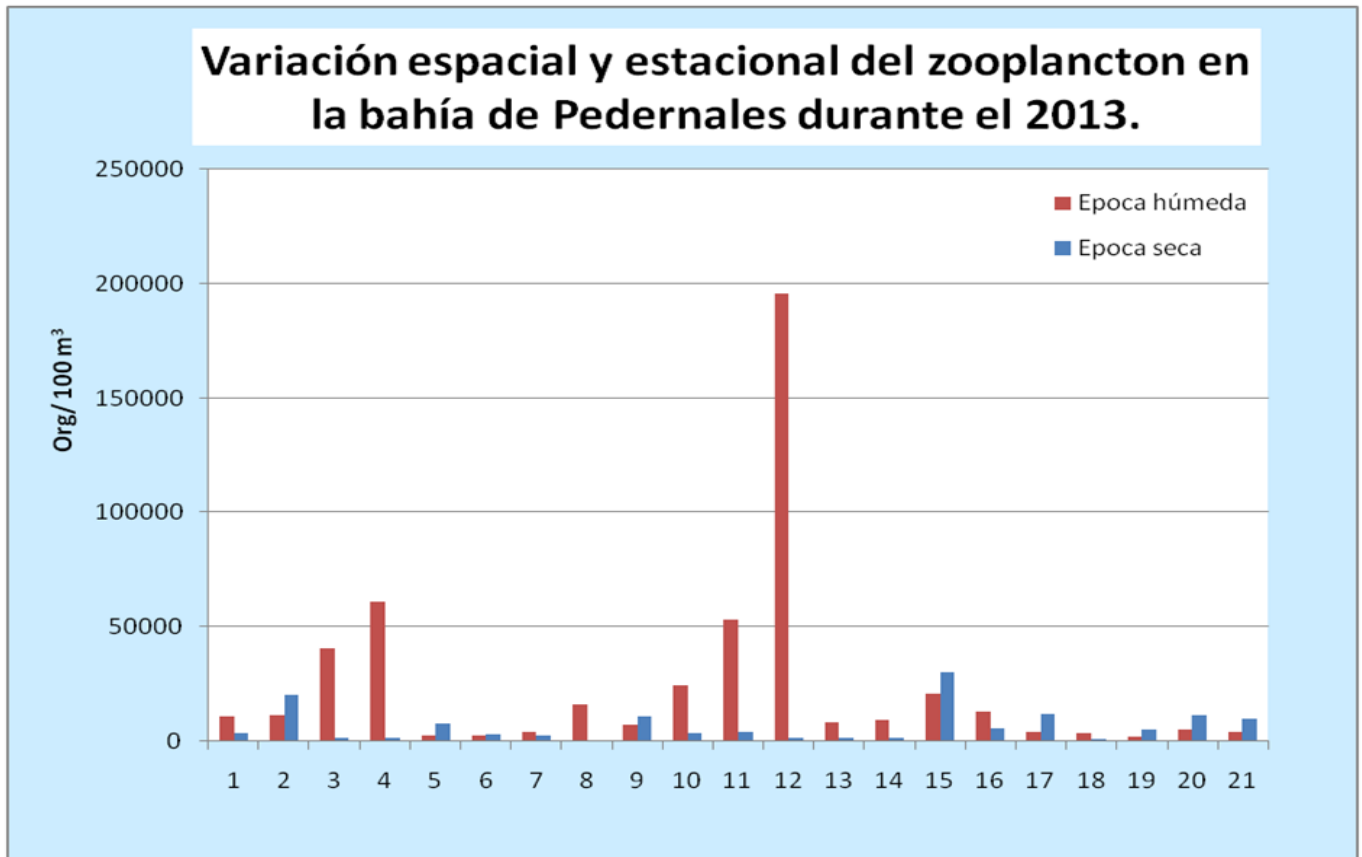


Fig. 2.- Variabilidad espacial y estacional del zooplancton en la Bahía de Pedernales durante el 2013.

Los grupos dominantes observados durante la época húmeda fueron Copépodos 83.9%, Cladóceros 5.6%, Huevos de invertebrados 4.7%, Huevos de peces 1.9%.

Un total de 6 especies de quetognatos se identificaron, representados por el género

Sagitta 52.3%, siendo las especies con mayor abundancia *Sagitta neglecta* 17.5%, *S. bedoti* 16.6%, y *S. enflata* 6.4%. En menor abundancia se determinaron las especies *Sagitta peruviana* 3.8% y *S. minima* 3.4% (Fig. 3).



Figura 3.- Abundancia de las especies de Quetognatos en la Bahía de Pedernales durante abril-2013.

Así también se observó otro grupo importante del zooplancton denominado Cladóceras representado por las especies *Penillia avirrostris* 88.1%, y *Evadne tergestina* 11.9%.

Estas últimas especies se caracterizan por tener una dieta tipo herbívoro posiblemente asociada a una alta diversidad de diatomeas, las especies

de fitoplancton que se encontraron con mayor abundancia fueron *Chaetoceros coarctatus*, *Chaetoceros radicans*, *Ch.eibenii*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Dinophysis caudata* y debido a la mayor producción de clorofila *a* fue de 0.36 mg/m^3 en la capa superficial en la estación 16 ubicado alejado de la costa, durante la época húmeda (Fig. 4).

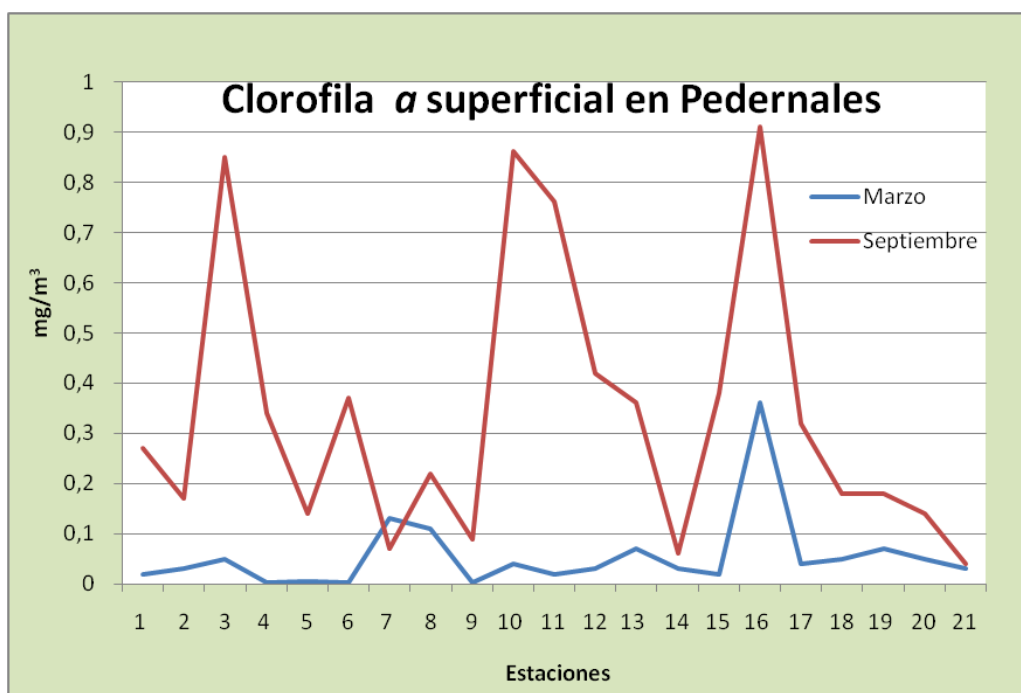


Fig. 4.- Variación espacial y estacional de la Clorofila *a* en la Bahía de Pedernales durante el 2013.

Durante la época húmeda en la comunidad del fitoplancton se presentó una diversidad con valores que 2.18 a 2.46 bits, determinándose una mayor diversidad en el área intermedia con una mejor distribución equitativa de las especies registradas en las estaciones ubicadas en la zona intermedia. Es importante resaltar que en toda la evaluación se registró un total de 98 especies de fitoplancton y una diversidad de 2.69 bits en toda el área de estudio, siendo las especies dominantes *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Dinophysis caudata*, *Chaetoceros coarctatus*, *Ceratium macroceros*, *Goniodoma polyedricum* y *C. tripos* esta asociación de especies caracterizan la presencia de aguas neríticas y cálidas típicas de la estación invernal (Tabla. 2).

Los valores de diversidad de Shannon & Weiner presentó una riqueza de 6 especies y una diversidad biológica de 1.35 bits, interpretándose como una moderada diversidad biológica y una aceptable uniformidad en la distribución de las especies en la Bahía de Pedernales, observados durante la época húmeda.

Efectuando una comparación entre las estaciones se determinó que la mayor diversidad de especies se encontraron en las estaciones alejadas de la costa con una moderada uniformidad, la cual fue disminuyendo paulatinamente conforme se acerca a la costa (Tabla 2).

Tabla 2. Índices ecológicos del Fitoplancton y Zooplancton de riqueza, diversidad de Shannon & Weaver y uniformidad observados durante la época húmeda en la Bahía de Pedernales.

Estaciones	Riqueza (S) Fitoplancton	Riqueza (S) Zooplancton	Índice Diversidad Fitoplancton (H')	Índice Diversidad Zooplancton (H')	Uniformidad Fitoplancton (E)	Uniformidad Zooplancton (E)
Estaciones Alejada de la costa	77	6	2.18	1.18	0.5	0.66
Estaciones intermedias	70	4	2.46	0.80	0.57	0.58
Estaciones Cercana a la línea de costa	72	6	2.18	0.90	0.51	0.50
Evaluación con todas las estaciones.	98	6	2.69	1.35	0.58	0.75

ÉPOCA SECA

Durante la época seca la biomasa de zooplancton fue inferior a la observada durante la época húmeda, determinándose que las mayores biomásas se registraron en las estaciones 15 y 2 con valores de 29714 Org y 20147 Org/100 m³, respectivamente.

Los grupos dominantes fueron Huevos de invertebrados 32.5%, Copépodos 27.2%, Cladóceros 17.6%, Radiolarios 16.5%, Sifonóforos 1.4%, Huevos de peces 1.1%.

Con una menor abundancia de 1% se determinaron los grupos Apendicularios 0.9%, Zoeas de brachiuras 0.8%, Quetognatos 0.7%, Ostrácodos 0.3%, Pterópodos 0.2%, Anfípodos 0.2%, Doliolum 0.1%, Medusas 0.1%, Heterópodos 0.1%, Larvas de peces 0.1% y Larvas de Poliquetos 0.1%.

Las especies *Sagitta bedoti* 18.9%, *S. peruviana* 8.2%, *S. enflata* 7.2%, *S. neglecta* 2.8% estas especies están caracterizando una mezcla de aguas frías y cálidas en la bahía de Pedernales.

En menor abundancia se registró la presencia de *S. minima* 2.3% y *S. bipunctata* 0.9%, esta última especie que indica la intrusión de aguas oceánicas hacia la costa (Fig. 3).

Se mantuvo la presencia de las especies de Cladóceros durante la época seca representado por las especies *Penillia avirrostris* 66% y *Evadne tergestina* 34%, especies que son típicas de aguas neríticas y donde existe una alta disponibilidad de fitoplancton, debido a que estos organismos tienen una alimentación herbívora. Las especies de fitoplancton que

dominaron durante la época húmeda fueron *Leptocylindrus danicus*, *Bacteryastrum sp*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Rhizosolenia imbricata* y *Proboscia alata*.

Con relación a la producción primaria esta fue mayor en comparación a la época húmeda, las especies de diatomeas contribuyeron con la elevada concentración de clorofila *a*. Los mayores valores de clorofila *a* cercano a 1 mg/m³ se observaron en las estaciones 16 y 10 (Fig. 5).



Fig. 5.- Abundancia de las especies de Quetognatos en la Bahía de Pedernales durante septiembre-2013.

La mayor diversidad biológica se encontró en las estaciones alejadas de la costa con una riqueza representada por un total de 6 especies y una diversidad de 1.17 bits y una moderada uniformidad en la distribución de las especies con 0.65 bits.

Un patrón similar se presentó en la distribución en la diversidad, interpretándose que la mayor diversidad se presentó en las estaciones aleja-

das de la costa y la cual fue disminuyendo ligeramente conforme se acerca a la costa.

Durante la época seca se presentó una diversidad de Shannon & Weaver de 1.25 bits representado una moderada diversidad biológica y comparando con los datos obtenidos en la época húmeda se presentaron valores muy similares. (Tabla. 3).

Tabla 3. Índices ecológicos del Fitoplancton y Zooplancton de riqueza, diversidad de Shannon & Weaver y uniformidad observados durante la época seca en la Bahía de Pedernales.

Estaciones	Riqueza (S) Fitoplancton	Riqueza (S) Zooplancton	Índice Diversidad Fitoplancton (H')	Índice Diversidad Zooplancton (H')	Uniformidad Fitoplancton	Uniformidad Zooplancton (E)
Estaciones Alejadas de la costa	81	6	2.48	1.17	0.56	0.65
Estaciones intermedias	84	4	2.26	1.10	0.51	0.61
Estaciones Cercanas a la línea de costa	84	6	2.26	0.91	0.51	0.51
Evaluación con todas las estaciones.	124	7	2.78	1.25	0.57	0.64

Durante la época seca se presentó una mayor diversidad de especies de fitoplancton en comparación a la época húmeda, representado por una riqueza específica de 124 especies en toda la bahía de Pedernales, y una diversidad de Shannon & Weaver de 2.78 bits. Es por ello que la distribución de las especies de fitoplancton varían en función del espacio y tiempo, por lo que se determinó en la evaluación por área que la mayor diversidad y uniformidad de las especies de fitoplancton se presentó en la zona ubicada en las estaciones alejadas de la costa, que coincidió con un patrón similar al registrado con la especies de zooplancton.

DISCUSIONES

La clorofila *a* durante la época húmeda fue menor en comparación a la época seca, estos patrones de producción primaria son relativamente normales para cada época, caracterizándose durante la época húmeda por la asociación y presencia de las especies *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Dinophysis caudata*, *Chaetoceros coarctatus*, *Ceratium furca* y durante la época seca se determinaron las siguientes especies *Leptocylindrus danicus*, *Bacteryastrum sp*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Rhizosolenia imbricata* y *Proboscia alata*.

En la bahía de Pedernales, las mayores densidades de zooplancton se determinaron durante la época húmeda, en la estación 12 con un total 195976 Org/100 m³ y comparando la información obtenida en la época seca del 2013 se determinó una menor biomasa de zooplancton, registrándose en la estación 15, la mayor biomasa con un valor de 29714 Org/100 m³. Estos patrones de distribución temporal de elevada productividad de zooplancton en la época húmeda y menores en época seca se presentaron de igual manera en la Bahía de Manta durante el 2011 (Naranjo & Tapia, 2013).

Así también en la Bahía de Jaramijó se evidenciaron las mayores abundancias de zooplancton durante la época húmeda del 2008, estas condiciones biológicas fueron favorecidos por las condiciones frías durante el 2008 (Gualancañay, Tapia, Naranjo, Cruz, & Villamar, 2010-2011).

Cualitativamente las especies de quetognatos reportados durante la época húmeda del 2013, en la bahía de Pedernales fueron *Sagitta peruviana*, *S. mínima*, *S. bedoti*, *S. neglecta*, y *S. enflata*, durante la época seca se registraron la presencia de las mismas especies y adicionalmente *Sagitta bipunctata*.

Cabe mencionar que las condiciones en la Región Niño 3.4 durante las épocas húmeda (abril-2013) y seca (Septiembre-2013) se presentaron anomalías negativas con valores entre -0.2 y -0.3 mediante el monitoreo del índice ONI, condiciones oceanográficas que posiblemente influenciaron en los patrones de distribución de las biomásas de zooplancton.

Tabla 1.- Anomalías registradas en la Región del Pacífico Central, en base al Índice ONI (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/, consultado el 22 de enero-2014)

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	

En la mayoría de los estudios del zooplancton Lavaniegos, Heckel & Ladrón de Guevara (2012), señalan que en la estructura del zooplancton en la bahía de California y a nivel mundial el grupo de zooplancton dominante en la mayoría de las muestras fueron los Copépodos y el segundo grupo dominante fueron los Cladóceros, así también cualitativamente los copépodos y cladóceros se presentaron durante marzo de 2013, y se registraron huevos de invertebrados, copépodos, cladóceros y radiolarios durante Septiembre de 2013 en la Bahía de Pedernales.

CONCLUSIONES

Es posible que los patrones inversos de baja productividad de clorofila *a* con relación a los máximos valores de biomasa zooplanctónica y viceversa, en la bahía de Pedernales durante las épocas estacionales estén íntimamente ligados a la transferencia de energía alimenticia hacia los niveles tróficos superiores debido al pastoreo de copépodos herbívoros y especial del grupo Cladóceros representado por las especies *Penillia avirrostris* y *Evadne tergestina* quienes estuvieron alimentándose de las especies de diatomeas presentes en el área.

En la época seca se presentó una mayor diversidad y uniformidad de especies de fitoplancton debido a la abundancia de *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia*

De acuerdo a las condiciones oceanográficas observadas en la Región Niño 3.4 se determinó que durante los meses de abril y septiembre de 2013, se presentaron ligeras anomalías negativas de -0.2 y -0.3 respectivamente, las cuales de manera indirecta influyen frente a nuestras costas del Ecuador (Tabla.1).

alata y así también se presentó una mayor diversidad de especies de zooplancton caracterizados por la presencia de *P. avirrostris*, *E. tergestina*, *S. peruviana*, *S. minima*, *S. bedoti*, *S. neglecta* y *S. enflata* y *S. bipunctata*, pertenecientes a los grupos Cladóceros y Quetognatos.

Las especies de fitoplancton y quetognatos estadísticamente no presentaron diferencia significativa 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.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio corresponde al Proyecto de Investigación denominado Caracterización Oceanográfica y Ambiental de la costa Ecuatoriana que anualmente lo realiza el Departamento de Ciencias del Mar, y nuestro agradecimiento por formar parte de este importante proyecto.

Los autores desean expresar su agradecimiento al Sr. CPNV-EM Humberto Gómez, Director del INOCAR, y TNNV-SU Carlos Perugachi, Jefe de Ciencias del Mar por brindar su respaldo para la publicación del presente artículo científico.

Nuestro agradecimiento a la Dra. Elena Gualancañay y Dr. Manuel Cruz por la lectura y sugerencias emitidas al manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA:

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

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.

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

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

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

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

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

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

**Gualancañay E., M, Tapia, C. Naranjo, M.
Cruz, F. Villamar. 2010-2011.** Caracteriza-
ción biológica de la bahía de Jaramijó en la
costa Ecuatoriana, 2008. Acta Oceanográfica
del Pacífico. INOCAR. Vol. 16(1): 33-52.

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

Jiménez R., 2008. Aspectos biológicos de El
Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Edición
Universidad de Guayaquil y facultad de
Ciencias naturales. Centro de Biodiversidad
CENBIO, Guayaquil. Ecuador: 1-135.

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

**McEwen, G. F, M.W Johnson y T. R,
Folsom, 1954.** A statical analysis of the
performance of the Folsom plankton simple
splitter, based upon test observations: Arch.
Meteor. Geoph. Bioklimat. Ser. A, 7: 502-527.

**Lavaniegos. B., G Heckel & P. Ladrón de
Guevara. 2012.** Seasonal variability of
copepods and cladocerans in Bahía de los
Ángeles (Gulf of California) and importance of
Acartia clausi as food for whale sharks.
Ciencias Marinas, 38(1A): 11-30.

Naranjo C., & M. Tapia. 2013. Variabilidad
estacional del Plancton en la Bahía de Manta en
la costa Ecuatoriana, durante el 2011. Acta
Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 18
(1) 40-46

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

Prado M., y J. Cajas. 2010. Variabilidad del
Plancton en estaciones fijas frente a la costa
ecuatoriana durante 2007. Rev. de Ciencias del

Mar y Limnología. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil – Ecuador. 4(3):59-69.

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

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

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

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

Tapia M., 2006. 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.

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

INTERNET

ONI anomalías registradas en la Región del Pacífico Central, [En línea] http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ Recuperado el 22 de enero-2014.

VARIACIÓN ESTACIONAL DE LAS MEDUSAS Y SIFONÓFOROS EN LAS ESTACIONES FIJAS 10 MILLAS COSTA AFUERA DE LA LIBERTAD Y MANTA DURANTE EL 2013

Carlos Andrade⁽¹⁾

RESUMEN

Se analizaron las variaciones poblacionales de dos grupos de cnidarios (medusas y sifonóforos) de dos estaciones fijas 10 millas de La Libertad ubicados en las coordenadas (02°03'55''S – 81°07'15''W) y Manta (0°52'60''S – 80°49'60''W) durante el año 2013, los valores de biomasa de medusas en La Libertad y Manta fueron mayores en ambas épocas estacionales a nivel vertical, en este estrato en La Libertad durante la época húmeda se registraron 6 especies dominantes representadas por una mezcla de especies de aguas cálidas y frías evidenciando a *Aglaura hemistoma*, *Cunina globosa*, *Ectopleura dumortieri*, *Rhopalonema velatum*, *Pelagia noctiluca* y juveniles de *Liriope tetraphylla*, en Manta se reportaron 5 especies dominantes representadas por *A. hemistoma*, *R. velatum*, *S. bitentaculata* y adultos y juveniles de *L. tetraphylla*. Durante la época seca en las estaciones de La Libertad y Manta se registraron 3 especies dominantes, representadas por adultos de *L. tetraphylla*, *A. hemistoma* y *S. bitentaculata*.

A nivel superficial en La Libertad las biomasa de cnidarios fueron menores, evidenciando en la época húmeda a *Pelagia noctiluca* observada en este estudio en Aguas Tropicales Superficiales con un TSM promedio de 27.1 °C y 32.5 UPS, mientras en Manta las especies dominantes fueron *A. hemistoma* y *Eutonina scintillans*, en las mismas masas de ATS con un promedio de 26.2°C y 33 UPS. Durante la época seca en La Libertad y Manta se observaron mezclas de especies de aguas cálidas y frías, en La Libertad con 2 especies dominantes y representadas por *A. hemistoma* observada para los meses de julio y noviembre y adultos de *L. tetraphylla*, presentes en Aguas Ecuatoriales Superficiales con un promedio de TSM de 23.5°C y 33.8 UPS, en Manta se observaron 4 especies dominantes, representadas por *A. hemistoma*, *R. velatum*, *S. bitentaculata* y *Obelia* sp., con un promedio de TSM de 25.01° C y 33.3 UPS, asociadas a Aguas Ecuatoriales Superficiales.

Los sifonóforos en la columna de agua en La Libertad se registraron 2 especies como *Muggiaea atlantica* y *Lensia conoidea*, mientras en Manta se observó una mezcla de especies de aguas cálidas y frías y representadas por dos especies dominantes como *N. bijuga* y *M. atlantica*. En la época seca en La Libertad a nivel superficial de mezcla de aguas cálidas y frías como *D. dispar* y *M. atlantica*, en Manta se registraron 4 especies asociadas a aguas cálidas como *Chelophyes contorta*, *D. dispar*, *S. chuni* y *S. biloba*. A nivel vertical en La Libertad se registraron a *A. elegans* y *M. atlantica*, en Manta se observaron a *S. biloba* y *M. atlantica*.

A nivel superficial en la época húmeda reportaron 4 especies dominantes características de aguas cálidas, representados por *A. okeni*, *N. bijuga*, *S. biloba* y *S. quadrivalvis*, en la Estación Fija de Manta se registraron *S. biloba* y *S. quadrivalvis*.

La temperatura superficial del mar en La Libertad presentó un promedio anual de 24.6±2.04°C y la salinidad de 33.4±0.76 PSU y disco secchi de 12.6±3.02 m, mientras en Manta se observó un promedio anual de 25.5±0.79°C, salinidad de 33.2±0.73 PSU y disco secchi de 14.3±2.6 m.

El índice de Shanno-Wiener en la Estación Fija La Libertad a nivel superficial destaca la máxima diversidad en época seca (1.76 bits), mientras en el estrato vertical su máximo valor de 2.51 bits fue para

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada. Avda. 25 de Julio. Base Naval Sur. Vía Pto.Marítimo. Guayaquil-Ecuador

la época húmeda. Mientras en la Estación Fija de Manta, Shannon reportó su máximo para el periodo seco con 1.34 bits, mientras en el estrato vertical fue casi similar. En el análisis estadístico se aplicó Anova de un factor con un intervalo de confianza del 95%, evidenciando que el número de cnidarios capturados es dependiente de la estación climática en la que se encuentre.

Palabras claves: Hidromedusas, Sifonóforos, Estaciones Fijas, Variación estacional.

ABSTRACT

Population variations of two groups of cnidarian (jellyfish and siphonophores) collected in permanent stations 10 miles offshore La Libertad (02°03'55''S – 81°07'15''W) and Manta (0°52'60''S – 80°49'60''W) were analysed during 2013. The biomass values of jellyfish at La Libertad and Manta stations were greater in both wet and dry season at the vertical level. In this stratum on La Libertad during wet season 6 dominant species represented by both warm and cold water were evidenced by *Aglaura hemistoma*, *Cunina globosa*, *Ectopleura dumortieri*, *Rhopalonema velatum*, *Pelagia noctiluca* and juveniles of *Liriope tetraphylla*. During dry season at La Libertad and Manta stations 3 dominant species were registered, represented by adults of *L. tetraphylla*, *A. hemistoma* and *S. bitentaculata*.

In the superficial layer of La Libertad the biomass of the cnidarian were lower, appearing in the wet season *Pelagia noctiluca* observed in surface Tropical waters with a mean SST of 27.1 °C and 32.5 UPS mean salinity. While in Manta the dominant species were *A. hemistoma* and *Eutonina scintillans*, in the same body of water ATS with a mean SST of 26.2°C and 33 UPS mean salinity. During dry season on La Libertad and Manta were observed a mixed presence of warm and cold water species. On La Libertad station two dominant species *A. hemistoma*, observed on July and November, and adults of *L. tetraphylla*, observed in Superficial equatorial waters with a mean SST of 23.5°C and 33.8 UPS mean salinity. In Manta station were observed four dominant species, *A. hemistoma*, *R. velatum*, *S. bitentaculata* y *Obelia* sp. in a mean SST of 25.01° C y 33.3 UPS mean salinity associated with Superficial equatorial waters.

In the water column on La Libertad station 2 species of siphonophores were registered, *Muggiaea atlantica* and *Lensia conoidea*, while on Manta station a combination of warm and cold waters was observed represented by *N. bijuga* and *M. atlantica*. In the dry season in La Libertad at surface level a combination of warm and cold water was evidenced by *D. dispar* and *M. atlantica*, in Manta 4 species associated with warm water as *Chelophyes contorta*, *D. dispar*, *S. biloba* and *S. chuni* were recorded. Vertically, in La Libertad were recorded *A. elegans* and *M. atlantica* in Manta were observed *S. biloba* and *M. atlantica*.

At the surface level during wet season were reported 4 dominant species typical in warm water, represented by *A. okeni*, *N. bijuga*, *S. quadrivalvis* and *S. biloba*, while in Manta Station were recorded *S. biloba* and *S. quadrivalvis*.

Sea surface temperature in La Libertad presented an annual average of 24.6 ± 2.04 ° C and salinity of 33.4 ± 0.76 PSU, secchi disk of 12.6 ± 3.02 m, while in Manta an average of 25.5 ± 0.79 ° C was observed, salinity of 33.2 ± 0.73 PSU and secchi disk 14.3 ± 2.6 m.

The Shannon-Wiener index in the permanent Station of La Libertad at the surface level highlights the maximum diversity during dry season (1.76 bits), while in the vertical strata its maximum value was 2.51 bits for the wet season. In Manta Station, Shannon reported its maximum for the dry period with 1.34 bits, while in the vertical stratum was almost similar. In the statistical analysis a one factor Anova was applied with a confidence interval of 95%, showing that the number of captured cnidarians depends on the climatic season the sample is recolected.

Keywords: hydromedusae, Siphonophores, Permanent Stations, seasonal variation.

INTRODUCCIÓN

Las medusas pertenecen al phylum Cnidarios y son considerados como celenterados polimórficos o completamente polimorfoides o medusoides, con simetría radial tetrámera, cuyo sistema gastrovascular carece de estomodeo y septos. Las gónadas se maduran en el ectodermo. Las medusas de este grupo son craspedotas es decir con velos y no tienen ropalio, reproduciéndose asexualmente para formar medusas, fase medusoide libre nadadora que se reproduce sexualmente para formar larvas, las cuales se fijan al substrato y se desarrollan en hidroides (Berril, 1950, citado en Segura-Puertas, 1984).

Estos animales son interesantes desde el punto de vista faunístico y ecológico; se han utilizado como indicadores de condiciones oceánicas, así como en los estudios farmacológicos en relación con las investigaciones médicas (Alvariño, 1975).

En las zonas costeras de elevada productividad y en aguas pocos profundas, las medusas y algunas escifomedusas pueden llegar a ser muy abundantes, constituyendo blooms poblacionales de densidades muy altas (Zamponi *et al.*, 1990; Zamponi y Suárez. 1991a). Las medusas suelen encontrarse desde las aguas polares hasta las tropicales y su distribución vertical puede extenderse desde la superficie hasta las profundidades, viviendo en múltiples y diferentes condiciones ambientales (Zamponi, *op.cit.*).

Los sifonóforos se distribuyen por lo general en todos los océanos, mares y Bahías en ambos estratos, aunque cada especie puede habitar diferentes profundidades, muchas están restringidas a aguas cálidas superficiales (Pugh 1996). La mayoría habitan el cinturón trópico-ecuatorial, excepto algunas exclusivas de altas latitudes (Alvariño 1981). Pudiendo estar directamente relacionados con las zonas de frentes y es probable que sean parte del grupo de especies que se benefician de estos eventos (Graham et al. 2001).

Los principales trabajos han sido realizados en el Pacífico Tropical Oriental (Agassiz, 1902; Mayer, 1910; Bigelow, 1909; Kramp, 1968; Alvariño, 1972, 1975, 1977). La mayoría proporcionan listado de especies, distribución y sistemática de estos grupos.

Alvariño (1972, 1976, 1977) estudia las medusas del Pacífico mexicano, centro americano y ecuatoriano. Segura, L. 1984. Estudia la Morfología, Sistemática y Zoogeografía de las medusas del Pacífico Tropical.

Alvariño (1971) estudia la distribución de los sifonóforos en el Pacífico y su comparación con la distribución mundial

Andrade 2012. Estudia la Ecología y distribución poblacional de las medusas en la Bahía de Santa Elena-Ecuador, durante octubre 2004-2005, donde son reportada por primera vez 24 especies, así como también estudia la distribución poblacional de las medusas y sifonóforos en el Pacífico ecuatoriano circunscrito entre los 83°O y 92°O y desde 2° N hasta 2° S. INOCAR, (2009; 2010; 2012; 2013).

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está ubicado hacia el oeste de la Península de Santa Elena, donde se ha ubicado un punto de monitoreo; 10 millas náutica costa afuera, donde la profundidad alcanza los 100 metros (Figura 1), cuya posición geográfica es Lat. 02°03'55"Sur y Log 81°07'15"W, dicha área está sometida a la directa influencia de variación posicional del Frente Ecuatorial y en la Estación Fija de Manta con Lat. 0°52'60"Sur y Longitud 80°49'60"W., dicha área de estudio ha sido mencionada como de alta productividad planctónica producto de afloramientos costeros que determinan los altos contenidos de nutrientes en la zona eufótica, caracterizados por altos gradientes termohalinos (temperatura-salinidad), separando las aguas más frías y ricas en nutrientes influenciadas por la corriente de Humboldt y de las aguas cálidas y tropicales

superficiales, generalmente pobres en nutrientes procedente del norte de la cuenca Panámica

(Jiménez, 1978).

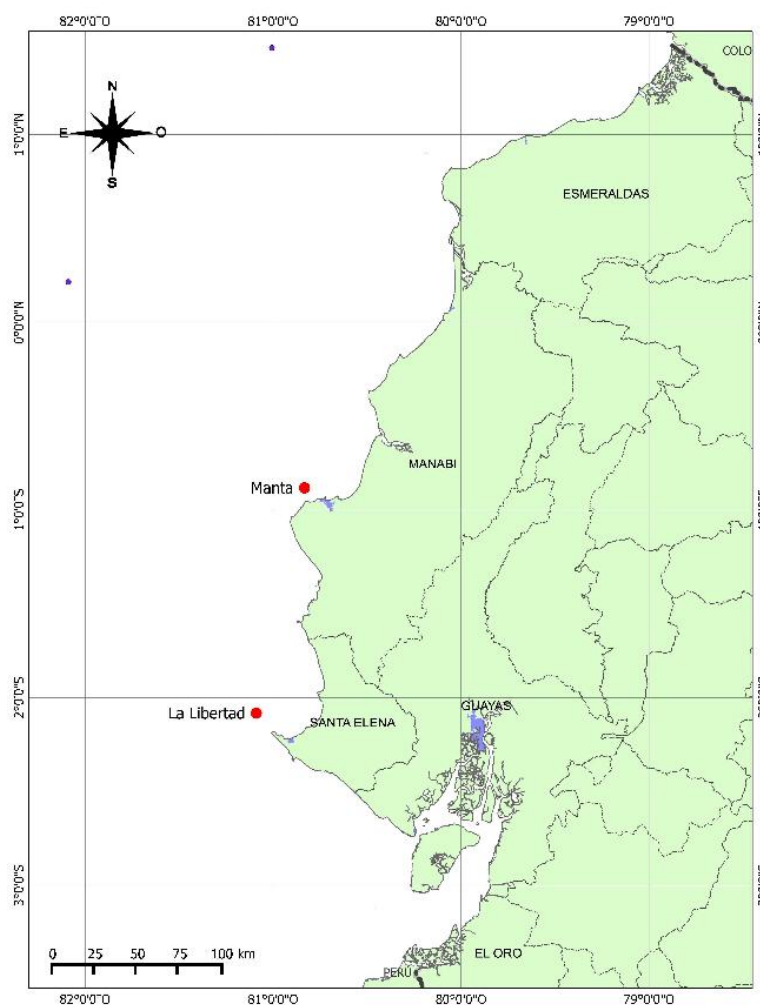


Figura 1.- Posición de la Estación fija 10 millas Costa Afuera "La Libertad y Manta", Ecuador

Toma de muestras:

La Estación en La Libertad tiene un promedio de profundidad de 110 metros mientras la estación Fija de Manta tiene 115 metros, la temperatura superficial del mar (°C) fue tomada con un termómetro digital Fisher scientific, La salinidad (UPS) y temperatura de la columna de aguas fue tomada con un CTD modelo Seabird 1077, se determinó la profundidad a la que se dejó de observar el disco Secchi (Holmes 1970), como indicador de la transparencia de agua.

Se recolectaron muestras de zooplancton a nivel superficial como vertical con una red Standard cónica simple WP-2 de 335µ, con

boca de red de 0.30m de diámetro y 1 metro de longitud, dichas muestras fueron fijadas con formalina al 4% y neutralizadas con Tetra borato de sodio hasta obtener un Ph de 7.5 a 8 (Steedman 1976; Boltovskoy, 1981) y narcotizadas con Cloruro de Magnesio al 7.5% (Smaldo & Lee 1979).

En el laboratorio se procedió al análisis de las muestras zooplanctónicas y extraer alícuota con la ayuda del separador de Folsom (Mc Ewen *et al.*, 1954), cuando el alto número de ejemplares en la muestra lo requerían. Para realizar el conteo cuali-cuantitativo del zooplancton se procede a realizarlo en la cámara de conteo de Bogorov (Boltovskoy, 1981).

Para la identificación taxonómica a nivel de especies las medusas y sifonóforos se siguió la metodología de Mayer (1910); Bigelow (1940); Tregouboff, G. & M. Rose (1957); Kramp, (1968); Boltovskoy (1981); Segura-Puertas (1984); Pagés and Gili 1992; Bouillon, 1999.

La abundancia de las medusas y sifonóforos se representaron en número de individuos por 100 metros cúbicos ($\text{ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$) estimados a partir del volumen filtrado. Para los análisis de abundancia se utilizó estadística descriptiva (promedio y desviación Standard), cabe mencionar que se aplicó a los datos poblacionales por épocas climáticas ANOVA de un factor con un intervalo de confianza del 95% (Clarke & Warwick 1994), para determinar la significancia entre las épocas húmeda y seca con los cnidarios obtenidos.

Para determinar el volumen de agua filtrada se utilizó la siguiente formula:

- a) Área de la superficie de la red mediante la fórmula del círculo.

$$\pi (r^2)$$

r : radio boca red cónica simple.

π : 3.1416

- b) Volumen de agua filtrada.

Superficie de boca de red X distancia de arrastre (m) X Eficiencia de filtración
Eficiencia de filtración: Se utilizó el Manual de (UNESCO 1968)

Para calcular la biomasa en el arrastre superficial se utilizó la siguiente fórmula:

$$N = \frac{n(100)}{vf}$$

Dónde:

N = No. Organismos en 100 m³

N= No. Organismos en la muestras

Vf = volumen de agua filtrada en el arrastre.

Para el análisis de la comunidad de medusas se aplicó los índices de abundancia proporcional clasificados en índices de equidad (Shannon-Wiener y Pielou), Peet (1975), Camargo (1995), Smith y Wilson (1996) y Hill (1997) e índice de dominancia de Simpson (Magurran, 1988; Peet, 1974).

Se evaluó la riqueza específica de estacionalidad basándose en el número de especies. La diversidad fue obtenida mediante el Índice de Shannon-Wiener, (1949).

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Cuando $P_i = 1$ representa la probabilidad de ocurrencia de cada una de las especies y es expresada en bits.

Donde

H = Índice de diversidad de especies de Shannon-Wiener

P_i = Proporción de la especie i

n_i = Número de individuos de la especie i

La dominancia en la comunidad se valoró mediante el índice de Simpson, (Simpson, 1949). Este índice evalúa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, toma en cuenta la representatividad con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de especie (Moreno, 2001).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde

D = Índice de dominancia.

S = Número de especie.

N = Número total de organismos presentes

n = Número de ejemplares por especie.

La equidad o grado de uniformidad en la repartición de los individuos entre las especies fue valorada, con el índice de equidad (Pielou, 1975).

$$J = \frac{H}{H_{\max}}$$

Donde

J = Equidad de Pielou

$H_{\max} = \log_2 S$

H = Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

RESULTADOS

Parámetros ambientales

Temperatura.

En los parámetros físicos la temperatura evidenció una moderada variabilidad en referencia a las estaciones húmeda y seca para La Libertad y Manta (Figura2). La temperatura a nivel superficial en La Libertad presentó un promedio anual de $24.6 \pm 2.04^\circ\text{C}$, durante la estación húmeda la temperatura presentó un valor máximo de 28.5°C para el mes de marzo y un valor mínimo de 22.8°C para mayo mes de transición, en la época seca el valor máximo se reportó para junio con un valor de 25.6°C , y la mínima para noviembre mes de transición con 22.3°C .

Salinidad.

La salinidad presentó un promedio anual de $33.4 \pm 0.76\text{PSU}$, con un valor máximo de salinidad de 34.4PSU y un mínimo de 31.5PSU para el mes de febrero durante la estación húmeda (cálida). En la época seca (fría) su valor máximo se observó para noviembre mientras la mínima fue para junio y octubre con 33.6 y 33.5 respectivamente.

Disco Secchi.

Mientras la visibilidad reportó un promedio anual de $12.6 \pm 3.02\text{m}$, evidenciando la mayor visibilidad en la columna de agua para el de enero con 17 metros, decreciendo gradualmente para febrero a 15 metros, mientras el valor más bajo se reportó para marzo con 6 metros de profundidad. En la época seca los valores más alto se observaron para los meses de agosto y

octubre con 15 metros respectivamente y el valor más bajo fue para julio con 10 metros.

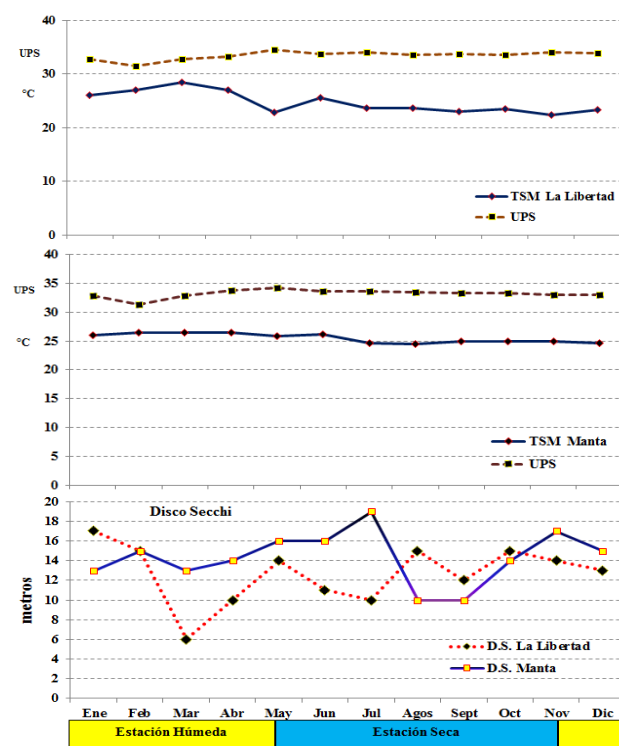


Figura 2.- Variación de los parámetros físicos en las estaciones fijas 10 millas costa afuera de La Libertad y Manta durante el 2013.

En la estación fija de Manta se observó mayor homogeneidad en la distribución de la temperatura a nivel superficial, reportando un promedio anual de $25.5 \pm 0.79^\circ\text{C}$, durante la estación húmeda, con un máximo de 26.5°C para el mes de abril, decreciendo a 25.8°C para el mes de mayo (Transición), durante la época seca el valor máximo se reportó para junio con 26.1°C y el mínimo para agosto con 24.5°C , mientras la salinidad presentó un promedio anual de $33.2 \pm 0.73\text{PSU}$ y un máximo para los meses de abril y mayo con valores de 33.7 y 34.3PSU . Para la época seca la salinidad reportó un máximo para junio con 33.7PSU , decreciendo gradualmente hasta el mes de diciembre con 33PSU . El disco Secchi reportó un promedio anual de $14.3 \pm 2.6\text{m}$, observándose los valores máximos para febrero con 15 metros y mayo mes de transición con 16 metros, mientras los valores mínimos se evidenciaron para enero y marzo con 13 metros respectivamente. Durante la época seca se reportaron dos máximos; julio y noviembre con 19 y 17 metros respecti-

vamente, mientras los valores mínimos se observaron para agosto y septiembre con 10 metros respectivamente.

Estación Fija La Libertad: Capa superficial (0 m).

La medusas registraron un rango entre 0.16 a 0.20 % de abundancia relativa con respecto a la biomasa total zooplanctónica en durante las épocas húmeda y seca. Durante la época húmeda (cálida) se reportaron en la estación La Libertad 3 especies de Cnidarios, representado por 3 órdenes: Leptomedusas, Trachymedusas y Scyphomedusae, observándose 2 de cnidarios para el mes de marzo con 86 ind · (100m³)⁻¹, siendo dominante *Pelagia noctiluca* con 84 ind · (100m³)⁻¹ y minoritaria *Liriope tetraphylla* con 2 ind · (100m³)⁻¹ y 1 especie para abril, representada por *Obelia sp.* de carácter cosmopolita con 5 ind · (100m³)⁻¹ reportadas en

este estudio con una temperatura superficial del mar promedio de 27.1°C y 32.5 UPS, asociadas a Aguas tropicales Superficiales.

Mientras en la época seca (fría) la mayor densidad poblacional se reportó para el mes de julio con 60 ind · (100m³)⁻¹ y con carácter dominante se observó a *Aglaura hemistoma* con 55 ind · (100m³)⁻¹ y *Liriope tetraphylla* con 5 ind · (100m³)⁻¹, decreciendo considerablemente para agosto a una población de 19 ind · (100m³)⁻¹ representadas por *A. hemistoma*, *L. tetraphylla* con 5 ind · (100m³)⁻¹ respectivamente y *Rhopalonema velatum* con 9 ind · (100m³)⁻¹, en septiembre a 2 ind · (100m³)⁻¹ e incrementándose ligeramente para octubre y noviembre de 5 a 14 ind · (100m³)⁻¹ y representado por *A. hemistoma*, asociándose a una temperatura promedio superficial del mar de 23.5°C y 33.8UPS, típicas de Aguas Ecuatoriales Superficiales (Figura 3).

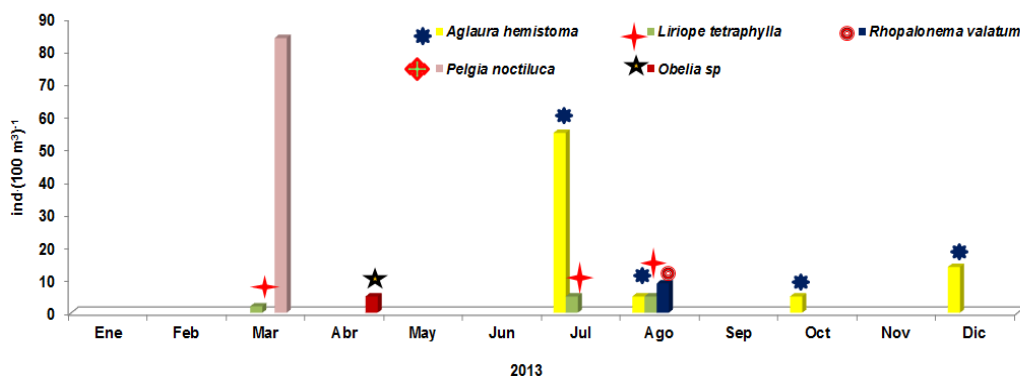


Figura 3.- Distribución poblacional de las especies de medusas presente en las épocas húmeda y seca en La Libertad a nivel superficial durante el 2013.

Columna de agua (0-50m).

Globalmente durante toda la época húmeda en la Estación Fija La Libertad se registraron 6 especies dominantes, representadas por *Rhopalonema velatum*, *Cunina globosa*, *Ectopleura dumortieri*, *Pelagia noctiluca*, Juvenil de *Liriope tetraphylla* y *Aglaura hemistoma*, registrándose las mayores densidades poblacionales para los meses de enero con 327 ind · (100m³)⁻¹, evidenciando la dominancia de *Cunina globosa* con 100 ind · (100m³)⁻¹, *Aglaura hemistoma* con 88 ind · (100m³)⁻¹, típicos de aguas cálidas, seguido de juveniles

de *Liriope tetraphylla* con 50 ind · (100m³)⁻¹, asociados a afloramientos, *Rhopalonema velatum* con 38 ind · (100m³)⁻¹ característico de intrusión de aguas oceánicas, mientras en menores poblaciones se reportaron a *Cunina octonaria* con 13 ind · (100m³)⁻¹ de aguas cálidas y *Solmundella bitentaculata* con 13 ind · (100m³)⁻¹ de aguas frías. Mientras para el mes de abril reportó 227 ind · (100m³)⁻¹, siendo dominante *Ectopleura dumortieri* con 71 ind · (100m³)⁻¹, *Rhopalonema velatum* con 44 ind · (100m³)⁻¹, juveniles de *Liriope tetraphylla* con 38 ind · (100m³)⁻¹, *L. tetraphylla* adultos con 31 ind · (100m³)⁻¹, *Proboscycactila ornata*, *S.*

bitentaculata y *Bougainvillea muscus* con una población de $1344 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras en menor población se reportó a *Clytia hemisphaerica* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Cabe mencionar que la mínima población se reportó en febrero con $29 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ con 5 especies, representadas por *S. bitentaculata*, *Neoturris papua*, *L. tetraphylla*, *C. octonaria* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *Cunina tenella* con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

En La Libertad durante la época seca (Fría) en este estrato se reportó la mayor densidad poblacional de cnidarios para el mes de agosto con $176 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, evidenciándose a *S. bitentaculata* con $88 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *A. hemistoma* con $38 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *R. velatum* con $25 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Ectopleura dumortieri* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Leuckarteara octona* y *Sarcia cocometra* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, decreciendo gradualmente para el mes de octubre a $82 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, evidenciando a *S. bitentaculata* con $44 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *L. octona* y *A. hemistoma* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente, *L. tetraphylla* y *Obelia* sp., con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente.

Mientras para el mes de noviembre reportó una población de $75 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *L. tetraphylla*

con $38 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ como dominante, *A. hemistoma* con $31 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *E. dumortieri* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, decreciendo gradualmente para diciembre y julio con un promedio de $61 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y con carácter dominante se evidenciaron a *R. velatum*, *S. bitentaculata*, *Proboscyclactila ornata* que tiene una distribución circunglobal en las aguas cálidas y costeras (Segura-Puertas, 1984) y *E. dumortieri* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente y *Clytia hemisphaerica* y *Cunina octonaria* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, disminuyendo aún más para el mes de septiembre con $24 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ evidenciando a *L. octona*, *L. tetraphylla*, *A. hemistoma* y *S. bitentaculata* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente.

Es de mencionar que durante esta época y en este estrato las especies dominantes estacionalmente fueron *S. bitentaculata* con $29.5 \pm 31.6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *A. hemistoma* con un promedio de $21.4 \pm 13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *L. tetraphylla* con $15.7 \pm 15.19 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *R. velatum* con una media de $17 \pm 6.9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Ectopleura dumortieri*, $9.5 \pm 4.04 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Leuckarteara octona* con $8.3 \pm 4.04 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Figura 4).

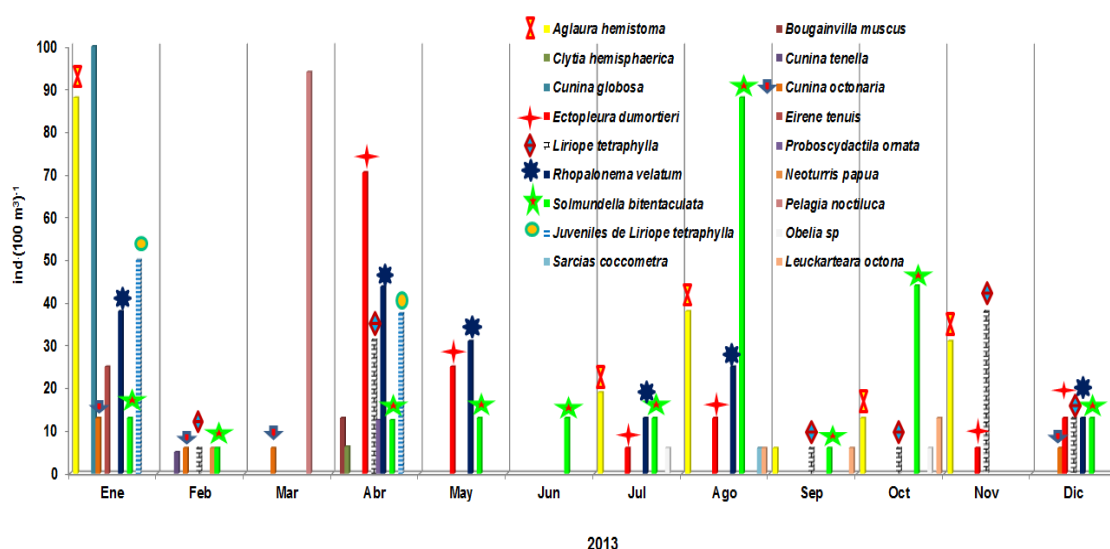


Figura 4.- Distribución estacional de las densidades poblacionales de medusas durante la época húmeda y seca a nivel vertical en la estación fija La Libertad en 2013.

Diversidad: Capa superficial (0m).

Medusas

En la estación fija La Libertad para la época húmeda a nivel superficial los índices ecológicos registraron un valor de Shannon de 0.31 bits, coincidente con una baja población de cnidarios, Pielou reportó un valor de 0.45 bits, evidenciando que las especies no están distribuidas equitativamente, mientras Simpson proporciona un valor de 0.85 bits, demostrando que una especie determinada (*Pelagia noctiluca*) es abundante sobre el resto. Durante la época seca a nivel superficial se registra un

índice de Shannon de 0.71 bits, Pielou reportó un valor de 0.5 bits, mientras que el índice de Simpson registró 0.64 bits.

Columna de agua (0-50m).

En este estrato durante la época húmeda se registró un valor de Shannon de 2.36 bits, mientras Pielou reportó 0.71 bits demostrando que las especies presentan tendencia a distribuirse equitativamente, Simpson reporta un bajo valor con 0.1 bits. En la época seca el índice de Shannon decrece a un valor de 1.8 bits, Pielou con 0.6 bits y Simpson con 0.21 bits (Figura 5).

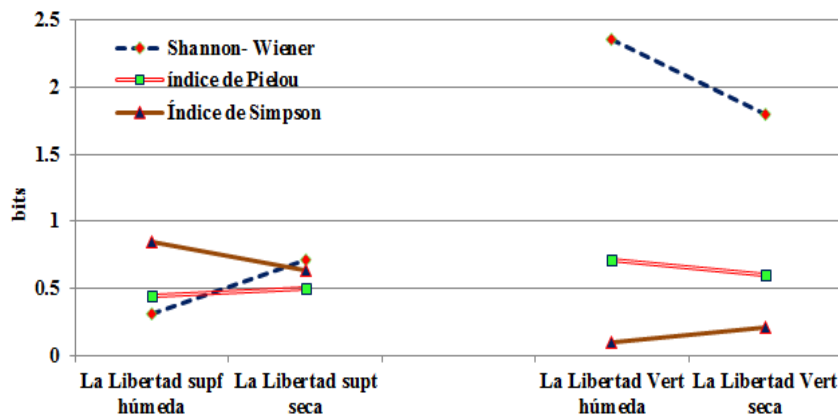


Figura 5.- Distribución de los índices de abundancia proporcional y dominancia de las medusas, durante los periodos húmedos y secos en la Estación Fija La Libertad durante el 2013.

Sifonóforos

La Libertad: Capa Superficial (0 m).

Durante la época húmeda este grupo reportó entre 0.35 % de abundancia relativa en relación a la biomasa total zooplanctónica, cabe mencionar que la mayor densidad poblacional fue registrada para el mes de enero con $20 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, y con carácter dominante se observó a *Agalma okeni* evidenció $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Sulculeolaria biloba* con $7 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Disphyes dispar* y *Sulculeolaria quadrivalvis* con $2 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, decreciendo para el mes de marzo a $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, reportando a *S. quadrivalvis* con $8 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ como dominante, seguido de

Disphyes bojani con $4 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *A. elegans* con $1 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, e incrementándose para el mes de abril a $28 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, donde *Nanomia bijuga* fue dominante con $23 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *S. biloba* con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Durante la estación seca se reportó la dominancia de *Muggiaea atlantica* con $191 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Disphyes dispar* con $182 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, en menor proporción se presentaron *S. biloba*, *S. quadrivalvis*, *S. chuni*, *A. elegans*, *Chelophyes contorta*, *S. monoica* y *Eudoxoides mitra*.

Cabe recalcar que la mayor densidad poblacional se observó para el mes de agosto con

237 ind · (100m³)⁻¹, donde *Muggiaea atlantica* fue dominante con 177 ind · (100m³)⁻¹, seguido de *D. dispar* con 27 ind · (100m³)⁻¹, *S. quadrivalvis* con 18 ind · (100m³)⁻¹, mientras en menor población se reportaron a *A. elegans*, *S. monoica* y *S. biloba* con 5 ind · (100m³)⁻¹ respectivamente. Decreciendo considerablemente para septiembre a 89 ind · (100m³)⁻¹, siendo dominante *Diphyes dispar* con 68 ind · (100m³)⁻¹, seguido de *S. biloba* con 16 ind · (100m³)⁻¹ y *S. quadrivalvis* con 5 ind · (100m³)⁻¹, octubre con 42 ind · (100m³)⁻¹ incrementándose ligeramente para noviembre a 69 ind · (100m³)⁻¹. Cabe mencionar que los meses con menor densidad poblacional fueron julio y diciembre con 18 y 7 ind · (100m³)⁻¹ respectivamente.

Columna de agua (0-50m).

En este estrato durante la época húmeda se reportó la dominancia de *Muggiaea atlantica* con 375 ind · (100m³)⁻¹, seguido de *Lensia conoidea* con 63 ind · (100m³)⁻¹, *Lensia multicristata* con 38 ind · (100m³)⁻¹, *S. biloba* con 25 ind · (100m³)⁻¹, mientras en menores densidades poblacionales se evidenciaron a

Rosacea cymbiformis, *Lensia fowleri*, *Agalma okeni* y *A. elegans* con 6 ind · (100m³)⁻¹.

En esta época se evidenció la mayor biomasa de sifonóforos para el mes de enero 2013 con 451 ind · (100m³)⁻¹ donde *M. atlantica* fue dominante con 325 ind · (100m³)⁻¹, seguido de *Lensia conoidea* con 63 ind · (100m³)⁻¹, *Lensia multicristata* con 38 ind · (100m³)⁻¹, *S. biloba* con 25 ind · (100m³)⁻¹, mientras para los meses de febrero, abril, y mayo las densidades poblacionales presentaron un promedio de 30 ind · (100m³)⁻¹.

En la época seca (Fría) registró a la mayor biomasa para los meses de octubre con 245 ind · (100m³)⁻¹ donde *M. atlantica* fue abundante con 194 ind · (100m³)⁻¹ y noviembre con 213 ind · (100m³)⁻¹, reportando a *Agalma elegans* con 50 ind · (100m³)⁻¹, *Physophora hidrostatica* con 44 ind · (100m³)⁻¹, *Nanomia bijuga* y *D. dispar* con 31 ind · (100m³)⁻¹ y *Agalma okeni* con 19 ind · (100m³)⁻¹. Mientras *M. atlantica* fue abundante para los meses de agosto con 38 ind · (100m³)⁻¹ y septiembre con 75 ind · (100m³)⁻¹ (Figura 6).

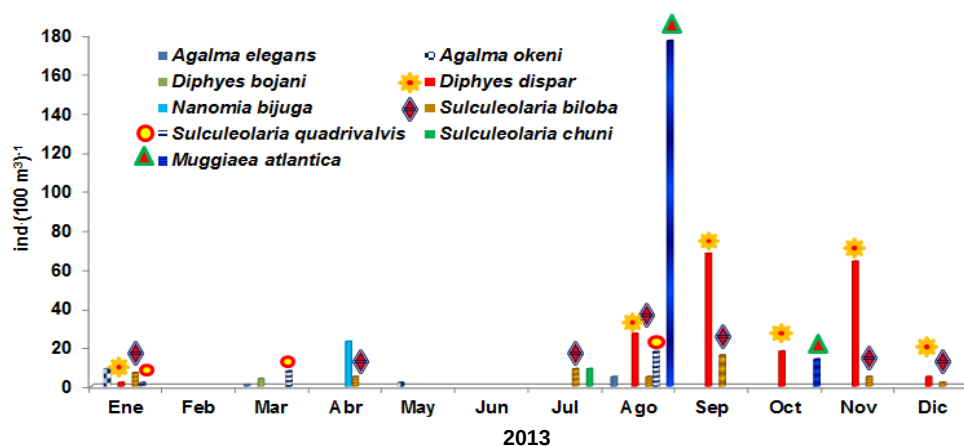


Figura 6.- Distribución de las densidades poblacionales de los sifonóforos a nivel vertical en la estación fija La Libertad durante ambas épocas estacionales en el 2013.

Diversidad: Capa superficial (0m).

Sifonóforos

En la estación Fija La Libertad en la época húmeda en este estrato el índice de Shannon registró un valor de 1.63 bits, mientras a la

equitatividad presentó valores de 0.83 bits y el índice de Simpson reportó 0.21 bits. En la época seca el índice de Shannon decreció gradualmente a un valor de 1.35 bits, Pielou a 0.61 bits y el índice de dominancia de Simpson tuvo un ligero incremento de valor a 0.33 bits.

Columna de agua (0-50m).

A nivel vertical durante la época húmeda el índice de Shannon registró un valor de 1.14 bits y una equitatividad de Pielou presentó un valor de 0.49 bits y Simpson de 0.5 bits. Mientras en la época seca en este estrato registró un valor

de 2.03 bits evidenciando la mayor población de sifonóforos, con una equitatividad de 0.71 bits lo que nos indicaría que las especies tienen una tendencia de igualdad de distribución poblacional y por consiguiente presentando un valor de dominancia de Simpson de 0.23 bits (Figura 7).

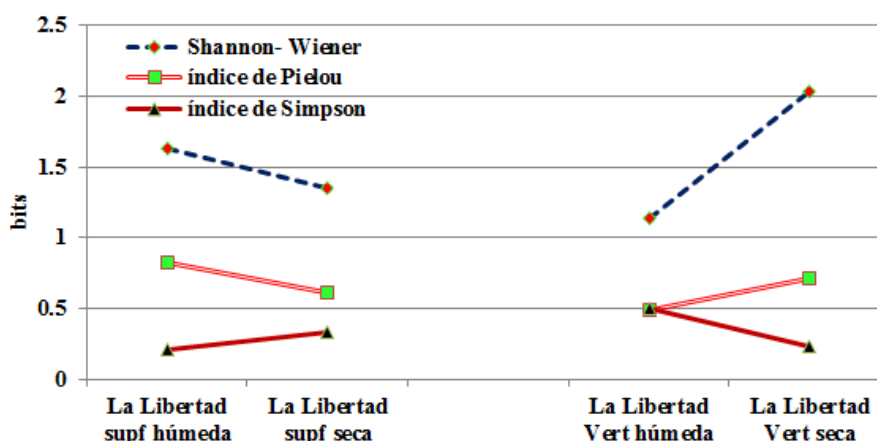


Figura 7.- Distribución de los índices de abundancia proporcional y dominancia de los sifonóforos, durante los periodos húmedos y secos en la Estación Fija La Libertad en el 2013.

Estación Fija de Manta: Capa Superficial (0m).

Medusas

En este estrato durante la época húmeda se observó un promedio de Temperatura Superficial del Mar de 26.2°C y 32.8 UPS, característica de Aguas Tropicales Superficiales, registrándose bajas densidades poblacionales de medusas, evidenciando a la especie *Aglaura hemistoma* como la dominante para los meses de enero con 7 ind · (100m³)⁻¹ y febrero con 9 ind · (100m³)⁻¹ respectivamente, para el mes de marzo se observaron 2 especies, representadas por *Eucheilota nemoni* con 2 ind · (100m³)⁻¹ y *Eutonina scintillans* con 3 ind · (100m³)⁻¹, mientras en abril fueron los juveniles de *L. tetraphylla* con 2 ind · (100m³)⁻¹ y estando ausentes en mayo.

En la época seca (Fría) se reportaron las mayores densidades poblacionales para los

meses de junio con dos especies, representados por *S. bitentaculata* con 18 ind · (100m³)⁻¹ y *Rhopalonema velatum* con 9 ind · (100m³)⁻¹, decreciendo para septiembre a 9 ind · (100m³)⁻¹, e incrementándose para octubre con una población de 34 ind · (100m³)⁻¹ y representadas por dos especies como *A. hemistoma* con 32 ind · (100m³)⁻¹ y *Sarsia coccometra* con 2 ind · (100m³)⁻¹, para el mes de noviembre se registraron 3 especies, representadas por *Obelia* sp., con 11 ind · (100m³)⁻¹, *A. hemistoma* con 7 ind · (100m³)⁻¹ y *Sarsia coccometra* con 2 ind · (100m³)⁻¹, mientras para diciembre se observaron 2 especies representadas por *A. hemistoma* con 2 ind · (100m³)⁻¹ y *Liriope tetraphylla* con 2 ind · (100m³)⁻¹. Cabe mencionar que la especie dominante durante toda estación húmeda fue *A. hemistoma* con un promedio de 12.5±13.3 ind · (100m³)⁻¹ (Figura. 8).

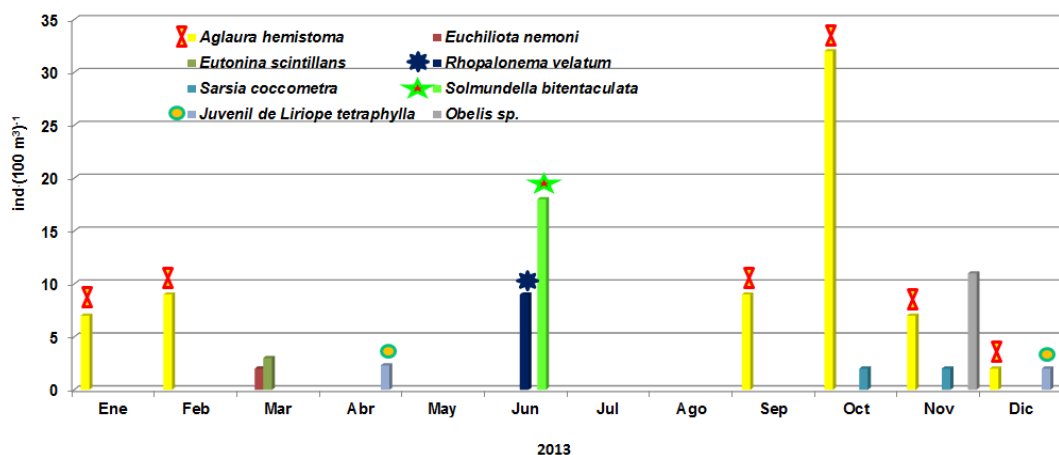


Figura 8.- Distribución de las densidades poblacionales de medusas a nivel superficial en la estación fija de Manta durante ambas épocas estacionales en el 2013.

Columna de agua (0-50m).

En la estación fija de Manta durante toda la época húmeda (enero hasta abril) en este estrato, las especies dominantes fueron representada por *Aglaura hemistoma* con un promedio de $33 \pm 14.6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *L. tetraphylla* con $14.5 \pm 14.6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ para adultos y $10.7 \pm 9.5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ para juveniles, *S. bitentaculata* con $18.5 \pm 17.6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *Rhopalonema velatum* con $10.5 \pm 3.9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras en menores proporciones se observaron a *Crossota brunnea*, *Cunina octonaria*, *Ectopleura dumortieri*, *Pelagia noctiluca* y *Proboscycyda1la stellata* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

En esta estación se reportaron las mayores densidades poblacionales desde enero hasta mayo a excepción del mes de marzo que fue menor. Para el mes de enero se reportó una biomasa de $62 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, siendo dominante *Aglaura hemistoma* con $44 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras en mínimas densidades poblacionales se observaron a *Rhopalonema velatum*, *Solmundella bitentaculata* y Juveniles de *L. tetraphylla* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, decreciendo para febrero a una población de $49 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y con carácter dominante se reporta a *A. hemistoma* con $31 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguidos de *L. tetraphylla*, *Proboscycyda1la stellata* y juveniles de *L. tetraphylla* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$

respectivamente. Incrementándose para el mes de abril con $75 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, siendo dominantes *L. tetraphylla* adulto y juveniles con 31 y $25 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente, mientras en menor proporción se evidenció a *Ectopleura dumortieri* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Durante el mes de mayo (Transición) presentó una población de $106 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, reportándose 7 especies de cnidarios, representadas con carácter dominantes por *A. hemistoma* con $44 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ asociada para aguas cálidas, *S. bitentaculata* con $31 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ asociadas a aguas frías (Kramp,1968), *Rhopalonema velatum* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, asociado a intrusión de aguas oceánicas, mientras en mínima densidad poblacional se observaron a *Crossota brunnea*, *Cunina octonaria* y *L. tetraphylla* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ respectivamente. Cabe mencionar que la menor población se reportó para el mes de marzo con $25 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, siendo dominante *A. hemistoma* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Pelagia noctiluca* que es una forma oceánica de aguas cálidas y templadas (Russell, 1970) y juveniles de *L. tetraphylla* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ características de aguas frías (Kramp,1968).

Durante toda la época seca se registraron 3 especies dominantes representadas por *A. hemistoma* un promedio de $37.8 \pm 44.4 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Solmundella bitentaculata* con $24.14 \pm 22.44 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *L.*

tetraphylla con $13.32 \pm 14.35 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. En este estrato se observó la mayor densidad poblacional para el mes de julio con $225 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, reportando a *A. hemistoma* con $125 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *S. bitentaculata* con $68 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Bougainvilla muscus*, *Cunina octonaria*, *Ectopleura dumortieri*, *L. tetraphylla* y *Sarcia cocometra* con $6 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ cada especie, decreciendo gradualmente para octubre con $139 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, reportando a *L. tetraphylla* con $44 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *S. bitentaculata* con $38 \text{ ind} \cdot$

$(100\text{m}^3)^{-1}$, *A. hemistoma* con $32 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *Cunina octonaria* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, para diciembre se evidencia $87 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ con dos especies dominantes, reportando a *A. hemistomas* con $38 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *S. bitentaculata* con $25 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, para noviembre se registró $76 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, evidenciando 4 especies dominantes, representadas por *Obelia* sp., con $19 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Sarcia cocometra*, *S. bitentaculata* y *A. hemistoma* con $13 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ cada una (Figura 9).

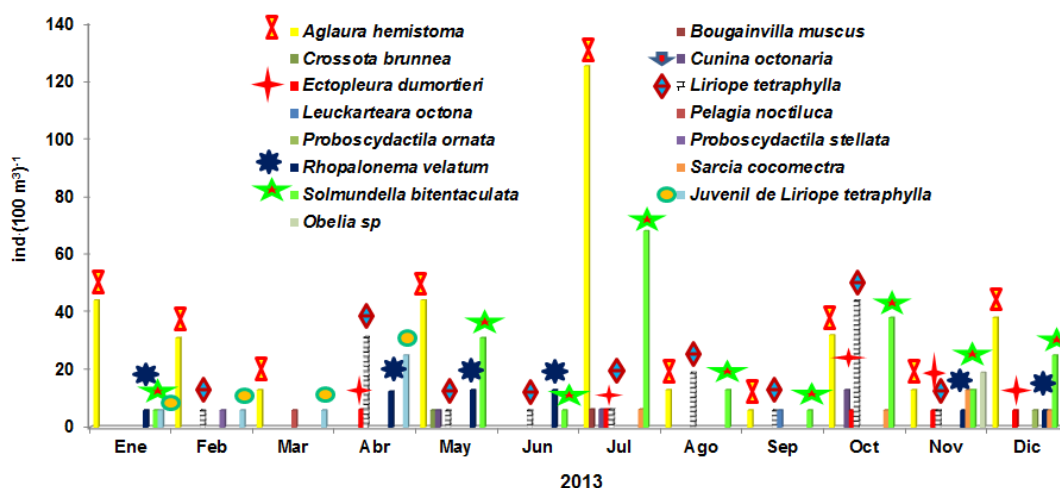


Figura 9.- Distribución estacional de las densidades poblacionales de medusas a nivel vertical en la estación fija de Manta durante el 2013.

Diversidad: Capa superficial (0m).

Medusas

En la Estación Fija de Manta a nivel superficial durante todo el periodo húmedo el índice de Shannon fue de 0.94 bits, mientras el índice de uniformidad de Pielou registró 0.68 bits y Simpson reportó un valor de 0.49 bits. Durante la época seca (Fría) el índice de Shannon incrementó a un valor de 1.34 bits, asociándose a la mayor diversidad de especies, la uniformidad evidenció un valor de 0.75 bits característica de una población un poco irregular en la distribución de las especies y Simpson con 0.33 bits.

Columna de agua (0-50m).

En este estrato durante la época húmeda la distribución poblacional de medusas reportó un índice de diversidad de Shannon de 1.76 bits y un índice de uniformidad de 0.76 bits, mientras el valor de dominancia registró un 0.23 bits, indicando que no existe una dominancia marcada de alguna especie determinada. En la época seca decreció ligeramente la población de medusas registrando un valor de Shannon de 1.73 bits, una uniformidad de 0.72 bits y un a dominancia de Simpson de 0.23 bits (Figura 10)

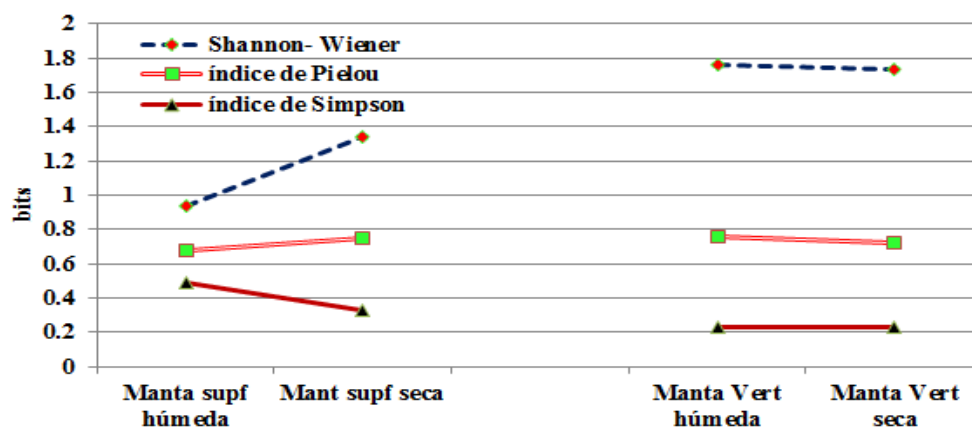


Figura 10.- Distribución de los índices de abundancia proporcional y dominancia de las medusas, durante los periodos húmedos y secos en la Estación Fija de Manta, durante el 2013.

Sifonóforos

Capa superficial (0 m).

En este estrato en la época húmeda se observó a *Sulculeolaria quadrivalvis* con un promedio de $23.6 \pm 27.1 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Sulculeolaria biloba* con $14.5 \pm 4.2 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Lensia multicristata* con $5 \pm 2.3 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Lensia conoidea* con $5 \pm 3.2 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *A. elegans*, *D. dispar* y *Chelophyes contorta* con $2 \pm 1.2 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Cabe mencionar que en este estrato y en esta época se reporta la mayor densidad poblacional para el mes de mayo con $100 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, siendo dominante *S. quadrivalvis* con $55 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *S. biloba* con $27 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Agalma elegans* y *Lensia multicristata* con $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Mientras para los meses de enero, febrero y marzo las densidades poblacionales fueron bajas.

Mientras en toda la época seca en este estrato se evidencia a *S. biloba* un promedio de $34.7 \pm 55.5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Disphyes dispar* con $22.7 \pm 13.5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *S. chuni* y *Chelophyes contorta* con $13 \pm 7.16 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Cabe indicar que la mayor biomasa se reportó para el mes de julio con $227 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ donde *S. biloba* fue dominante con $118 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *S. chuni* con $64 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Chelophyes contorta* con $18 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras *L. multicristata*, *Lensia hardy* y *S. quadrivalvis* reportaron $9 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ cada especie. La mínima densidad poblacional se registró para el mes de agosto con $15 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, representados por 3 especies como *A. okeni*, *S. biloba* y *S. quadrivalvis* con $5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ cada especie (Figura 11).

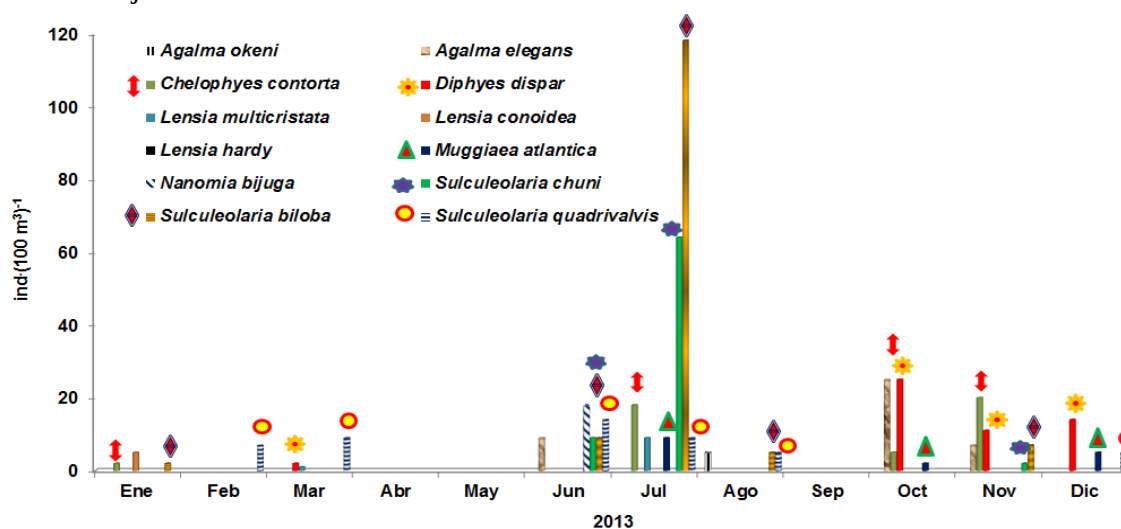


Figura 11.- Distribución estacional de las densidades poblacionales de sifonóforos a nivel superficial en la estación fija de Manta durante el 2013.

Columna de agua (0–50m).

En este estrato en toda la época húmeda se reporta la mayor población de *Muggiaea atlantica* con un promedio de $70.2 \pm 83.5 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Nanomia bijuga* con $28 \pm 3.3 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *Agalma okeni* y *Halistemma rubrum* con $31 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, es de mencionar que la mayor densidad poblacional se observó para el mes de mayo con $257 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, donde *M. atlantica* reporta $194 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido del mes de febrero con $112 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ reportando 3 especies representadas por *Nanomia bijuga* con $50 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, *M. atlantica* y *Halistemma rubrum* con $31 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Durante toda la época seca se observaron dos especies dominantes, representadas por *Muggiaea atlantica* con un promedio de $59.4 \pm 77.1 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de *Sulculeolaria biloba* con un promedio de $18.7 \pm 18 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Es de mencionar que la mayor biomasa de sifonóforos se registraron para septiembre con $125 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, donde *M. atlantica* fue dominante con $75 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, incrementándose para octubre a $250 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, representados por dos especies dominantes como *M. atlantica* con $188 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y *Sulculeolaria biloba* con $44 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Figura 12).

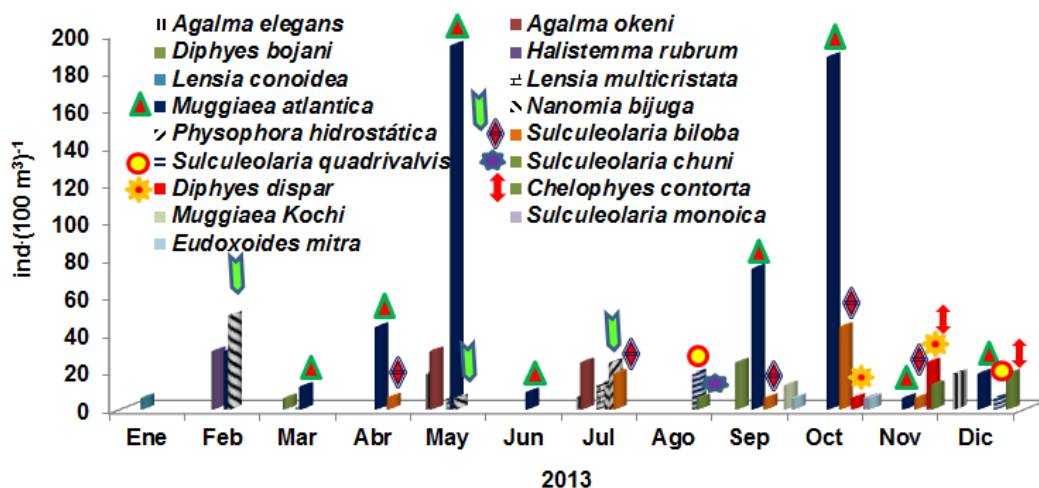


Figura 12.- Distribución estacional de las densidades poblacionales de sifonóforos a nivel vertical en la estación fija de Manta durante el 2013.

Diversidad: Capa superficial (0m).

Sifonóforos

En la estación de Manta este grupo registró un índice de Shannon de 1.63 bits a nivel superficial en la época húmeda, mientras el índice de equidad de Pielou presentó un valor de 0.83 bits y un índice de Simpson de 0.21 bits. Durante la época seca (Fría) el índice de diversidad de Shannon decreció a un valor de 1.35 bits, de igual manera se observó al valor de equidad de Pielou con 0.61 bits y un índice de dominancia de Simpson de 0.33 bits.

Columna de agua (0–50m).

En este estrato de agua el índice de Shannon registró 1.31 bits, mientras el índice de Pielou reportó un valor de 0.56 bits y la dominancia de Simpson presentó un valor de 0.42 bits. En la época seca el índice de diversidad de Shannon registró un valor de 1.96 bits y una equidad de 0.72 bits, mientras el índice de dominancia de Simpson presentó un valor de 0.25 bits (Figura 13).

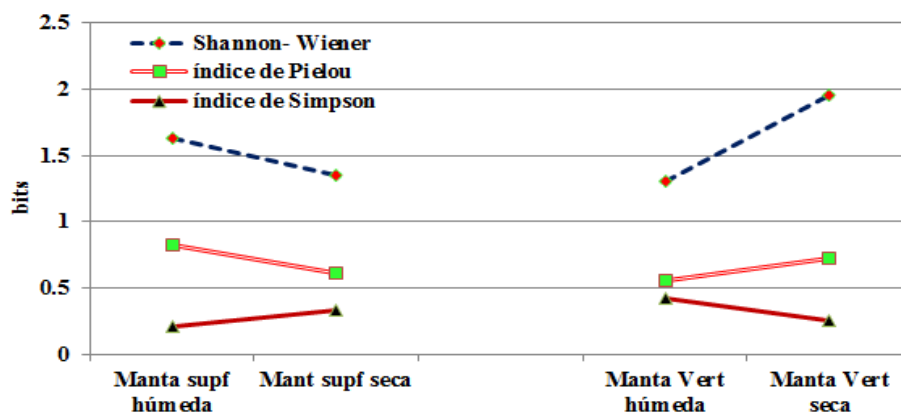


Figura 13.- Distribución de los índices de abundancia proporcional y dominancia de los sifonóforos, durante los periodos húmedos y secos en la Estación Fija de Manta durante el 2013.

La distribución de las medusas y sifonóforos en relación a la ANOVA registraron valores de Sig (significancia) prácticamente cero, concluyéndose que existe evidencia estadística en favor de la hipótesis de que el número de organismos biológicos es dependiente de las estaciones climáticas en la que se encuentre (Tabla 1; Tabla 2).

- Tabla 1.- ANOVA para dos entidades biológicas: Medusas y Sifonóforos y un factor: verano e invierno, capturadas superficial y verticalmente en La Libertad.

Superficial_La_Libertad

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BetweenGroups	20,979	1	20,979	125,098	,000
WithinGroups	118,566	707	,168		
Total	139,546	708			

Vertical_La_Libertad

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BetweenGroups	22,403	1	22,403	93,184	,000
WithinGroups	600,803	2499	,240		
Total	623,206	2500			

- Tabla 2.- ANOVA para dos entidades biológicas: Medusas y Sifonóforos y un factor: verano e invierno, capturadas superficial y verticalmente en Manta.

Superficial_Manta

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BetweenGroups	4,598	1	4,598	35,517	,000
WithinGroups	90,108	696	,129		
Total	94,706	697			

Vertical_Manta

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BetweenGroups	2,583	1	2,583	10,448	,001
WithinGroups	458,013	1853	,247		
Total	460,595	1854			

DISCUSIONES

Rodríguez Sáenz *et al.* 2012. menciona que en la Bahía Culebra en el Pacífico Central en Costa Rica se registraron entre 0 a 40 metros de profundidad 53 especies. Mientras en otras zonas influenciadas por afloramientos (Pagés *et al.* 1991) estudiado estratos desde 0 a 200 metros de profundidad e influenciados por la corriente de Benguela en el Atlántico sur-este, entre 1977 a 1986 se registraron 55 especies de hidromedusas en ese amplio estudio espacio-temporal.

En el Pacífico colombiano (Baldrich& López 2010), observaron 40 especies de hidromedusas, mientras en un recuento de estudios realizados desde 1897 hasta la actualidad en el Pacífico mexicano se reportan un total de 86 especies de hidromedusas (Segura-Puertas *et al.* 2003). Mientras en el Pacífico ecuatoriano (Andrade, C., 2012), ha reportado un rango de 8 a 10 especies de medusas entre los 83°O y 92°O y desde 2° N hasta 2° S. durante los Cruceros Regionales e Insulares del BI-91 ORIÓN en 2009, 2010, 2012 y 2013. A nivel costero el número de especies colectadas en el año 2013 entre 0 a 50 metros de profundidad fueron de 13 especies es la estación fija La Libertad, mientras en la estación de Manta se observaron 11 especies a 10 millas Costa Afuera. Cabe recalcar que el número de especies de medusas fué menor en relación a lo reportado entre el año 2004 y 2005 en la Bahía de Santa Elena, donde se evidenciaron 24 especies.

En relación a estudios anteriores, Segura-Puertas,(1984) contabilizó 37 especies neríticas registradas en diferentes cruceros desde los 80° hasta los 125° W en el Pacífico Oriental.

CONCLUSIONES

En la estación fija La Libertad durante toda la época húmeda se registraron 6 especies dominantes representados por *Aglaura hemistoma*, *Cunina globosa*, *Ectopleura dumortieri*,

Rhopalonema velatum, juveniles de *Liriope tetraphylla* y *Pelagia noctiluca*, mientras los sifonóforos registraron 6 especies dominantes evidenciando a *A. okeni*, *N. bijuga*, *S. biloba*, *S. quadrivalvis*, *L. conoidea* y *M. atlantica* presentes en nuestras costas con una temperatura promedio para toda la época húmeda de 27.1°C y 32.5 UPS, asociadas a Aguas Tropicales Superficiales.

Durante la época seca se evidenciaron 4 especies dominantes representadas por *A. hemistoma*, *L. tetraphylla*, *R. velatum* *S. bitentaculata*, mientras los sifonóforos registraron 2 especies representadas por *D. dispar* y *M. atlanticas* presentes en aguas con temperatura promedio de 23.5°C y 33.8 UPS, característicos de Aguas Ecuatoriales Superficiales.

En la estación fija de Manta durante la época húmeda se reportan a *A. hemistoma*, *Eutonina scintillans*, adulto y juveniles de *L. tetraphylla* presentes en aguas de 26.2°C y 33 UPS típicos de Aguas Tropicales Superficiales, mientras los sifonóforos registraron para la época húmeda a *S. biloba* y *S. quadrivalvis*, mientras para la época seca se observaron a *Chelophyes contorta*, *D. dispar*, *S. chuni* y *S. biloba*.

En términos de diversidad, se destaca la mayor diversidad y mejor uniformidad en la distribución de las especies de medusas en la época húmeda a nivel vertical en La Libertad, decreciendo levemente para la época seca, mientras los sifonóforos en esta misma estación reportaron mayor diversidad e igualdad de distribución de especies a nivel superficial en ambas épocas estacionales, mientras en la columna de agua este comportamiento se observó para la época seca.

En la estación fija de Manta las medusas y sifonóforos presentaron las mayores diversidades poblacionales e igualdad de distribución poblacional de las especies a nivel superficial como vertical en ambas épocas estacionales.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea dejar constancia de agradecimiento al Sr. Director del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), al señor jefe de Departamento de Ciencias del Mar por brindar su apoyo incondicional para la publicación del presente artículo.

Al M.Sc. Cristian Naranjo por las valiosas sugerencias vertidas al presente documento, al Ing. Estadístico Gabriel Shigla e Ing. Amb. Isabel García por el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFÍA

Alvariño, A., 1971. Siphonophores of the Pacific with a review of the world distribution. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography* 16: 1-432.

Alvariño, A., 1972. Zooplankton del Caribe, Golfo de Mexico y regiones adyacente del Pacífico. IV Congreso Nacional de Oceanografía México, 223-247.

Alvariño, A., 1975. Indicadores planctónicos: Distribución batimétrica de algunas medusas. Resumen del II Simposio Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica, Cumaná, Venezuela, pp 139-160.

Alvariño, A., 1976. El zooplankton de la región de la América Central en el Pacífico. III Simposio Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica, El Salvador, 1-47.

Alvariño, A. 1977. El plancton del Pacífico ecuatorial. IV Simposio-Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica. Guayaquil, Ecuador.

Alvariño, A. 1981. Siphonophora, In: **BOLTOVSKOY, D.** (ed) Atlas del zooplankton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajos con el zooplankton marino. Mar del Plata, Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y desarrollo Pesquero, Argentina, pp. 383-441.

Agassiz, 1902. Reports on the scientific result of the Expedition to the Tropical Pacific in charge of Alexander Agassiz by the U.S. Fish Commission Steamer Albatros, from August 1899, to March 1900. III Medusae. *Mem. Mus. Comp. Zool. Harv.*, 26 (3): 139-189.

Andrade, C., 2012. Distribución Estacional y Ecología de las Medusas (Cnidaria: Hydrozoa) en la zona costera Sur de la Bahía de Santa Elena durante el periodo (octubre 2004-octubre 2005). *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*. Vol. 17, No. 1, pp. 127-138

Baldrich, A. & R. López. 2010. Hidromedusas mesozooplanktonica del Océano Pacífico Colombiano. *Biot. Colomb.* 11 (1/2): 3 -11.

Berrill, N. J., 1950. Development and medusa-bud formation in the Hydromedusae. *Quart. Rev. Biol.*, 25 (3):292-316.

Bigelow, R. P. 1909. A new narcomedusa from the North Atlantic. *Biological Bulletin. Marine Biological Laboratory Woods Hole* 16: 80-82.

Bigelow, R. P. 1940. Medusae of the Templeton Crocker and Eastern Pacific ZACA Expeditions, 1936-1937. *Zoologica, N. Y.*, 25 (19): 281-321.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplankton del Atlántico sudoccidental y método de trabajo con el zooplankton marino. Mar del Plata, Argentina. 5(3): 32-40

Bouillon, J. 1999. Hydromedusae In: Boltovskoy, D. (Ed) South Atlantic Zooplankton Publishers Leiden, The Netherlands, 385-465 pp.

Clarke, K. & R. Warwick. 1994. Change in Marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. United Kingdom. 144p.

Camargo, J. A. 1995. On measuring species evenness and other associated parameter of community structure. *Oikos*, **74**: 538-542.

Graham, M. W., Pagès, F. y W, M. Hamner. 2001. A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. *Hydrobiologia* **451**: 199-212.

Holmes, R.W. 1970. The Secchi disk in turbid coastal waters. *Limnol. & Ocean.* **15**: 688-694.

Hill, M.O. 1997. An evenness statistic based on the abundance-weighted variance of species proportions. *Oikos*, **79**: 413 – 416.

Inocar.2009. Informe técnico Crucero Oceanográfico **CO-I-2009**. Insular; **BI-91 ORIÓN**; 12-15 pp.

Inocar.2010. Informe técnico Crucero Oceanográfico **CO-III-2010**; Regional Conjunto **XIII CPPS**; **BI-91 ORIÓN**; 43-62 pp.

Inocar.2012. Informe técnico Crucero Oceanográfico **CO-I-2012**; Regional Conjunto **CPPS**; **BI-91 ORIÓN**; 21-32 pp.

Inocar.2013. Informe técnico Crucero Oceanográfico **CO-III-2013**; Regional Conjunto **CPPS**; **BI-91 ORIÓN**; 54- 75 pp.

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

Mayer, A.G. 1910. Medusae of the world. I. Hydromedusae II, Hydromedusae III. Scyphomedusae. *Publ. Carnegie Inst. Wash.*; **1-733**.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, **179 pp**.

McEwen, G. F., M.W. Johnson y T. R. Folsom, 1954. Astatistical analysis of the

performance of the Folsom plankton simple splitter, based upon test observations: *Arch. Meteor. Geoph. Bioklimat. Ser. A*, **7**: 502-527.

Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T- Manuales y Tesis SEA, vol. I. Zaragoza, 84 pp.

Pagés, F., H. Verheye, J. Gili & J. Flos. 1991. Short-term effects of coastal upwelling and windreversals on epiplanktonic cnidarians in the Southern Benguela ecosystem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* **10**:203-211.

Pagés Francesc., Gili Josep-María & Bouillon Jean., 1992. Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa) of the Benguela Current (southeastern Atlantic). **220-254 pp**.

Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematic*, **5**: 285 – 307.

Peet, R. K. 1975. Relative diversity indices. *Ecology*, **56**: 496 – 498.

Pielou, E. C., 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, Inc., New York, **165pp**.

Pugh, P.R. 1996. Siphonophora. In: Gasca, R. & Suárez, E. 1996. Introducción al estudio del zooplankton marino. El colegio de Frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT. México. **711p**.

Rodríguez Sáenz, K., Vargas Zamora, J. & Segura-Puertas, 2012. Medusas (Cnidaria: Hydrozoa) de una zona de afloramiento costero, Bahía Culebra, Pacífico, Costa Rica.

Russel, F. S., 1970. The Medusae of the British Isles. Pelagic Scyphozoa with a suplement to the first vol. On Hydromedusae. Cambridge University Press. **281 pp**.

Steedman, H. 1976. Zooplankton fixation and preservation. Monographs on Oceanographic Methodology N. 4. UNESCO, Paris, France. **350 p**.

Smaldo & Lee. 1979. A Sinopsis of Methods for the Narcotisation of Marine Invertebrates. Royal Scottish Museum. Edinburgh. pp 1-55.

Segura Puertas L., 1984. Morfología, Sistemática y Zoogeografía de las Medusas (Cnidarias: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. *INST. CIENC. DEL MAR Y LIMNOL. UNIV. NAL. AUTON. MEXICO PUBL. ESP.* 8: pp 1-329.

Segura-Puertas, L., E. Suárez-Morales & L. Celis. 2003. A checklist of the Medusae (Hydrozoa, Scyphozoa and Cubozoa) of the Mexico. *Zootaxa* 194: 1-15.

Simpson, E. E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163-688 p.

Shannon, C. E. y W. Wiener. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana 117p.

Smith, B. y J. B. Wilson. 1996. A consumers guide to evenness indices. *Oikos*, 76: 70 – 82.

Tregouboff G. and M. Rose, 1957. Manual de plancton del Mediterráneo. Centro Nacional de Investigación Científica. París Tomo 2. 1-207p.

Kramp. P.L. 1965. The Hydromedusae of the Pacific and Indian Oceans. Sec. I. *Dana Rep.*, 63: 1-162.

Kramp. P.L. 1968. The Hydromedusae of the Pacific and Indian Oceans., The Carlsberg Foundation's Oceanographical Expedition round the World 1928-1930 and previous (Dana Expeditions).

UNESCO. Sampling (1968). Manual Zooplankton. Pp 25-46.

Zamponi, M.O., Suárez y R. Gasca. 1990. Hidromedusas (Coelentera Hydrozoa) y Escifomedusas (Coelenterata: Scyphozoa) de la Bahía de Ascensión. Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Pp. 99-107.

Zamponi, M.O. y E. Suárez. 1991a. Blooms of medusae on the shores of Mar del Plata (Argentina). *Plankton Newsletter* 15:19-20.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL Y VARIACIONES NICTEMERALES DE LOS QUETOGNATOS AL OESTE DE LAS ISLAS GALÁPAGOS, ECUADOR

Christian Naranjo ⁽¹⁾

RESUMEN

*Se realizó un monitoreo en enero de 2006, a bordo del buque de investigación Thomas Thompson de la Universidad de Washington de EEUU, en 2 estaciones localizadas al oeste de la isla Isabela, y se recolectaron muestras de zooplancton empleando una red Multinet con sistema de cierre provista de malla de 330 micras, en la E-1 en los estratos de 40-0m; 100-40m; 140-100m, en la E-2 en los estratos de 40-0m; 100-40m; 180-100m. Al oeste de las isla Isabela, Galápagos se determinó un total de 7 especies de quetognatos representados por los géneros Sagitta y Krhonitta, la mayor diversidad de especies se observó en el estrato entre 0-40 m, y su abundancia fue disminuyendo hacia los estratos subsuperficiales, la cual estuvo influenciado por las corrientes marinas principalmente por la Subcorriente Ecuatorial que fue detectada con mayor intensidad hacia el norte de la isla Isabela. Debido a su mayor abundancia las especies Sagitta hexaptera y S. enflata estuvieron asociadas a bajas temperaturas, valores altos de clorofila a y nutrientes principalmente en la estación alejada de la costa de la isla Isabela. Sagitta bedoti se presentó exclusivamente en el estrato entre 0-40 m posiblemente asociado a la termoclina, debido que de acuerdo a su ecología de preferir un hábitat donde existen fuertes gradientes de temperatura y salinidad, en tanto que las especies Sagitta enflata, S. hexaptera, y S. pacifica la termoclina no constituye una barrera física para sus migraciones verticales y nictemerales. Mediante la aplicación de la prueba de **t student** con un 95% de confianza, no se encontraron diferencias significativas empleando las medias de abundancias de las especies reportadas y comparando con los diferentes estratos de profundidad, lo que estuvo directamente relacionado con la intensidad de la Subcorriente Ecuatorial, por lo tanto no se observó una apreciable migración de las especies de quetognatos asociados a las variaciones nictemerales.*

Palabras claves: Quetognatos, Distribución vertical, Migraciones, Corrientes, Clorofila a.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Departamento de Ciencias del Mar; Guayaquil-Ecuador christian.naranjo@inocar.mil.ec

* Este artículo es una síntesis de la tesis de Magister en Ciencias en Manejo de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente, otorgado por la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, noviembre 2010.

ABSTRACT

Monitoring during January-2006, it was conducted aboard the research vessel Thomas Thompson of the University of Washington USA, on 2 stations located west of the island of Isabela, and zooplankton samples were collected using a Multinet network locking system fitted mesh 330 microns in the E-1 40-0m strata; 100-40m strata; 140-100m strata; in the E-2 40-0m strata; 100-40m strata; 180-100m strata. West of Isabela Island, Galapagos was registered a total of 7 species represented of the genera by chaetognaths *Sagitta* and *Krhonitta*, the highest species diversity was observed in the layer between 0-40 m, and its abundance was decreasing towards the subsurface strata determined, which was mainly influenced by ocean currents Equatorial Undercurrent which was detected with greater intensity to the north of Isabela Island.

Because of its greater abundance and species *Sagitta hexaptera*, *S. enflata* were associated with low temperatures, high values of chlorophyll *a* and nutrients mainly in the remote station off the coast of Isabela Island. *Sagitta bedoti* presented exclusively in the 0-40 m layer possibly associated with the thermocline, because that according to their ecology prefer a habitat where there is strong gradients of temperature and salinity, whereas species *Sagitta enflata*, *S. hexaptera* and *S. pacifica* thermocline is not a physical barrier to the vertical migration and nictemerales. By applying the test of *T* student with 95% confidence, no significant difference was determined using the mean abundance of the species reported and compared with the different layers of depth, which was directly related to the intensity of the Undercurrent Equatorial therefore no appreciable migration of species chaetognates associated with nictemerales observed variations.

INTRODUCCIÓN

La información oceanográfica y biológica en la Provincia de Galápagos ha sido incrementada en los últimos años. Las características oceanográficas y biológicas al oeste de las Galápagos evidencia el afloramiento en términos de temperatura, nutrientes e incremento de la productividad originado por la fertilización de las aguas superficiales (Jiménez, 1981).

Pak y Zaneveld (1974), en sus investigaciones de la oceanografía física y biológica han llegado a las siguientes conclusiones:

“El afloramiento ecuatorial asociado con la divergencia inducida por el viento, y la Subcorriente Ecuatorial, parece ser el mayor origen del agua fría del Frente Ecuatorial al este de las islas Galápagos”.

“La Subcorriente Ecuatorial se extiende al este de las islas Galápagos más allá de los 85° 30' O encontrándose así la subcorriente asociada con el afloramiento en el lado este de las islas Galápagos”.

El afloramiento en la zona ecuatorial está relacionado con el sistema de los vientos alisios, cuya intensidad cambia con la variabilidad de la fuerza de los vientos en el espacio longitudinal y en el tiempo estacional, de año a año, El Niño y La Niña (Jiménez, 2008).

El afloramiento ecuatorial asociado con bajas temperaturas, alta salinidad, bajo contenido en oxígeno y rico en nutrientes se conoce que se extiende hacia el oeste de las islas Galápagos hasta cerca de los 180° O asociado con un incremento de la termoclina hacia el oeste según los trabajos de Wooster y Cromwell (1958); Lemasson y Piton (1969), referido en el estudio de los aspectos biológicos de El Niño en el Pacífico Ecuatorial (Jiménez, 2008).

Los procesos constantes de surgencia al oeste de las islas Galápagos, se deben principalmente

por los altos contenidos en nutrientes que favorecen las moderadas y altas concentraciones de fitoplancton, y estas a su vez, sirven de alimento para los niveles tróficos superiores, y la fauna marina en Galápagos.

La distribución cuantitativa de los Quetognatos es un aspecto mucho menos conocido que la cualitativa. Reeve (1970), referido en Boltovskoy (1981), señalan que estos organismos son segundos en importancia después del taxón Copépoda, y normalmente las mayores concentraciones de quetognatos están asociado a las áreas de alta productividad, tales como divergencias y zonas de frente.

La distribución vertical del plancton no es estática, por lo que muchas especies realizan movimientos de migración vertical. Este ritmo es muy frecuente, y existen especies que pasan su vida subiendo y bajando, en la columna de agua.

La mayoría de las migraciones verticales denominadas ritmos nictermales del plancton siguen el ritmo alterno de los días y las noches. Según Margalef (1967) ha indicado:

“La sucesión del día y la noche determina la oscilación en los valores de muchas variables ecológicas, la migración vertical con ritmo nictermal es casi muy general en los organismos del zooplancton, principalmente los grupos de medusas, cladóceros, quetognatos, copépodos, tunicados, larvas de crustáceos, y peces, los cuales descienden cuando la luz solar es intensa, y vuelven aproximarse en la superficie por la noche”.

El trabajo ha tenido como hipótesis, asumiendo que la distribución vertical de las especies de quetognatos está influenciada por las condiciones oceanográficas así como las variaciones nictermales.

El objetivo general es determinar las relaciones ecológicas entre las especies de quetognatos y las variables de temperatura, salinidad, produc-

ción primaria clorofila *a* y las variaciones nictemerales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de campo.

Durante el 6 al 25 enero del 2006, a bordo del Buque de investigación Thomas Thompson de la Universidad de Washington-EEUU, se efec-

tuó un crucero de investigación oceanográfica en las islas Galápagos, para el efecto se realizó el lance de la roseta, CTD y redes de cierre automático para recolectar las muestras de agua y muestras de plancton (Fig. 1).

Las muestras de zooplancton se obtuvieron en dos estaciones (E-1) y (E-2), a 3 niveles de profundidad, bajo las siguientes coordenadas:

Estación	Latitud	Longitud
E-1	00° 37' S	91° 19' W
E-2	00° 37' S	91° 25' W.

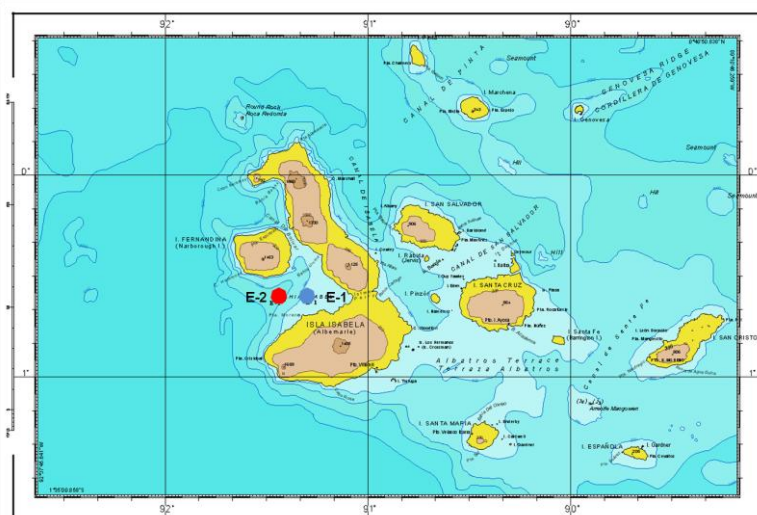


Fig. 1. Muestreo en las estaciones (E-1) y (E-2) en el canal Bolívar, islas Galápagos en enero de 2006.

Para el efecto se efectuaron muestreos de plancton y colecta de agua para análisis de clorofila *a* al sur-oeste de la isla Isabela, se realizaron lances verticales estratificados a diferentes niveles de profundidad, empleando una red Multinet con sistema de cierre automático (Fig. 2).



Fig. 2. a) Lance vertical de la red de cierre a diferentes estratos de profundidad y b) recolección de muestra de zooplancton.

En la estación (E-1) ubicada en la bahía Isabela a 145 m de profundidad se obtuvieron muestras de zooplancton empleando una red Multinet con sistema de cierre y abertura de malla de 330 micras, con un diámetro de abertura de boca de la red de 100 cm, la red fue arrastrada verticalmente en los siguientes estratos: 40-0 m; 100-40 m; 140-100 m de profundidad (Fig. 2).

En la estación (E-2) ubicada al oeste de la isla Isabela, con 1100 m de profundidad se obtuvieron muestras de zooplancton empleando la misma red, la cual fue arrastrada verticalmente en los siguientes estratos: 40-0 m ; 100-40 m; 180-100 m.

Para determinar el valor del área de la boca de la red se empleó la siguiente fórmula: $\pi (r)^2$

El diámetro de la boca de la red Multinet tiene un valor de 1m de diámetro y de radio 0.5 m; reemplazando queda de la siguiente manera:

$3.1416 (0.5)^2 =$ obteniéndose el área de la boca de la red Multinet de 0.7854 m^2

El valor del área de la boca de la red fue multiplicado por el valor de la diferencia entre la profundidad máxima enviada del estrato y la profundidad en que se cierra la red, para cada uno de los estratos a muestrearse, y en cada una de las estaciones, posteriormente multiplicar por el factor de filtración de 0.95, que corresponde al 95% de coeficiente de filtración a través de la boca de la red de cierre.

Para el cálculo de volumen de agua filtrada para cada estrato se obtuvieron los siguientes valores:

Diferencia de lance por estratos, expresado en metros fueron los siguientes:

40 - 0 = 40m; 100 -40 = 60m; 140 -100 = 40m;
180 - 100 = 80m

Volumen de agua filtrada de (40 m) $(0.7854 \text{ m}^2) (0.95) = 29.84 \text{ m}^3$

Volumen de agua filtrada de (60 m) $(0.7854 \text{ m}^2) (0.95) = 44.76 \text{ m}^3$

Volumen de agua filtrada de (80 m) $(0.7854 \text{ m}^2) (0.95) = 59.69 \text{ m}^3$

Finalmente para efectos de interpretación de los resultados obtenidos, se lo estandarizó a la unidad de volumen de agua expresado en Org/100m³.

Las muestras de zooplancton recolectadas fueron fijadas inmediatamente, luego de su colecta utilizando una solución de formalina al 4%, previamente neutralizada con tetraborato de sodio.

Los datos ambientales como temperatura y salinidad fueron recolectadas mediante el lanzamiento del equipo CTD (Conductividad, Temperatura y Profundidad).

Método de laboratorio.

De cada muestra de zooplancton colectada, se obtuvieron alícuotas representativas con la ayuda del separador de Folsom, registrándose el número de ocasiones que fue fraccionada la muestra, para la estimación final de los especímenes de quetognatos.

Se efectuó un análisis cualitativo y cuantitativo de la población de quetognatos, observándose características morfológicas, tales como el número y posición de las aletas laterales; número de dientes anteriores y posteriores; forma de la pigmentación ocular, forma y ubicación de las vesículas seminales y tamaño de los óvulos. Para el efecto se empleó un microscopio compuesto, determinándose las especies de quetognatos con la ayuda de objetivos de 10x, 40x y 100x aumentos (Fotos 1-7).

Para la identificación de los ejemplares adultos se utilizaron las claves de identificación de los trabajos de Sund (1961); Alvarino (1963); Moreno (1973); Boltovskoy y Jankilevich

(1981); Bieri, Bonilla y Arcos (1983); Bonilla (1983); Gasca y Suárez (1996); Ghiardelli (1997).

Las especies determinadas fueron registradas, y el número de ejemplares fueron estableciéndose la unidad de ($\text{Org}/100 \text{ m}^3$), para fines de interpretación.

Análisis de la información.

La abundancia relativa fue estimada basándose en el número de ejemplares de quetognatos en cada uno de los estratos de profundidad en cada estación, para establecer las máximas abundancias de las biomasas de quetognatos en la columna de agua.

La estructura vertical de la columna de agua, fue caracterizada a través del perfil de temperatura, salinidad y clorofila *a*, para el efecto se realizaron mapas de distribución vertical de las variables ambientales utilizando el programa Excel y Surfer versión 7, respectivamente.

Se efectuaron relaciones ecológicas empleando diagramas T-S entre las especies de quetognatos en las estaciones, y en cada estrato de profundidad.

Para determinar las migraciones en la población de quetognatos en la columna de agua durante el día y noche, se aplicó la prueba estadística de *t* de Student para muestras menores a 30, el cual consiste en realizar un diseño experimental de comparaciones de las medias de abundancias en las especies de quetognatos, con la finalidad de establecer diferencias significativas en los diferentes estratos en la columna de agua (Zar, 1996).

Se empleó la prueba de *t* de student con 95% de confianza, con el propósito de establecer si las especies de quetognatos observadas prefieren alguno de los estratos, comparando las abundancias de las especies durante el día y la noche de cada estación.

RESULTADOS

Las condiciones oceanográficas durante enero del 2006, alrededor de las islas Galápagos fueron relativamente normales, con una ligera tendencia hacia condiciones frías. Las anomalías según el Oceanic Niño Index (ONI), en la región 3.4 del océano Pacífico Central, presentaron anomalías negativas entre -0.4 y -0.8 durante noviembre- diciembre de 2005 respectivamente. Durante enero de 2006, la anomalía fue de -0.8, las anomalías negativas fueron disminuyendo durante los meses siguientes de la época húmeda de 2006 (1).

A. Distribución vertical de la clorofila *a* en las estaciones 1 y 2 ubicadas al oeste de las islas Galápagos.

En la estación (E-1), se registró en la capa superficial valores inferiores de clorofila *a* con valores de 0.70 a 0.78 mg/m^3 en comparación a la estación (E-2).

En la estación (E-1) durante la mañana se determinó que la mayor concentración de clorofila *a* fue de 1.36 mg/m^3 localizada a los 30 m de profundidad.

A partir de los 40 a 50 m de profundidad en la estación (E-1) se evidenció una menor productividad con valores menores a 0.64 mg/m^3 , mientras que en la estación (E-2) se determinó que a partir de los 40 m de profundidad un valor inferior a 0.84 mg/m^3 (Fig. 9). En la estación (E-2) se determinó una mayor concentración de clorofila *a* con valores de 1.08 a 1.82 mg/m^3 especialmente en horas de la mañana, en la capa superficial.

En la estación (E-2), la distribución vertical diurna registraron las mayores concentraciones de clorofila *a* con valores entre 1.42 y 1.22 mg/m^3 a los 10 y 20 m de profundidad respectivamente.

En la noche los valores de clorofila *a* fueron menores a los registrados durante el día en la

capa superficial, asociado al menor grado de fotosíntesis, y/o a un mayor grado de pastoreo del fitoplancton por el zooplancton.

Durante la noche la distribución vertical de clorofila *a* en la estación (E-1) se registró la mayor concentración a los 20 m de profundidad con un valor de 0.70 mg/m^3 , esta concentración disminuye hasta 0.26 mg/m^3 a los 50 m de profundidad y en la estación (E-2), en los niveles subsuperficiales se determinaron que los mayores núcleos de clorofila *a* se registraron entre 30, y 40 m de profundidad con valores de $1.68\text{-}1.45 \text{ mg/m}^3$, respectivamente, posiblemente asociada al flujo de la Corriente de Cromwell observado durante el estudio. (Fig. 3). Jiménez (2003), ha mencionado que la región ecuatorial de las islas Galápagos está influenciada por un sistema de corrientes muy fuertes. En el Pacífico, una corriente en dirección hacia el este es inducida por la Subcorriente Ecuatorial, que realiza un significativo transporte de flujo hacia el oeste de Galápagos.

La Subcorriente Ecuatorial es una importante corriente que influye en el ecosistema de Galápagos, su presencia y magnitud aporta en gran medida a través de los nutrientes que trae consigo esta corriente una elevada productividad de clorofila *a*. Comparando con los estudios de Torres & Tapia (2000), señalan que las mayores concentraciones de clorofila y fitoplancton se han observado en el sur, y ligeramente hacia el norte de la isla Isabela, influenciado por la Subcorriente Ecuatorial.

Los valores de clorofila *a* obtenidos al este de Isabela, fueron similares a los reportados Tapia, & Torres (2000) en su estudio de la variabilidad fitoplanctónica en 5 bahías de las islas Galápagos, reportando en el área de afloramiento al oeste de Isabela valores de 1.54 mg/m^3 debido a un bloom de *Chaetoceros curvisetus*.

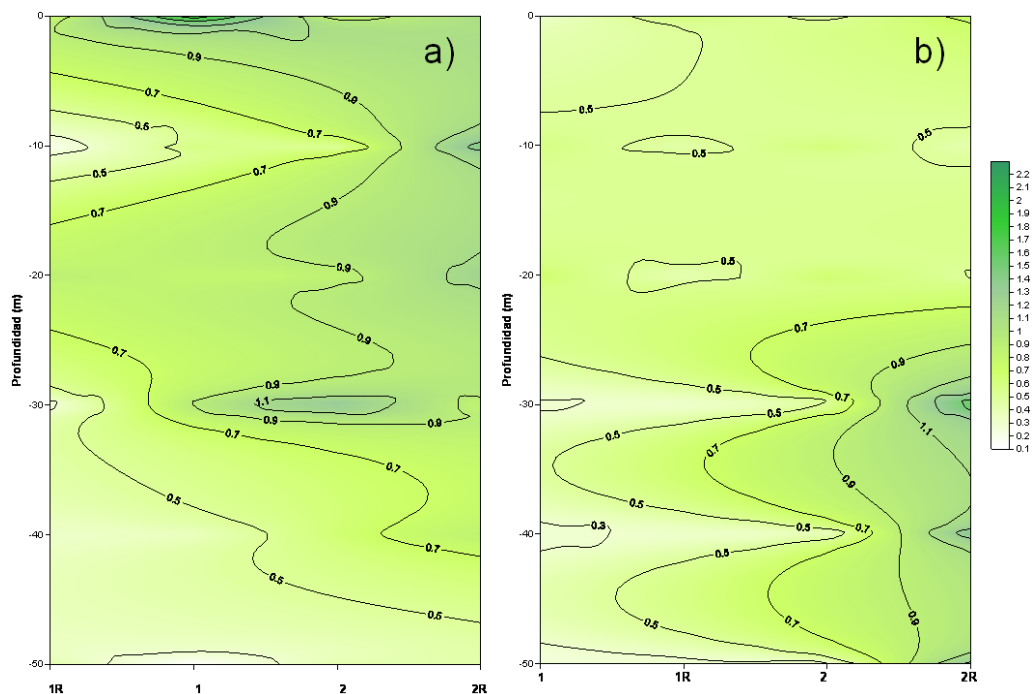


Fig. 3 Distribución vertical de la clorofila *a* durante 14-15 enero de 2006
a) Diurna b) Nocturna.

B. Distribución vertical de las especies de quetognatos y su relación con la temperatura y salinidad registradas durante enero-2006.

La mayor abundancia de la especie *Sagitta hexaptera* se registró en la estación (E-1) cerca de la costa, asociada valores de temperatura entre 17° y 19° C y salinidades entre 34.4 y

34.8 UPS en el estrato de 0-40 m de profundidad.

En el estrato vertical de 40-100 m de profundidad se encontró *Sagitta hexaptera* en similar abundancia, y en menor abundancia a

las estaciones (E-1) y (E-2) respectivamente. *S. hexaptera* estuvo presente a 15° C de temperatura y valores de salinidad 35 UPS. Cabe indicar que en las horas de la mañana no se registraron especímenes de *S. hexaptera* (Fig.4).

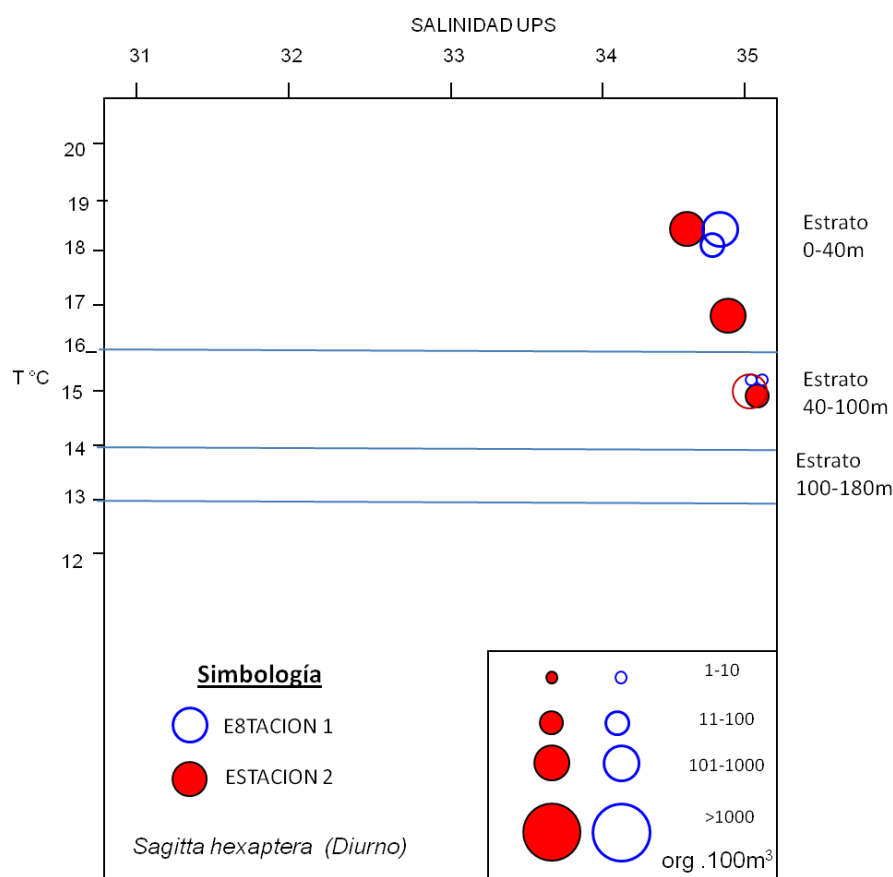


Fig. 4. Relación entre *Sagitta hexaptera* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (diurno).

En la noche la abundancia de *Sagitta hexaptera* fue menor, distribuyéndose en el estrato de 0-40m una moderada abundancia, con valores entre 17° y 19° C de temperatura y salinidad de 34.6-34.8 UPS, (Foto. 1).

En el estrato de 40-100m de profundidad la abundancia de *Sagitta hexaptera* fue moderada

a escasa con 14.5°-15.5° C de temperatura y salinidad de 34.9-35.0 UPS.

En el estrato de 100-180 m, *S. hexaptera* se distribuyó bajo temperatura inferior a 14° C y salinidad de 34.8-35.0 UPS (Fig. 5).



Foto 1. Vista ventral de la región cefálica de la especie *Sagitta hexaptera*.

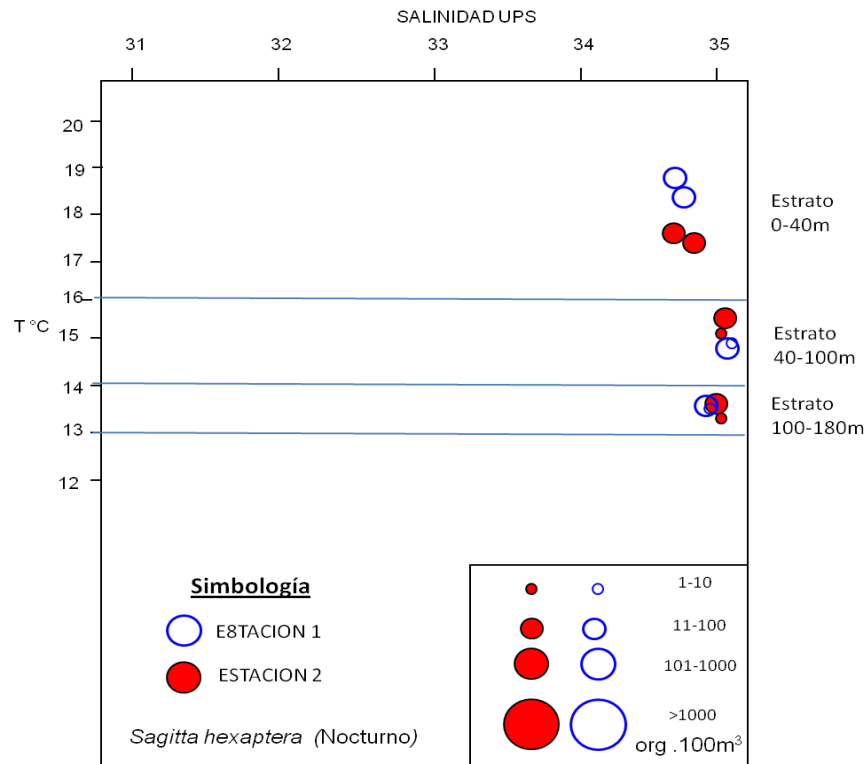


Fig. 5. Relación entre *Sagitta hexaptera* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (nocturno).

Sagitta enflata fue muy abundante en el estrato de 0-40m y esta abundancia va disminuyendo en los estratos de 40-100 m, especialmente en la estación (E-1) durante el día.

En el estrato de 0-40 m, *S. enflata* se distribuyó en un rango amplio de temperatura entre 17° y 19° C y salinidad entre 34.4 y 34.6 UPS.

En el estrato de 40-100m, la abundancia de *S. enflata* fue moderada y escasa, la cual estuvo distribuida en temperatura entre 14.2° y 15.2°C y salinidad cercana a 35 UPS. *Sagitta enflata* estuvo ausente en el estrato de 100-180 m (Fig. 6).

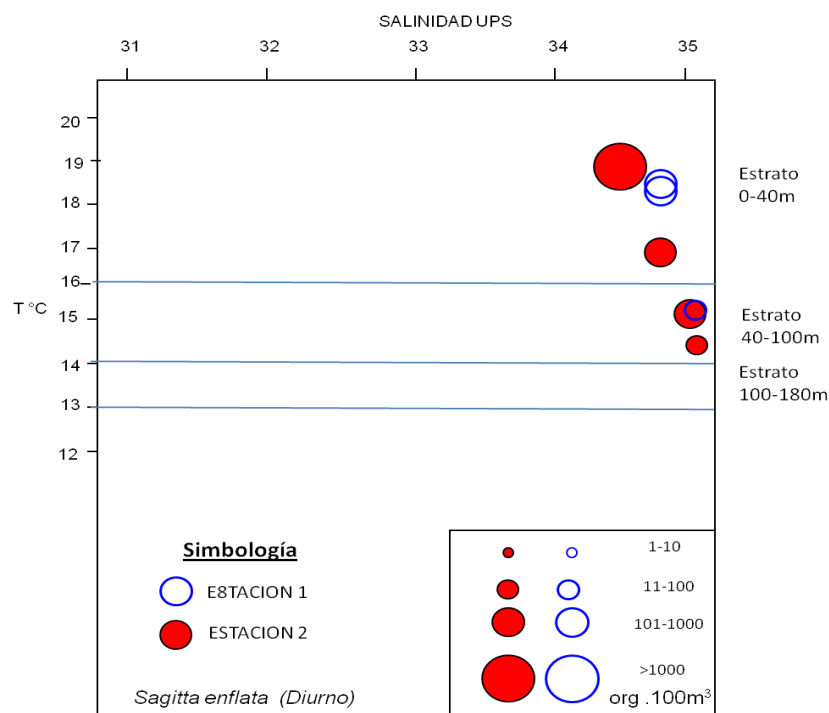


Fig. 6. Relación entre *Sagitta enflata* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (diurno).

En la noche, *Sagitta enflata* presentó una menor abundancia en comparación al día. Se presentó abundante en el estrato de 0-40 m con valores de 17° -19° C de temperatura y 34.6 - 34.8 UPS de salinidad. *Sagitta enflata* fue

escasa en el estrato de 40-100 m y restringido a 15° C de temperatura y 34.9 UPS de salinidad (Fig..7). En el estrato de 100-180 m no se observaron especímenes de *Sagitta enflata* (Foto. 2).



Foto 2. Vista ventral de la región cefálica y corporal de la especie *Sagitta enflata*.

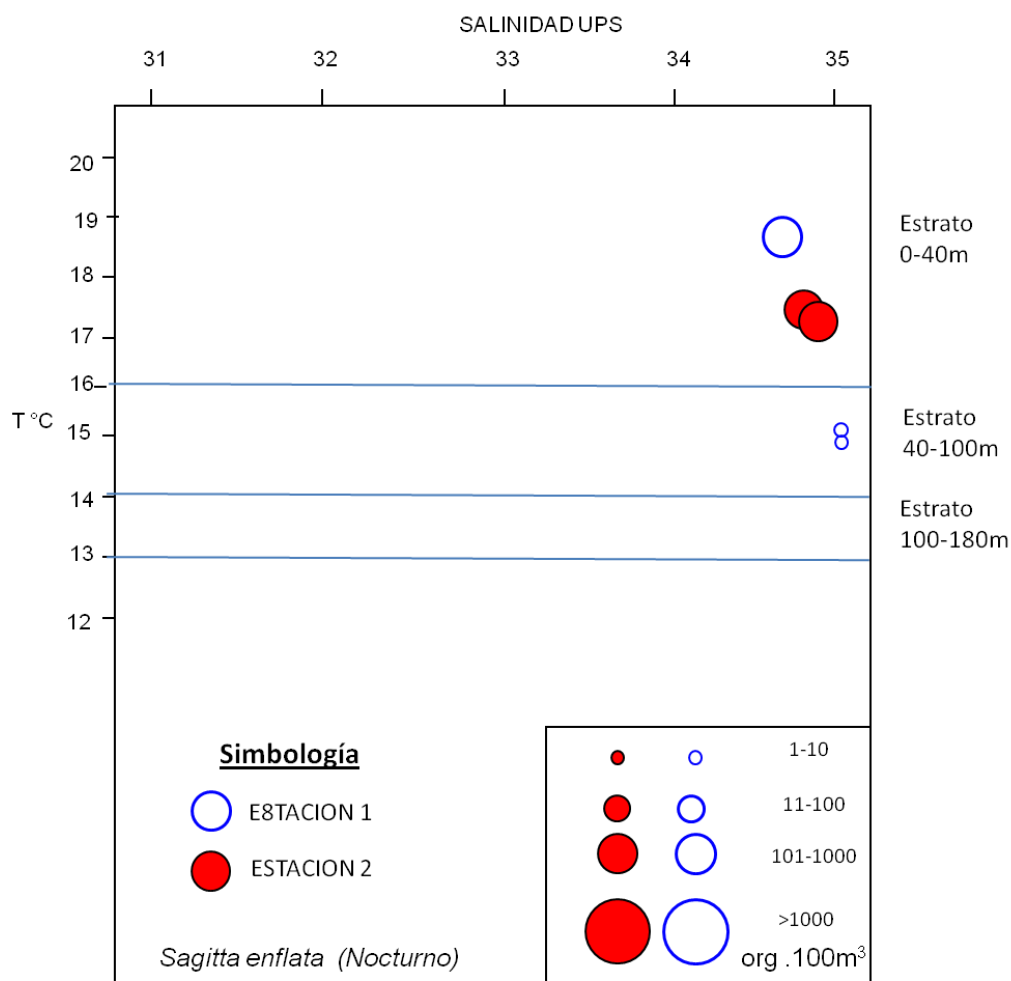


Fig. 7. Relación entre *Sagitta enflata* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (nocturno).

En el día, *Sagitta pacifica* presentó una distribución vertical abundante, con patrones muy similares en las estaciones (E-1) y (E-2). En el estrato 0-40 m, *Sagitta pacifica* se distribuyó bajo temperatura que oscilaron entre 17°-19° C y salinidades de 34.5-34.9 UPS.

En el estrato de 40-100 m, *Sagitta pacifica* se distribuyó en temperaturas entre 14°-15.5° C y salinidad de 34.8-35.0 UPS.

En el estrato de 100-180 m, *Sagitta pacifica* se distribuyó entre 13.5°-14.5° C y salinidad entre 34.8-35.0 UPS. (Fig. 8).

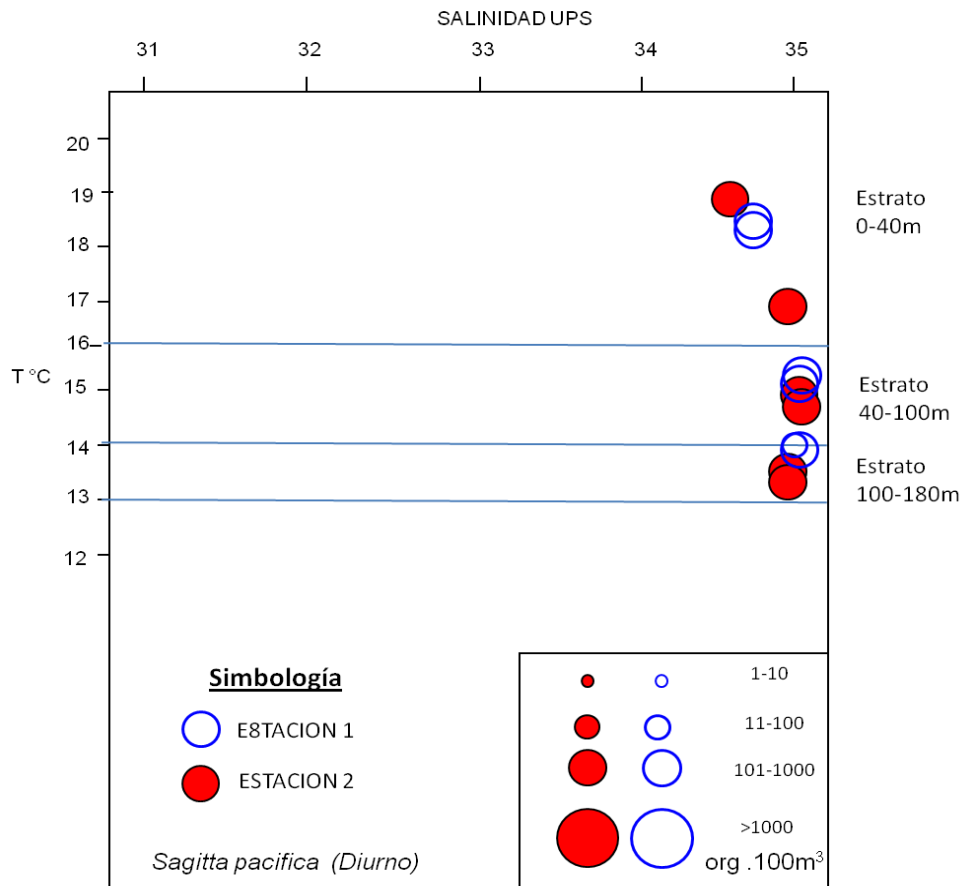


Figura 8. Relación entre *Sagitta pacifica* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (diurno).

Sagitta pacifica durante la noche presentó una distribución cuantitativa muy similar al día, con patrones de distribución de temperatura y salinidad similares en los 3 estratos del estudio. La distribución vertical presentó una escasa abundancia en el estrato 100-180 m de profundidad, asociado a 13.5°-14° C y 34.8-34.9 UPS de temperatura y salinidad respectivamente (Foto. 3), (Fig. 9).

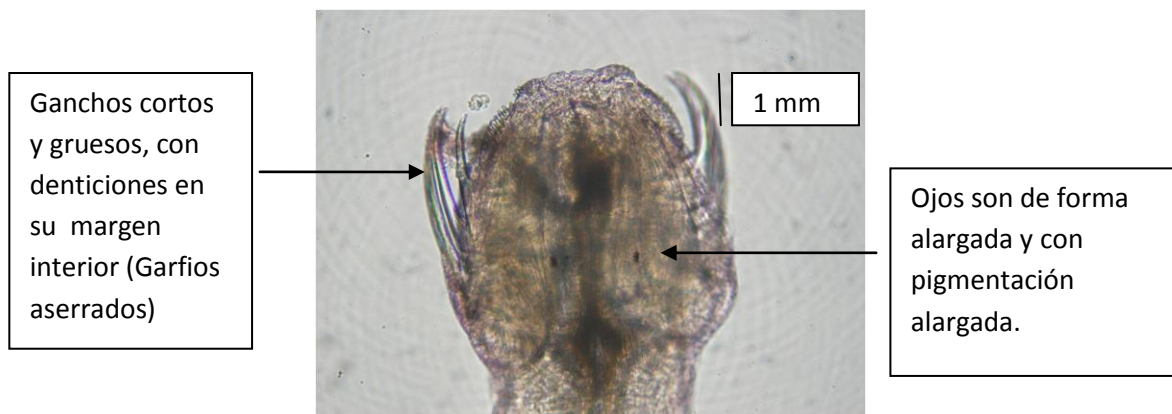


Foto 3. Vista ventral de la región cefálica de la especie *Sagitta pacifica*

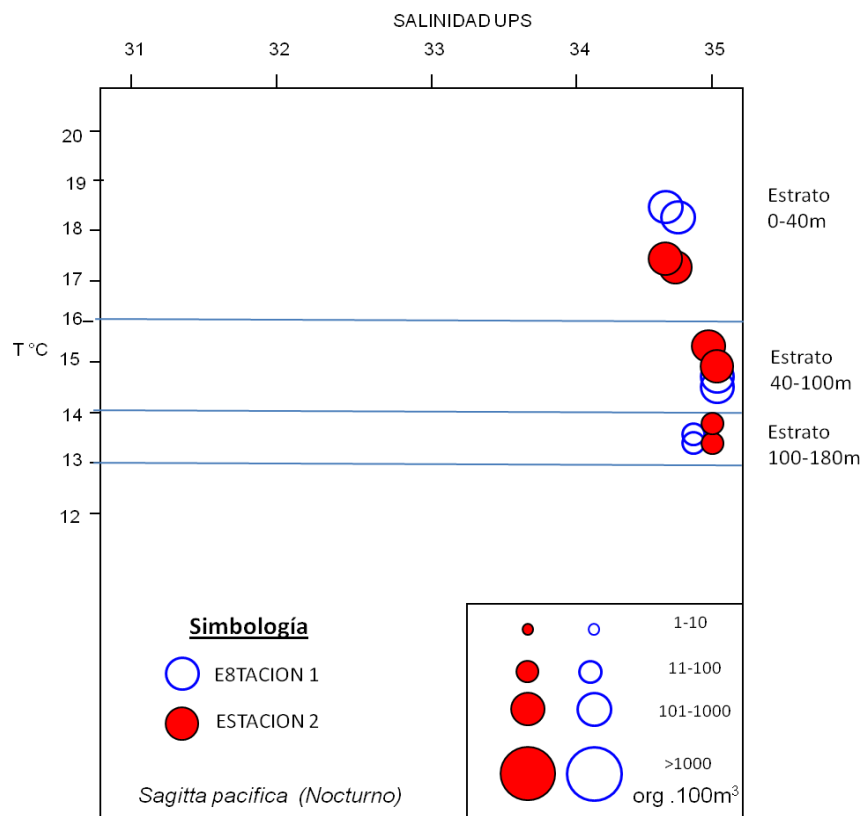


Fig. 9. Relación entre *Sagitta pacifica* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (nocturno).

Durante el día, *Sagitta bedoti* presentó una moderada abundancia en las 2 estaciones, con una mayor frecuencia en el estrato de 0-40 m, determinándose que *Sagitta bedoti* presentó una amplia distribución vertical asociado a valores de temperatura entre 16.5° y 18.5° C y rangos de salinidad de 34.6-34.8 UPS (Fig.10).

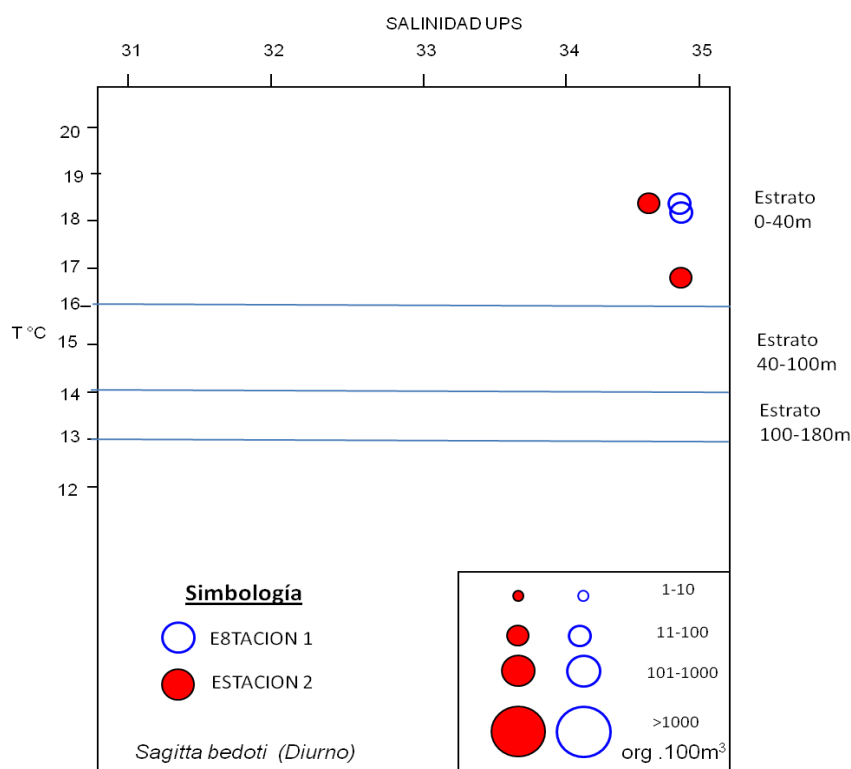


Fig. 10. Relación entre *Sagitta bedoti* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (diurno).

En la noche, *S. bedoti* presentó una moderada y escasa abundancia en las estaciones (E-1) y (E- 2) respectivamente. Por lo que *S. bedoti* se encontró exclusivamente en el estrato de 0-40 m de profundidad asociado a 17°-18° C y salinidad entre 34.5 y 34.6 UPS de salinidad (Fig.11) (Foto. 4).



Foto 4. Características morfológicas de la región cefálica y de las vesículas seminales de *Sagitta bedoti*.

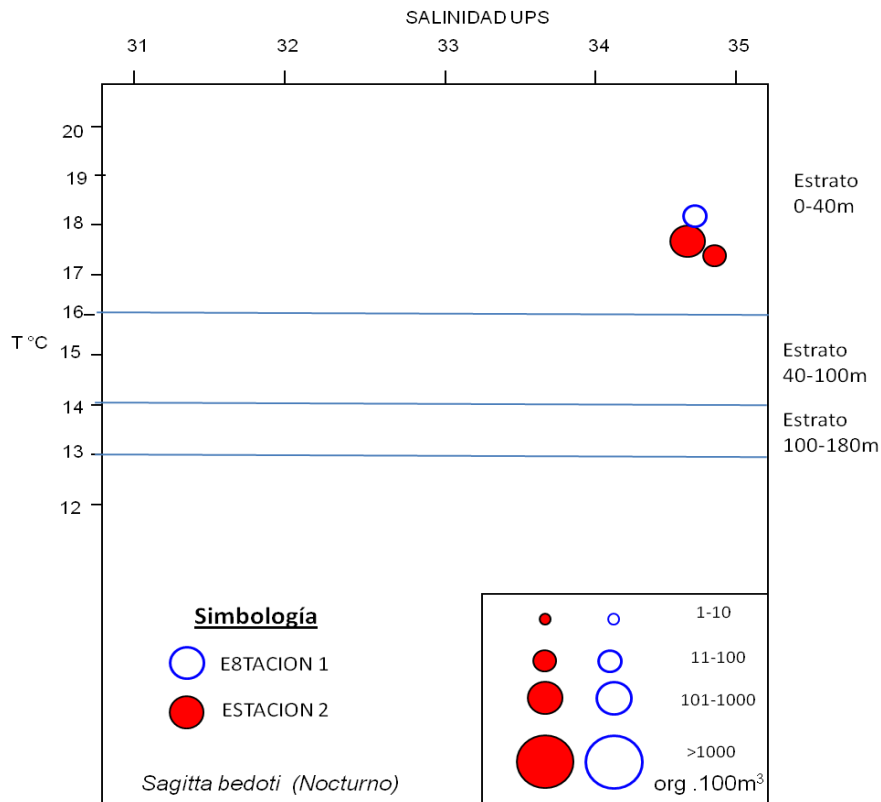


Fig. 11. Relación entre *Sagitta bedoti* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (nocturno).

Sagitta neglecta sólo se registró en la estación (E-1) durante la noche con una escasa abundancia. *S. neglecta* estuvo restringido en el estrato de 0-40 m con temperaturas de 18.2° C y salinidad de 34.8 UPS (Fig. 12), (Foto. 5).

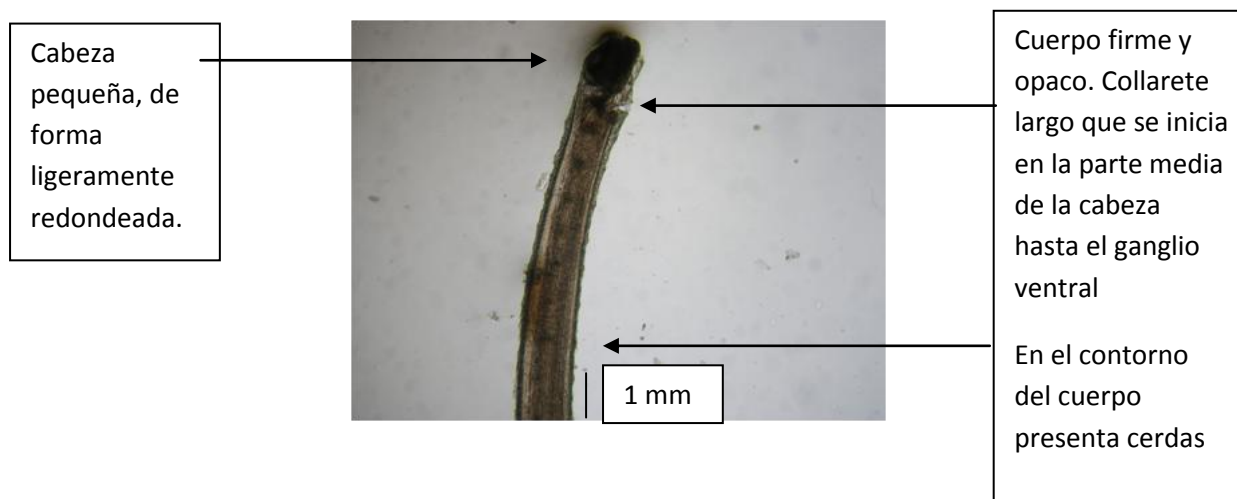


Foto 5. Vista corporal y de la región cefálica de la especie *Sagitta neglecta*.

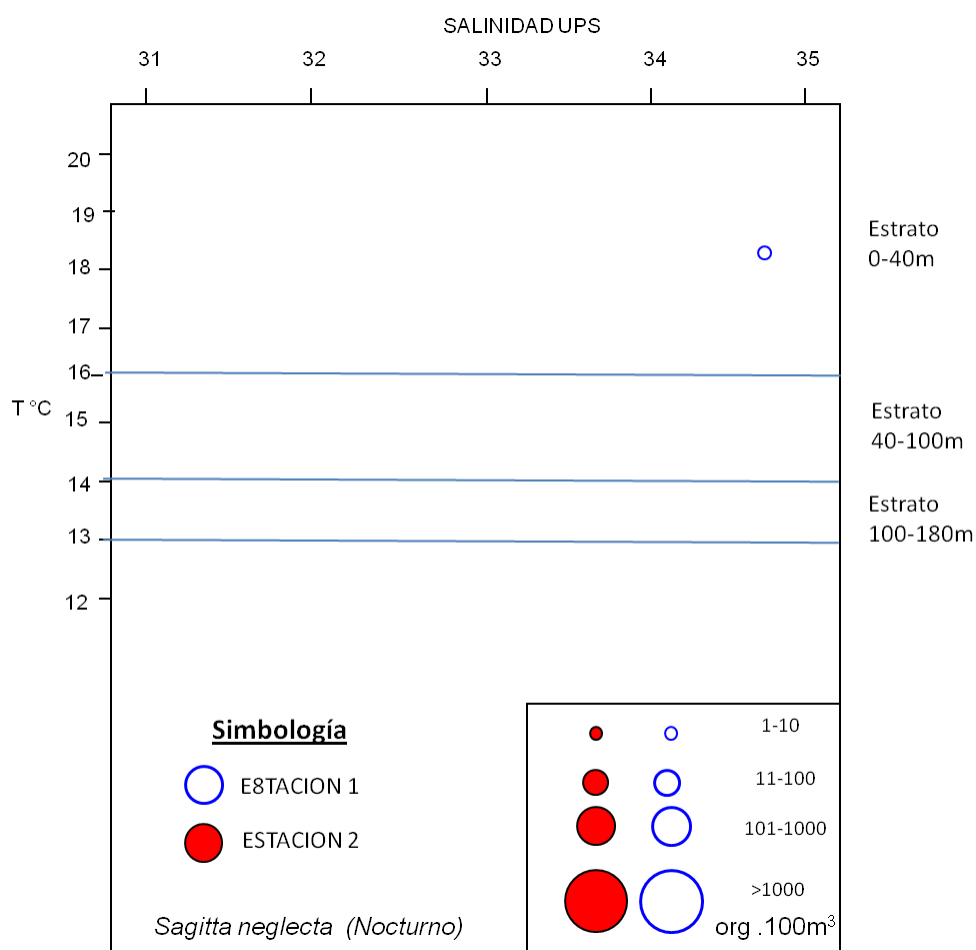


Fig. 12. Relación entre *Sagitta neglecta* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (nocturno).

Sagitta regularis solo se registró durante el día y en la estación (E-2) con una escasa abundancia. *S. regularis* estuvo restringido en el estrato de 0-40 m con temperaturas de 17.2° C y salinidad de 34.9 UPS (Fig.13), (Foto. 6).

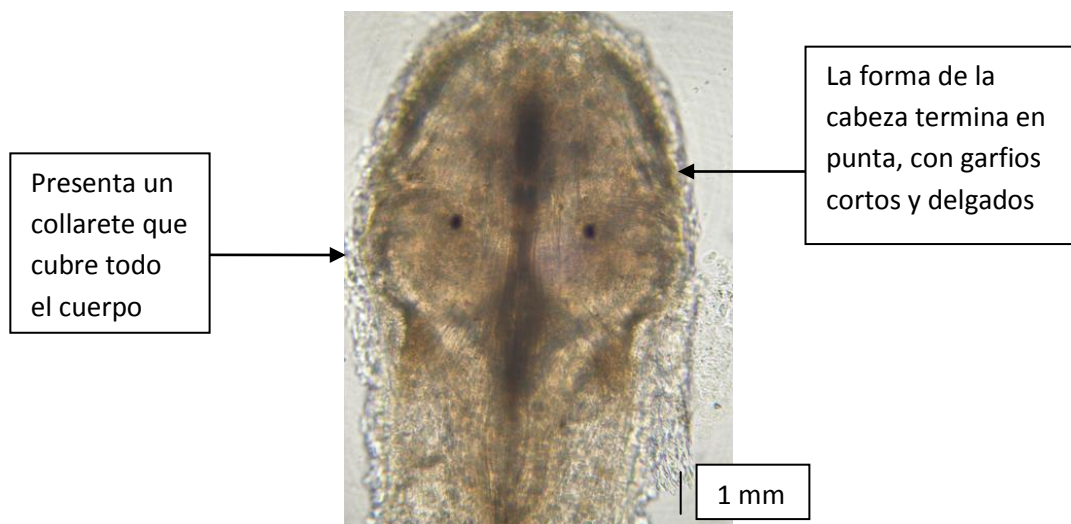


Foto. 6 Región cefálica de la especie *Sagitta regularis*.

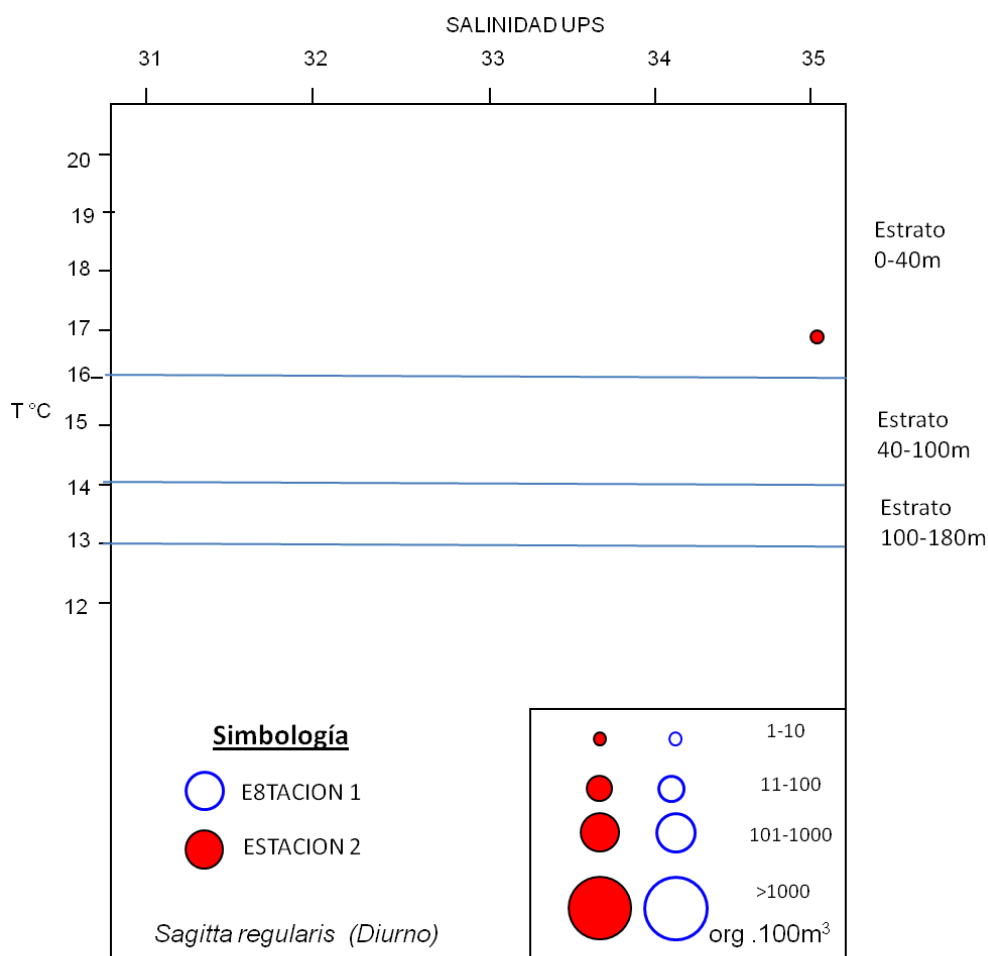


Figura 13. Relación entre *Sagitta regularis* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (diurno).

En el día, *Krohnitta subtilis* se presentó en las 2 estaciones, sin embargo con una escasa abundancia en los estratos 40-100 m y 100-140 m de profundidad (Foto. 7).

Krohnitta subtilis se distribuyó con temperaturas entre 14° y 15° C y salinidad 34.8-35.0

UPS en el estrato 40-100, mientras que en el estrato de 100-180 m con valores entre 13.5° - 14° C y 34.8 UPS de salinidad. Esta especie no presentó migraciones hacia el estrato de 0-40 m, durante el día. (Fig.14).

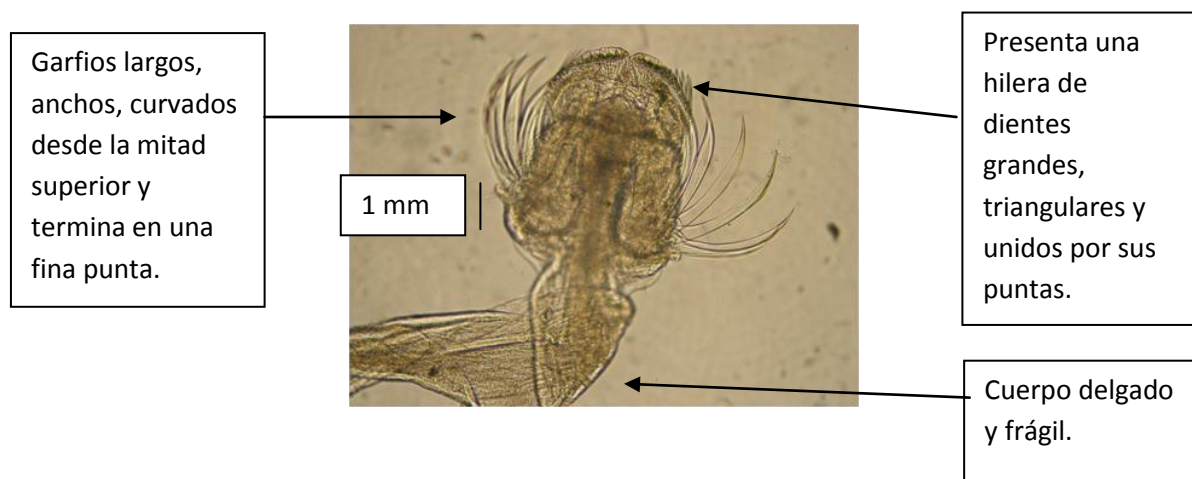


Foto. 7 Región cefálica y corporal de la especie *Krohnitta subtilis*.

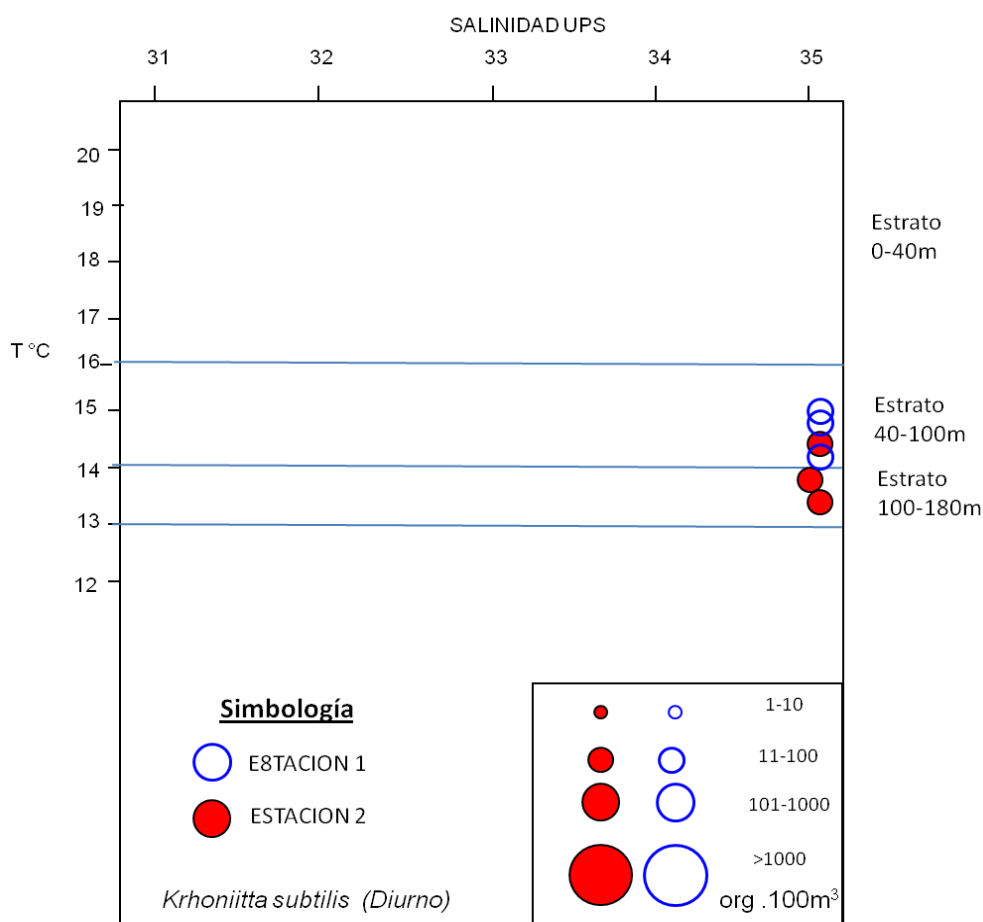


Fig. 14. Relación entre *Krohnitta subtilis* y diagrama T-S al oeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (diurno).

En la noche, *Krohnitta subtilis* presentó una escasa abundancia, siendo más frecuente en la estación (E-2), al oeste de la isla Isabela.

En el estrato 0-40 m, *K. subtilis* estuvo asociado a 18.4° C y 34.6 UPS de temperatura, y salinidad respectivamente.

La distribución de *Krohnitta subtilis* en el estrato de 40-100 m se distribuyó a temperaturas menores a 15° C y salinidad entre 34.6 y 34.8 UPS. En el estrato 100-180 m se presentó una temperatura inferior a 14° C y 34.8 UPS de salinidad (Figura.15).

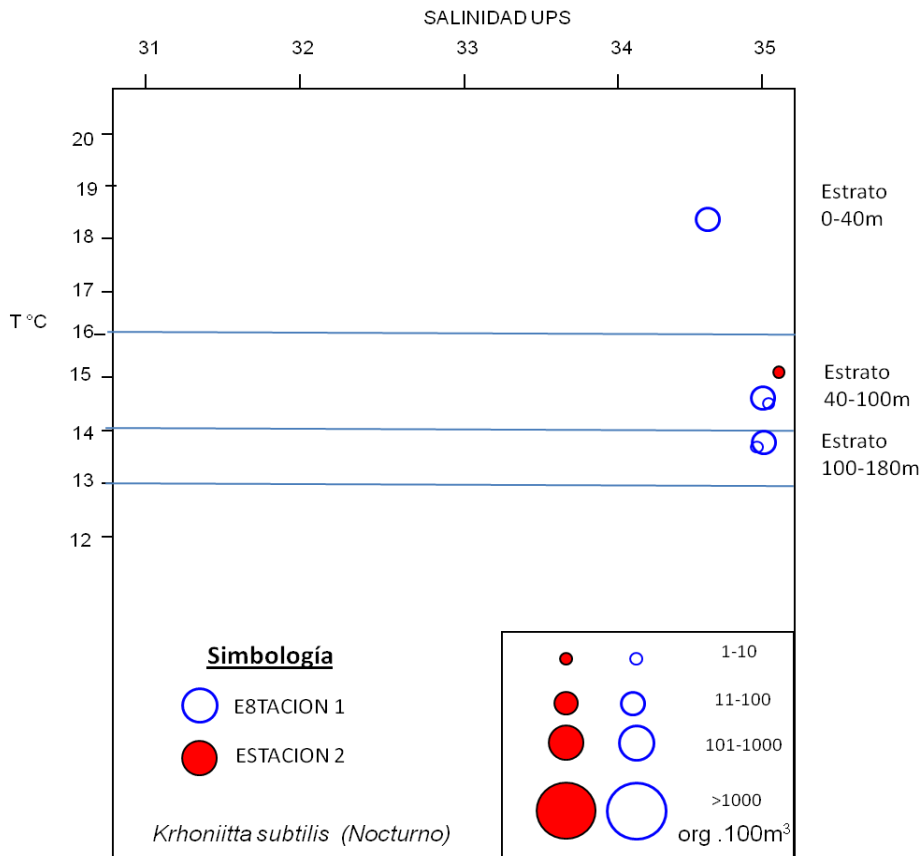


Fig. 15. Relación entre *Krohnitta subtilis* y diagrama T-S al suroeste de las islas Galápagos. Estaciones E-1 y E-2 (nocturno).

C. Aplicación de prueba estadística t de Student con un 95% confianza.

Oeste de la isla Isabela, Galápagos estación (E-1).

Se determinó en el estrato de 0-40 m, valores de varianza de 226.6 y 246.3 en el día y la noche respectivamente. Estos valores altos representan la dominancia de 3 especies que fueron *Sagitta enflata* (38.2%), *S. hexaptera* (23.6%), *S. pacifica* (21.8%), durante el día, y la noche se observaron las especies *S. pacifica* (53 %), *S. enflata* (24.1%), por lo que estadísticamente se determinó que no existe diferencia significativa en este estrato.

En el estrato de 40-100 m se determinó un incremento en la varianza de 391.2 y 613.3, producto de la dominancia de las especies *S. pacifica* (89.7%), *K. subtilis* (9.0%) y *S. hexaptera* (1.3%) durante las horas diurnas, y durante las horas nocturnas se registró *S. pacifica* (73.5%), *S. hexaptera* (4.5%) y *K. subtilis* (4.5%), por lo tanto no se establecieron diferencias significativas.

En el estrato 100-140 m se registró una varianza de 435 y 402 durante el día y la noche respectivamente, y que permite interpretar que el incremento del valor de las varianza es producto de la dominancia de una especie que

en este caso se registró a *Sagitta pacifica*. (Tabla. 1).

De manera general se establece que en los primeros estratos de 0-40m de profundidad se

registró una mayor diversidad de especies y que conforme se profundiza la riqueza de especies es menor, sobre todo en la estación (E-1) ubicada en el canal Bolívar, al oeste de la isla Isabela.

Tabla 1. Comparación de la abundancia de las especies observadas a diferentes estratos y los valores estadísticos obtenidos durante el día y la noche en la estación (E-1).

Estrato	Día 0-40 m	Noche 0-40 m	Día 40-100m	Noche 40-100m	Día 100-140m	Noche 100-140m
Media	15.9	16.7	11.9	14.3	11.2	12.5
Varianza	226.6	246.3	613.3	391.2	435.2	405.1
Desviación	15.0	15.7	24.7	19.7	20.8	20.1
t student 95%	2.14		2.14		2.14	
Valor Sp	8.2		11.9		10.9	
t calculado	17.63		25.69		23.43	
Diferencia Medias	-0.18		-2.44		-1.25	
Límite inferior	-17.81		-28.13		-24.21	
Límite superior	17.45		23.35		22.21	
Diferencias significativas	No Existe diferencias		No Existe diferencias		No Existe diferencias	

Oeste de la isla Isabela, Galápagos. Estación (E- 2).

En el estrato de 0-40 m se registraron valores de varianza de 404.5 y 210.6, estableciendo una composición similar durante el día y la noche, sin embargo durante el día se caracterizó por la dominancia de *Sagitta enflata* (71%), *S. hexaptera* (18.3%), *S. pacifica* (8.4%) y en menor abundancia a *S. bedoti* (2.3%).

En la noche se determinó un patrón similar cualitativamente, con una abundancia relativamente diferente, determinándose a *S. enflata* (31.0%), *Sagitta sp* (24.8%), *S. pacifica* (24.0%), *S. bedoti* 11.6% y *S. hexaptera* 8.5%. Por presentar una composición similar se estableció que no existe diferencia significativa en este estrato.

En el estrato de 40-100 m se registraron valores altos de varianza de 649.3 principalmente durante el día debido a la dominancia exclusiva de *Sagitta pacifica* (93.1%), y en menor

abundancia de *S. hexaptera*, *S. enflata* y *K. subtilis* con el 2.3% cada especie. Durante la noche se determinó una varianza de 378.2 en virtud que la abundancia de las especies de quetognatos estuvieron representado por *Sagitta pacifica* (57.9%), *Sagitta sp* (37%) y *S. hexaptera* (3.5%), es decir existió una mejor distribución en la abundancia de las especies con similitud cualitativamente, por ello que no se determinaron diferencias significativas en este estrato.

En el estrato de 100-180 m no se presentaron diferencias significativas en virtud de presentar similar composición durante el día y la noche, estableciéndose valores de varianza de 377,0 y 338.8 en el día y en la noche respectivamente. En el día se registró la dominancia de *Sagitta pacifica* (58.4%), *Sagitta sp* (28.4%), y *K. subtilis* (13.2%). En la noche se registró una mayor abundancia la especie *Sagitta pacifica* (60.8%), seguido de *Sagitta sp.* (21.0%), *S. hexaptera* (9.1%), esta última especie asociada con *K. subtilis* (9.1%) estas abundancias fueron registradas durante la noche, (Tabla. 2).

Tabla 2. Comparación de la abundancia de las especies observadas a diferentes estratos y los valores estadísticos obtenidos durante el día y la noche en la estación (E- 2).

Estrato	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
	0-40 m	0-40 m	40-100m	40-100m	100-180m	100-180m
Media	13.5	16.2	12.6	13.1	12.9	14.2
Varianza	404.5	210.2	649.3	378.2	377.0	338.8
Desviación	20.1	14.5	25.4	19.4	19.4	18.4
t student 95%	2.14		2.14		2.14	
Valor Sp	9.37		12.12		10.11	
t calculado	20.1		25.98		21.69	
Diferencia Medias	-2.70		-0.51		-1.28	
Límite inferior	-22.80		-26.49		-22.88	
Límite superior	17.40		25.47		20.32	
Diferencias significativas	No Existe diferencias		No Existe diferencias		No Existe diferencias	

DISCUSIONES

En los estratos 40-100 m se observó la presencia de la Subcorriente Ecuatorial, caracterizado por presentar temperaturas inferiores a la isoterma de 15° C, con una capa salina de 35.1 UPS, este tipo de corriente fue más acentuado en el estrato de 100-180 m de profundidad en la Estación (E-2), durante día y noche. Durante enero de 2006, se evidenció la presencia de la Subcorriente Ecuatorial al oeste de las islas, estando más intensificada hacia el norte de la isla Isabela, que al sur, Dickson (2006) menciona que la producción primaria al oeste de Isabela fue relativamente alta, así también Odle (2006), señala que el núcleo de máximo espesor de la subcorriente fue encontrado a profundidades entre 28 y 212 m, con un flujo hacia el este, muy poco fue deflectado tan al sur como 0.8° S y el mayoría del flujo de Subcorriente Ecuatorial fue deflectado alrededor de la parte norte de la isla Isabela.

La mayor biomasa de clorofila *a* observado en el estrato subsuperficial entre 30 m y 50 m durante enero de 2006, favorece la mayor abundancia de las especies de quetognatos, en

especial especies correspondiente al género *Sagitta*. Al Oeste de la isla Isabela, existe grandes concentraciones de productividad primaria y por ende de zooplancton los cuales coinciden con el estudio realizado por Tapia & Naranjo (2012), quienes mencionan que las mayores biomásas de zooplancton se encuentran principalmente a 1.5° S y 92 ° W debido a la presencia del afloramiento localizado al oeste de la isla Isabela.

Gilmore (2006), encontró altos valores de producción primaria (~ 35 µmol CL-1d-1), y (Snow 2006), determinó concentraciones altas de clorofila *a* con rango entre 0.75 y 1.75 ug.L⁻¹ en aguas superficiales, esta elevada productividad se debe que durante el evento frío en el Pacífico Central favoreció al incremento de la producción primaria y biomasa clorofílica al oeste de la isla Isabela.

En el estrato de 0-40 m se presentó el mayor número de especies de quetognatos principalmente durante las horas nocturnas, sin embargo la mayor abundancia de quetognatos se registraron durante el día. Las especies con mayor abundancia fueron *Sagitta enflata*, *S. hexaptera*

y *S. pacífica*. En menor abundancia se observó la especie *S. bedoti*, esta distribución en la abundancia vertical fueron observados en la estación (E-1).

Una composición similar se observó en la estación (E-2) durante el día, coincidiendo la mayor abundancia de quetognatos en el estrato de 0-40 m. Las especies con mayor abundancia fueron *Sagitta enflata*, *S. hexaptera* y *S. pacífica*. En menor abundancia se observaron las especies *S. bedoti* y *S. regularis*.

En el estrato de 40-100 m la composición y abundancia de algunas especies obtenidas durante enero de 2006, reportándose la especie más abundante a *Sagitta pacífica* y en menor abundancia a *S. hexaptera* y *Krhonitta subtilis* durante el día y la noche.

En el estrato 100- 180 m se reportó la mayor abundancia fue *S. pacífica* y *S. hexaptera* en la estación (E-1), y en la estación (E-2) fueron *S. pacífica*, *K. subtilis* en menor abundancia *S. hexaptera* durante el día y la noche, por lo tanto se puede interpretar ecológicamente que las especies más frecuentes en el tiempo y espacio fueron *S. enflata* y *S. pacífica*, esta información coincide con el reporte del estudio de Naranjo (2000), menciona que alrededor de las islas Galápagos encontró la dominancia de las especies *Sagitta enflata* y *S. pacífica* considerando a estas especies como cosmopolitas que pueden habitar en regiones neríticas y oceánicas.

Las especies *S. enflata* y *S. pacífica* coinciden con la mayor abundancia observado durante enero de 2006, especialmente en el estrato de 0- 40 m en la estación (E-2), al oeste de la isla Isabela, presentando un menor número de especies de Quetognatos. Mientras que Alvaríño y Leira (1986), en el estudio del zooplancton en el Pacífico Ecuatoriano, efectuaron arrastres oblicuos, las profundidades oscilaban entre 190 m y 448 m hasta la superficie oceánica. En esas colecciones se identificaron 19 especies de todas las especies,

a excepción de *Heterokronia mirabilis*. Las especies abundantes fueron *S. enflata*, seguido en orden decreciente de abundancia por *S. bedoti*, *S. pacífica*, *S. hexaptera* y *S. bierii*.

Tapia & Naranjo (2003), destacaron una amplia distribución de las especie *Sagitta enflata*, asociada a *S. pacífica* alrededor de las Islas Galápagos, esta especie está posiblemente asociada con la presencia de las masas de Aguas Tropicales Superficiales en la capa superficial, con mayor abundancia a 1° norte de la sección 90°W.

Dentro de la distribución vertical se determinó que la especie *Krohnitta subtilis*, tiene una preferencia por habitar en el estrato de 40-100 m observado en la estación (E-1) bahía Isabela, siendo más abundante en horas diurnas.

Adicionalmente *K. subtilis* se observó en la estación (E-2), durante el día en los estratos de 40-100m y 100-180m, de esta especie va aumentando la abundancia con relación a la profundidad, coincidentemente con el estudio efectuado por Naranjo (2000), menciona que esta especie puede ser considerada como especie indicadora de la presencia de aguas intermedias y profundas, asociada a la corriente de Cromwell.

La distribución vertical de *K. subtilis* guarda mucha relación principalmente con bajas temperaturas, elevada salinidad, mayor concentraciones de nutrientes, y bajas concentraciones de oxígeno disuelto, interpretándose que *K. subtilis*, asociada a *S. hexaptera* caracterizan condiciones del afloramiento ecuatorial localizado al oeste de la isla Isabela, Galápagos encontrado durante enero de 2006. Por su parte, Bonilla (1983) encontró durante noviembre de 1978, al sur, este y oeste de la isla Isabela, la presencia de las especies *S. hexaptera*, *K. subtilis* y *S. decipiens*, todas generalmente habitan en los estratos subsuperficiales, esta autora ha señalado que aquellas especies se presentan durante el desarrollo del aflora-

miento, el cual coincide con las especies *K. subtilis* asociada a *S. hexaptera* encontradas en los estratos 40-100 y 100-180 m, de la estación (E-2) ubicada al oeste de la isla Isabela, Galápagos.

Los afloramientos tienen una notable importancia biológica, porque traen nutrientes hacia la superficie, donde la fotosíntesis puede ocurrir. Además las más altas concentraciones de clorofila *a* se encontraron en el estrato superficial entre 30-50 m y las masas de agua de la Subcorriente Ecuatorial son registradas en superficie y subsuperficial con bajas temperaturas (Odle, 2006).

Bonilla (1983), señala que la temperatura de noviembre de 1978, las aguas fueron más frías principalmente hacia el oeste de Isabela con temperaturas fluctuantes entre 16.2° y 18.5° C, estos datos de temperatura coinciden mucho con el estudio oceanográfico alrededor de la Galápagos observado en enero de 2006.

En el caso de *K. subtilis* es una especie que se la encontró en el límite inferior de la termoclina, especialmente en el estrato 40-100 m, siendo abundante durante el día en la estación (E-1), y su abundancia aumentó con la profundidad.

Otra especie de quetognato que presentó una interesante distribución fue *Sagitta bedoti* siendo su mayor abundancia durante la horas de la noche y en la estación (E-2), y en menor abundancia se registró en la estación (E-1), ubicada al oeste de la isla Isabela en el estrato de 0-40m. Cabe mencionar que *S. bedoti* no se observó en los estratos inferiores de la columna de agua, lo que indica que esta especie en la distribución vertical prefiere habitar en los sitios donde existen los fuertes gradientes termohalinos. Margalef (1967), ha señalado que la termoclina son frecuentemente lugares de densificación de poblaciones o constituyen límites inferior o superior a la migración de ciertos organismos. Por lo que considero que *Sagitta bedoti* es una especie que prefiere

ambientes donde existen fuertes gradientes termohalinos y en especial asociada a la termoclina y Frente Ecuatorial. Este reporte concide con los trabajos de Naranjo (2002), en su estudio del zooplancton en el estuario interior de Golfo de Guayaquil, determinó que la especie *Sagitta bedoti* es una especie que caracteriza cambios bruscos de salinidad a nivel superficial; por su parte, (Frontier y Bour, 1976) señalan que las especies *S. bedoti*, *S. pacífica* y *S. regularis*, son de ambientes oceánicos y tolerantes a condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

La Subcorriente Ecuatorial durante enero 2006, fue detectada entre 0.1° N y 0.5° N, a 92° O entre los 60 y 76 m de profundidad, con una velocidad aproximada de 1.0 ms⁻¹. Es importante mencionar que la mayoría del flujo de la Subcorriente Ecuatorial fue observado alrededor de la zona norte de la isla Isabela, Galápagos, y muy poco fue detectado al sur de la isla.

Las condiciones oceanográficas asociadas a la Subcorriente Ecuatorial observadas al oeste de la isla Isabela, influyeron en la composición y abundancia de las especies de quetognatos, mostrando una compleja distribución vertical para algunas especies en los distintos estratos estudiados, debido a que estos organismos tienen la capacidad de nado en contra de las corrientes.

Al oeste de la isla Isabela se determinó un total de 7 especies de quetognatos: *Sagitta enflata*, *S. hexaptera*, *S. pacífica*, *S. bedoti*, *S. regularis*, *S. neglecta*, y *K. subtilis* representados por 2 géneros *Sagitta* y *Krohnitta*. La mayor abundancia de quetognatos se observó en la estación (E-2) durante el día en el estrato 0-40m, disminuyendo su abundancia con relación a la profundidad, mientras en la noche sus concentraciones fueron ligeramente menores. Las especies *Sagitta hexaptera*, y *S. enflata*, estuvieron fuertemente asociados con los

máximos valores de clorofila *a* en la estación (E-2), ubicada al oeste de Isabela, en los estratos entre 0- 40 m, esta elevada biomasa clorofílica estaría influenciada por la surgencia en los estratos superficiales de la Subcorriente Ecuatorial, lo que contribuyó al incremento de los nutrientes en esta área, lo que indica que no hay una estratificación marcada en la columna de agua.

Las especies de quetognatos dominantes fueron *Sagitta enflata*, *S. hexaptera* y *S. pacifica*, la termoclina aparentemente no constituyó una barrera física para las migraciones verticales y nictemerales en los estratos de 0-40 m y 40-100 m.

La especie *S. bedoti* se presentó solamente en el estrato de 0-40 m, por lo que indicaría que su preferencia estaría asociada con la termoclina. Estadísticamente se demostró que durante el período de estudio, no se determinó diferencia significativa comparada con las medias de abundancia de las especies registradas en los distintos estratos (0-40 m, 40-100 m y 100-180 m de profundidad), lo que está relacionado directamente a la intensidad de la Subcorriente Ecuatorial.

Debido a la intensidad del flujo continuo de la Subcorriente Ecuatorial, que emerge a la superficie al oeste de las islas Galápagos, no se observó una apreciable migración de las especies de quetognatos asociado a los ritmos nictemerales, lo que no permitió la estratificación de dichas poblaciones.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento al Sr. CPNV-EM Humberto Gómez, Director del INOCAR, y al Sr. TNNV-SU Carlos Perugachi, Jefe de Ciencias del Mar por su aprobación para publicar el presente trabajo en el Acta Oceanográfica del Pacífico del INOCAR.

Mi especial agradecimiento a Roy Carpenter PhD, Jefe Científico de la expedición efectuado a bordo del Buque de Investigación Thomas

Thompson de la Universidad de Washington de Estados Unidos, por brindarme las facilidades para recolectar las muestras de zooplankton a diferentes estratos empleando la Red Multinet con mecanismo de Cierre.

Al Dr. Roberto Jiménez, por dirigirme el presente trabajo quien me ayudó mucho en la interpretación de los resultados obtenidos del presente trabajo, en calidad de Tutor de Tesis de Maestría. Así también deseo expresar mi profundo agradecimiento a la Dra. María Elena Tapia por los análisis e interpretación de Clorofila *a* y las sugerencias emitidas al trabajo.

Al Ing. Guillermo Baños quien me ayudó en la aplicación y evaluación estadística del trabajo, y por sus acertados comentarios realizados al presente trabajo.

Mi agradecimiento a los Dres. Manuel Cruz y Elena Gualancañay por la revisión, comentarios efectuados al manuscrito, y brindarme su todo su apoyo para publicar el presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Arcos, F. 1981. A Dense Patch of *Acartia* *levequi* (Copepoda, Calanoida) in Upwelled Equatorial Undercurrent water around the Galapagos Islands. Coastal and Estuarine science 1. Coastal Upwelling. American Geophysical Union. 427-432 p.

Alvaríño, A. 1963. Quetognatos Epiplanctónicos del mar de Cortes. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Tomo XXIV. Diciembre de 1963: 97-149.

Alvaríño, A. 1965. Distributional Atlas of Chaetognaths in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, Atlas No 3: 1-291. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations.

Alvaríño, A. 1965 a. Geographical Distributions of Chaetognaths. *Oceanography and Marine Ecology*. Vol. 3: 159.

Alvariño, A. y A.M.J. Leira 1986. Zooplankton del Pacífico Ecuatoriano. Investigaciones Marinas. CICIMAR, Vol:3 (1) 70-110.

Apablaza, P. y S. Palma, 2006. Efecto de la mínima de oxígeno sobre la migración vertical de zooplankton gelatinoso en la bahía de Mejillones. Investigaciones Marinas 32(2): 81-95.

Banks, S.J. 2002. Ambiente Físico. Reserva Marina de Galápagos, Línea Base de la Biodiversidad (ed. by E. Danulat and G.J. Edgar), pp. 18–33. Fundación Charles Darwin y Parque Nacional de Galápagos, Ecuador.

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.

Bieri, R. D. Bonilla, F. Arcos. 1983. Function of the teeth and vestibular organ in the the Chaetognatha as indicated by scanning electron microscope and other observations. *Proc. Bio. Soc. Wash.* Vol. 96 (1): 110-114.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino. Mar del Plata Argentina: 759-789.

Boltovskoy D. & S. Jankilevich. 1981. Distribución de las especies de Quetognatos en el Atlántico Sudoccidental, en *Atlas del Zooplankton del Atlántico Sudoccidental*: 781- 791.

Bone, Q., H. Kapp & A. Pierrot-Bults, 1991. The biology of the Chaetognaths, Oxford University Press: 122.

Bonilla, D. 1983. El Zooplankton de las islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Vol. 2: (1)119-146.

Bonilla, D. 1983 (a). Quetognatos de las Islas Galápagos durante el crucero oceanográfico del 17-26 de noviembre de 1978. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR Vol. 2 (1):147-160.

Bonilla, D. 1983 (b). Estudio taxonómico de los quetognatos del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Vol. 2 (2): 509-569.

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.

Cajas, L. 1982. Estudios del zooplankton marino en aguas ecuatorianas EASTROPAC 1,2,3. *Rev. Cien. Mar. Limn.* Vol.1 No.2 :147-165.

Dickson, T. 2006. Nutrient concentrations in the Galápagos. Published bachelor's thesis. School of Oceanography, University of Washington.

Enright J.T. 1977. Diurnal vertical migration: adaptive, significance and timing: Part I Selective advantages a metabolic model. *Limnology and Oceanography* 22: 873-886.

Frontier. S. 1976. Note sur une collection de Chaetognathes Recolteé Audessus du talus continental pres de Nosy-Bé (Madagascar). O.R.S.T.O.M. , sér Océanographe Vol. XIV (4), 1976: 267-272.

Frontier. S. y W. Bour 1976. Note sur une collection de Chaetognathes recoltee au-dessus du talus contiental pres de Nosy-Bé (Madagascar). Cah. ORSTOM., Ser Oceanogr. Vol. 14(4): 267-272 p.

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

Ghiardelli, E. 1997. Atlas of Marine Zooplankton Strain of Magellan Amphipods, Euphausiids, Mysids, Ostracods and Chaetognaths, Capitulo 7. Springer- Verlag Heidelberg New York: 245- 275.

Gilmore B. 2006. Primary production and cloud cover of the Galápagos Islands. Published bachelor's thesis. School of Oceanography, University of Washington.

Hernández, R. E. Suárez- Morales, R. Gasca. 2005. Seasonal Distribution of Chaetognatha in a Mexican Neotropical Bay during a year cycle. *Journal of Coastal Research* Vol. 21(1): 186-192.

Houvenaghel, G.T. 1978. Oceanographic conditions in the Galápagos Archipelago and their relations with life on the islands. Upwelling ecosystems (ed. by Boje and Tomczak). 8 Springer-Verlag, New York.

Hyman, L. H. 1959. *Phylum Chaetognatha*. The Invertebrates, 5, 71pp New York: McGraw-Hill.

Jiménez, R. 1981. El Fitoplancton como posible indicador del afloramiento originado por la Subcorriente Ecuatorial (Corriente de Cromwell) al oeste de las islas Galápagos. Memorias del Seminario sobre indicadores del Plancton. Callao, Perú. Informe UNESCO en Ciencias del Mar. 24-44.

Jiménez, R. 2003. Biodiversidad Marina. Manuscrito no publicado. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.

Jiménez, R. 2008. Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Ed. Universidad de Guayaquil- Facultad de Ciencias Naturales-Centro de Biodiversidad CENBIO. Guayaquil-Ecuador: 1- 329 p.

Litchford, T. 2006. The effect of lower pH on phytoplankton growth in the Galápagos Archipelago. Published bachelor's thesis. School of Oceanography, University of Washington.

Lukas, R. 1986. The termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific. *Progress in Oceanography*.(16):63-90.

Lucero, M. 2002. Características oceánicas de la región Insular. *Acta Oceanográfica de Pacífico*. Vol. 11 (1): 7.15.

Luzuriaga de Cruz M. 1981. Distribución y migraciones verticales del zooplancton en el Golfo de Guayaquil. *Rev. Cien. Mar. Limn.* Vol.1 No.1:9-35.

Margalef, R. 1967. Ecología Marina. Capítulo Luz y temperatura: efectos de la temperatura sobre las actividades y características de los seres marinos. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas Venezuela.

Moreno, I. 1973. Clave de identificación de Quetognatos de los mares de la Península Ibérica. *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*. 159: 1-29.

Naranjo, C. 1997. Estudio de zooplancton en aguas ecuatorianas. Reporte interno de los cruceros oceanográficos I y II efectuados en abril y agosto de 1997. Informe Técnico Interno de INOCAR.

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. 2002. Zooplancton en el estuario interior del Golfo de Guayaquil, durante mayo de 2001. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Vol. 11: (1) 101-111.

Naranjo, C. y M. Tapia. 2007. Comunidades del plancton en la caleta Aeolian de la isla Baltra- Galápagos (Ecuador) durante 2005. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Vol. 14: (1) 49-56.

Odle, K. 2006. The Equatorial Undercurrent EUC between 92°00' W and 91°20' W. Published bachelor's thesis. School of Oceanography, University of Washington.

Ocampo, X. 2006. Investigation of the Equatorial Undercurrent on the eastern side of the Galápagos Islands. Published bachelor's thesis. School of Oceanography, University of Washington.

Pak, H. y J.R. Zaneveld. 1974. Equatorial front in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Physical Oceanography*. Vol 4. 570-578.

Peribonio, R. de., R. Repelín, M. Luzuriaga de Cruz, D. Hinostroza y M. Villaroel. 1982. Estudio ecológico del mesoplancton del Golfo de Guayaquil. Abundancia, ciclos nictimerales y relaciones entre el estuario del Río Guayas y el océano. *Bol. Cient. Téc., INP*. Vol. 4 No. 2. 1-27 p.

Pierrot-Bults, A. 1991. Distributions patterns in Chaetognatha. In Bone, Q. Kapp H & Pierrot-Bults, *The Biology of Chaetognaths*. Oxford Univ. Press, NY, 86-116.

Pineda-Polo, F. 1979. Seasonal distribution of the Chaetognaths in the Bahía of Panamá. *Bol. Institute. Oceanographic*. Universidad del Oriente Vol.1-2:65-88.

Pineda, F. 1981. A principal component of analisis of the Chaetognatha found during ACENTO 2 Cruise in the Bahía of Panamá. Memoria del seminario sobre indicadores biológicos del plancton. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América y el Caribe- Rostlac-Montevideo:1-115.

Segura, L., R. Hernández y L. Morones. 1992. Distribución y abundancia de los Quetognatos (Chaetognatha) en la región del domo de Costa Rica. *Revista. Biología Tropical* 40:35-42.

Snow, T. 2006. Composition and distribution of phytoplankton around the Galapagos Archipelago. Published bachelor's thesis. School of Oceanography, University of Washington.

Sonnenholzner, S. 1993. Variabilidad oceano-gráfica subsuperficial frente a la costa ecuatoriana asociada a la Subcorriente Ecuatorial (1984-1990). Tesis de Grado de Oceanógrafo. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 24-30.

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

Tapia, M. y G. Torres. 2000. Variabilidad fitoplanctónica en 5 bahías, islas Galápagos (Ecuador) *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*. Vol. 10(1):151-159.

Tapia M., y C. Naranjo. 2003. Plancton alrededor de las islas Galápagos, durante el crucero oceanográfico efectuado en mayo de 2004. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Vol. 13. (1): 137- 169.

Tapia, M., y C. Naranjo. 2012. Aspectos Oceanográficos del Plancton y su relación con el Frente Ecuatorial, durante septiembre de 2011. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Vol. 17, No. 1: 61-91, Guayaquil, Ecuador.

Torres, G. y M. Tapia. 2000. Distribución del fitoplancton y su comportamiento en el afloramiento en las islas Galápagos. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*. Vol. 11(1):137-150.

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

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

Trabajos consultados en internet.

1 NOAA, 2014. Índice ONI. [En Línea] Disponible en: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis>, 22abril-2014.

PLANKTON CONTINENTAL EN EL RÍO NAPO ECUATORIANO, DURANTE ABRIL DE 2010

María Elena Tapia¹
Christian Naranjo¹

RESUMEN

Se analizaron un total de 30 estaciones distribuidas en diez perfiles del río Napo durante abril de 2010, para lo cual se realizaron lances superficiales empleando redes para coleccionar fitoplancton y zooplancton con el propósito de conocer mejor su biodiversidad existente, valor ecológico e incrementar el valor de la riqueza de especies planctónicas en el río Napo.

En la comunidad del fitoplancton presentó escasa variabilidad en la composición de especies, especialmente en el área de Huamayacu y disminuye el número de especies en el área Huarmi Sinchichicta de los perfiles 7 y 10 respectivamente, la mayor densidad poblacional fue para el grupo de diatomeas pennadas.

Las principales especies dominantes de fitoplancton en el ambiente fluvial fueron Pseudo-nitzschia paradoxa, Filamentos sp, Thalassiotrix frauenfeldii, Melosira italica, y Climacospheia monoligera. Los grupos representativos de zooplancton fueron Copepódos, Cladóceros, Larvas de peces y Larvas de insectos, los mismos que presentaron homogeneidad en su distribución, registrando bajas densidades poblacionales del zooplancton. Se elaboraron gráficos de distribución de clorofila a, gráficos de las especies de contajes celulares y muestras de red de 50u y la relación con los parámetros físicos y químicos.

Palabras Claves: *Composición, productividad, contaminación, zooplancton, especies.*

ABSTRACT

We analyzed a total of 30 stations distributed over ten profiles of the Napo River during April 2010, for which surface hauls were conducted using networks to collect phytoplankton and zooplankton in order to better understand their existing biodiversity, ecological value and increase the value of analyzed plankton species richness in the Napo river.

The phytoplankton community showed little variability in species composition, especially in the area of Huamayacu and decreases the number of species in the area Huarmi Sinchichicta profiles 7 and 10 respectively, the highest population density was for the group of diatoms are pennate. The main dominant species of phytoplankton in the river environment were Pseudo-nitzschia paradoxa, Filament sp, Thalassiotrix frauenfeldii, Melosira italica, and Climacospheia monoligera. Representative groups of zooplankton were copepods, Cladocera, fish larvae and insect larvae, which showed the same homogeneous distribution, recording low densities of zooplankton. Graphic distribution of chlorophyll a, graphics species cell counts and samples 50u network and relationship with the physical and chemical parameters were developed.

Key Words: *Composition, productivity, contamination, zooplankton, species.*

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil- Ecuador. Fax (5934) 485166.
maria.tapia@inocar.mil.ec-christian.naranjo@inocar.mil.ec

INTRODUCCIÓN

La Amazonía Ecuatoriana es parte de la Hylea Amazónica Occidental, la ubicación periférica del Refugio Napo y la rapidez con que se produjeron los cambios climáticos en el Pleistoceno parecen explicar la diversidad faunística en la selva de la Amazonía (Jaramillo, 1992).

La diversidad florística y faunística del Ecuador lo convierten en uno de los países más ricos en biodiversidad del mundo. Esta riqueza se encuentra relacionada con varios factores como: Gradientes altitudinales en las que se desarrollan diversos ambientes y, la presencia de al menos cinco áreas biogeográficas: Chocó, Tumbes, Andes Norte, Andes Sur, Amazonía Norte (Napo) y Amazonía Sur (Birdlife, 2006).

La Reserva Biológica de Limoncocha es una de las áreas protegidas más pequeñas del Ecuador con 4613,25 has, está ubicada en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi. La laguna de Limoncocha es el elemento principal de la reserva, tanto para las actividades humanas, como para la conservación de la biodiversidad de la zona de los ecosistemas formados por la laguna y sus alrededores, que constituyen el hábitat de un sinnúmero de especies animales y vegetales, algunas categorizadas como amenazadas. El lecho de la laguna de Limoncocha está constituido por sedimentos minerales como arena, limo, arcilla y un alto contenido de materia orgánica y macronutrientes (Lasso & Bastidas, 2008; Walsh, 2013).

La alta productividad primaria de la laguna se ve reflejada en la coloración verde-limón de sus aguas, su alto contenido de cianophytas y la presencia de nutrientes hacen que la laguna estén en proceso de eutrofización (Granizo, 2011).

La contaminación del agua es ante todo un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-

químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos (CICAME, 1999).

Uno de los aspectos de mayor interés en ecología ha sido, y sigue siendo, el estudio de los factores bióticos y abióticos que regulan la dinámica y estructura de las comunidades naturales. Conocer las interacciones entre estos factores y cuantificar su importancia relativa representa uno de los principales problemas con los que se enfrenta la ecología.

El patrón similar se determinó en la abundancia de zooplancton estableciéndose una variabilidad en la composición de los principales grupos y especies, de tal manera que en el 2002, se determinó una mayor abundancia de zooplancton en comparación al 2000, principalmente la época se considera como un factor que posiblemente influenció en los cambios estructurales de la comunidad zooplanctónica en el Humedal de la isla Santay (Tapia & Naranjo, 2007).

Existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, desarrollando criterios físicos, químicos y biológicos que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas, (Stoermer & Smol, 1999).

La composición específica del zooplancton puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos y para deducir la estructura de las comunidades acuáticas. Las diferencias en el estado trófico se manifiestan claramente en la estructura de la comunidad zooplanctónica y en las relaciones fitoplancton-zooplancton.

El presente trabajo de investigación complementará el conocimiento de otras áreas que circundan a la Cuenca baja del río Napo, estudiar los principales géneros y especies del plancton, a fin de conocer mejor su

biodiversidad existente, valor ecológico e incrementar el valor de la riqueza de especies planctónicas en el río Napo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información colectada por INOCAR en los muestreos anuales de los diez perfiles mencionados anteriormente, a bordo de embarcaciones dotadas de ecosonda y GPS para determinar la posición geográfica en cada estación muestreada.

Los monitoreos se efectuaron desde el 19 al 27 de abril de 2010 distribuidos en 30 estaciones de la región amazónica con un total de 10 perfiles utilizando para ello embarcaciones menores, sobre los primeros niveles tróficos fitoplancton y zooplancton

Las muestras de zooplancton fueron tamizadas con una malla de 300 micras, debido que en ellas se encontraron abundantes restos de vegetales. Luego de obtenerse el material zooplanctónico se procedió a efectuar el análisis cualitativo y cuantitativo de los principales grupos del zooplancton. Las muestras de plancton colectadas fueron fijadas con solución de formaldehído al 4% previamente neutralizado con tetraborato de sodio (Bórax).

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

(1977), y para la identificación de los géneros del taxón Cladóceros se empleó las claves de Cladóceros dulceacuícolas (Kameya, 1986).

ÁREA DE ESTUDIO

Esta zona de la región amazónica ecuatoriana estuvo siempre habitada, desde los tiempos prehistóricos por algunos grupos sedentarios y nómadas. En los tiempos prehispánicos y preincaicos se asentaron los quijos, pueblo comerciante de oro, canela, algodón y plantas medicinales (Castaño, 1993).

El petróleo es la fuente más importante de ingresos, tanto a nivel provincial como nacional, complementada con los lavaderos de oro localizados en la mayor parte de sus ríos, la pesca de bocachico, trucha arco iris, tilapia, etc. La agricultura es escasa, los principales cultivos son de palma africana, maíz, arroz, yuca, caña de azúcar y naranjilla. Su fauna donde se destaca la danta, tapir, guatusa, jaguar, tigrillo y otros, es su mayor riqueza (Diario El Universo, 2009).

Villalba & Revelo (2012), destacan que La Laguna de Limoncocha se encuentra a 219 metros sobre el nivel del mar, su profundidad máxima es de 3 m y la media 1,9 m. El relieve con pendientes suaves, se vuelve más pronunciado en la zona litoral. La longitud de la laguna es de aproximadamente 3 km por 1 km de ancho, y la superficie es de 2,28 km² (Fig. 1).

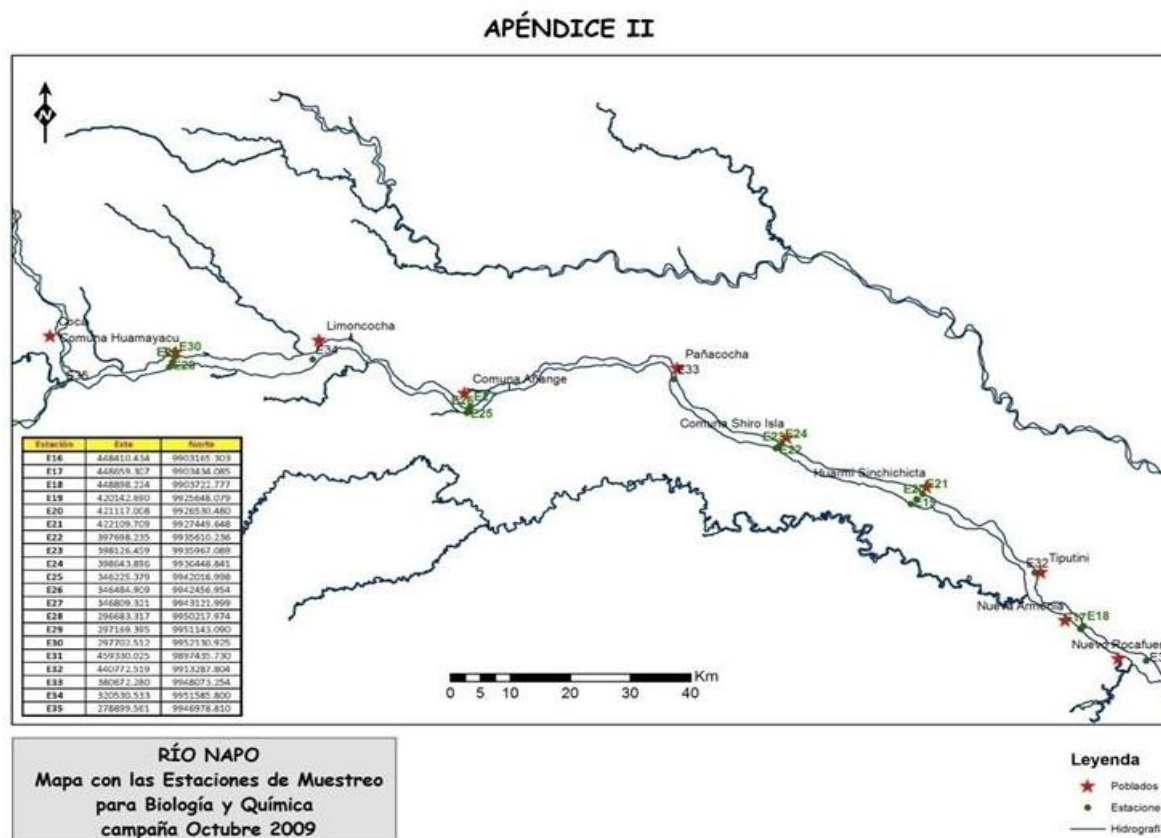


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones en el río Napo, durante abril de 2010.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones en el río Napo, durante abril de 2010.

Localidad	Estacion	Coordenada x	Coordenada Y
Nuevo Rocafuerte	1	297702	9952130
Nuevo Rocafuerte	2	297169	9951143
Nuevo Rocafuerte	3	296683	9950217
Tiputini	4	346809	9943121
Tiputini	5	346484	9942456
Tiputini	6	346225	9942018
Pañacocha	7	398643	9936448
Pañacocha	8	398126	9935967
Pañacocha	9	397698	9935610
Pompeya	10	422109	9927449
Pompeya	11	421117	9926530
Pompeya	12	420142	9925648
Francisco Orellana (Puente rio Napo)	13	448898	9903722
Francisco Orellana (Batallon del Ejercito)	14	448659	9903434
Francisco Orellana (Santa Fe Petroleum)	15	448410	9903165
Nueva Armenia	16	279618	9946804
Nueva Armenia	17	279648	9947418
Nueva Armenia	18	279787	9947889
Huarmi Sinchichicta	19	318510	9950483
Huarmi Sinchichicta	20	320530	9951585
Huarmi Sinchichicta	21	322045	9954252
Shiro Isla	22	379835	9947796
Shiro Isla	23	380234	9948597
Shiro Isla	24	380812	9949007
Añangu	25	441402	9913917
Añangu	26	440.772	9913287
Añangu	27	440109	9912608
Francisco Orellana(Comuna Huamaya)	28	461454	9895219
Francisco Orellana(Comuna Huamaya)	29	459330	9897435
Francisco Orellana(Comuna Huamaya)	30	457795	9896858

La temperatura en toda el área de estudio presentó un valor máximo de 28,3 °C en el sector de Tiputíni y un mínimo valor de 25,8 °C en el sector del río Coca hasta Pompeya. Así mismo se observaron dos zonas bien definidas la primera comprendida desde Nuevo Rocafuerte hasta Pañacocha, donde se registraron los mayores valores que variaron entre 27,4 y 28,07 °C, mientras que la segunda zona comprendida desde la Comuna Añangué hasta el río Coca presentaron valores bajo que fluctuaron entre 26,5 y 26,8 °C.

El clima tiene diferentes épocas o estaciones climáticas durante el año de la siguiente manera: Época seca (fines de diciembre-marzo), época lluviosa (abril - julio) y época de fluctuación (agosto - mediados de diciembre). Hacía el occidente predomina el clima de páramo, en la parte central, mesotérmico húmedo; mientras que en la parte baja hacía el oriente es de tipo tropical húmedo con permanentes lluvias.

El relieve de la provincia cuenta con fuertes pendientes y formaciones abruptas, mientras que en las proximidades de los ríos sus relieves son planos con pendientes suaves y potencialmente secas.

En su sistema hidrográfico existen importantes y caudalosos ríos como el río Napo, Cosanga, Tena, Holín, Quijos, Payamino, entre otros.

Las cuencas y microcuencas de importancia de la zona las constituyen los ríos Cosanga y Quijos, que luego de tomar el nombre de río Coca llega hasta la zona de las comunidades indígenas.

RESULTADOS

FITOPLANCTON: CLOROFILA *a*:

Perfil 1: Estaciones 1-2-3 “Nuevo Rocafuerte”: A nivel superficial se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.06 mg/m³ localizada en la estación 2. La

menor biomasa clorofílica se observó en la estación 3 con 0.02 mg/m³.

Perfil 2: Estaciones 4-5-6 “Tiputíni”: Se registraron aguas ligeramente productivas con 0.25 mg/m³ en la estación 6. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 5 con 0.05 mg/m³.

Perfil 3: Estaciones 7-8-9 “Pañacocha”: Se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.10 mg/m³ localizado en la estación 7. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 9 con 0.02 mg/m³.

Perfil 4: Estaciones 10-11-12 “Pompeya”: Se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.10 mg/m³ localizado en la estación 10. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 12 con 0.04 mg/m³.

Perfil 5: Estaciones 13-14-15 “Río Coca”: Se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.04 mg/m³ localizada en la estación 15. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 14 con 0.02 mg/m³.

Perfil 6: Estaciones 16-17-18 “Nueva Armenia”: Se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.06 mg/m³ localizada en la estación 2. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 3 con 0.02 mg/m³.

Perfil 7: Estaciones 19-20-21 “Huarmi Sinchichicta”: Se registraron aguas de baja productividad con 0.12 mg/m³ en la estación 21. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 20 con 0.02 mg/m³.

Perfil 8: Estaciones 22-23-24 “Comuna Shiro isla”: Se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.12 mg/m³ localizado en la estación 22. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 23 con 0.03 mg/m³.

Perfil 9: Estaciones 25-26-27 “Comuna Añangué”: Se registraron aguas de baja productividad con un valor de 0.06 mg/m³

localizado en la estación 26. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 25 con 0.02 mg/m^3 .

Perfil 10: Estaciones 28-29-30 “Huama-yacu”: Se registraron aguas productivas con

un valor de 0.57 mg/m^3 localizada en la estación 28. La menor biomasa clorofílica se observó en la estación 30 con 0.06 mg/m^3 (Fig. 2).

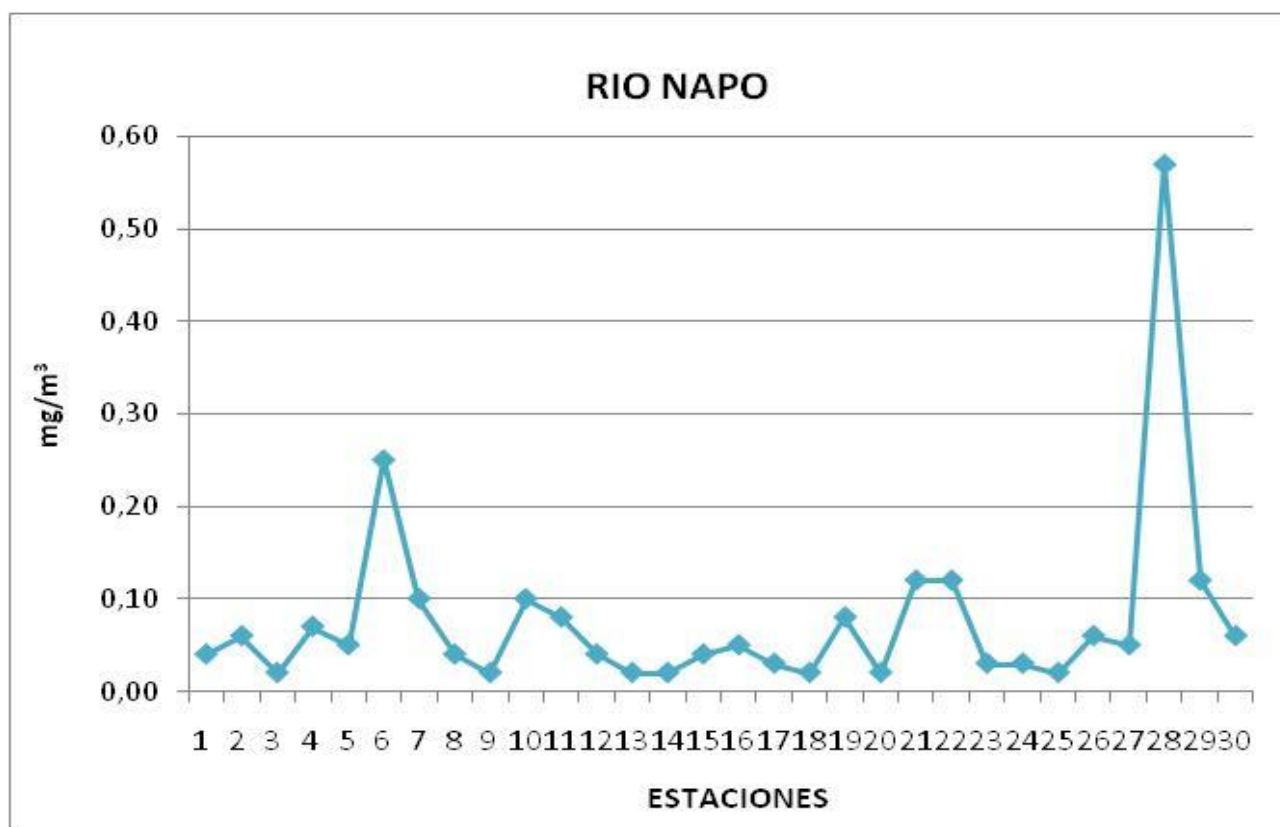


Figura 2. Distribución superficial de Clorofila a en el río Napo del Oriente Ecuatoriano, durante abril de 2010.

Fitoplancton (Red 50u):

Abundancia relativa: Arrastres Superficiales.

Perfil 1: Estaciones 1-2-3 “Nuevo Rocafuerte”: Se encontró un total de 15 especies, distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 9, cianobacterias 4. Las especies dominantes fueron: *Pseudo-nitzschia paradoxa* 30,52%, *Filamentos sp.* 19,64%; *Melosira itálica* 10,87%, *Chroococcus limneticus* 8,42%, *Pinnularia stauroptera* 5,61% y en menor abundancia otras con 24,94% (Fig. 3).

Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre $27.0-28.1^\circ\text{C}$.

En lo referente al oxígeno disuelto en Nuevo Rocafuerte se obtuvo un valor, mínimo de $5,47 \text{ mg/l}$. En tanto que desde la localidad de Nueva Armenia hasta Coca el comportamiento de su distribución superficial es ligeramente homogéneo siendo su promedio de $7,05 \text{ mg/l}$.

Las aguas de la zona del río Napo se muestran oxigenadas con valores de oxígeno por encima del nivel permisible $5,0 \text{ mg/l}$ establecido en la Legislación Ambiental (TULAS).

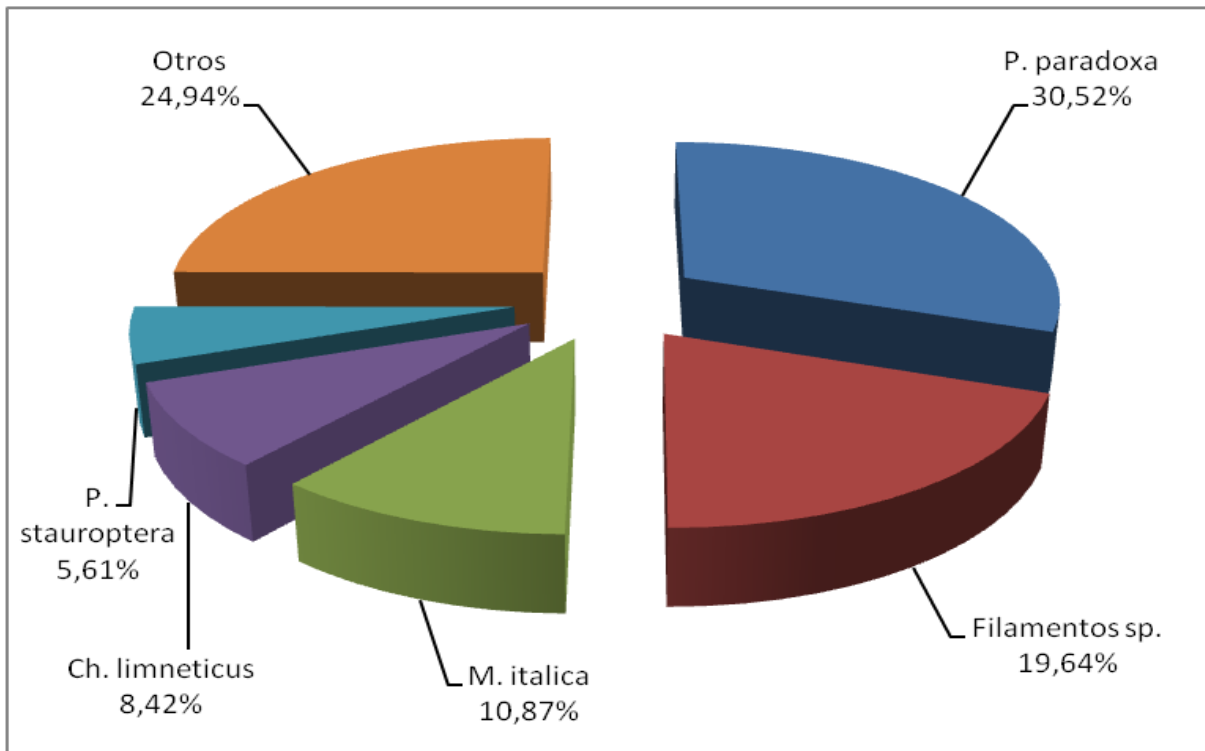


Fig. 3. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 1: Nuevo Rocafuerte, durante abril de 2010.

Perfil 2: Estaciones 4-5-6 “Tiputíni”: Se registró un total de 13 especies, distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 12, cianobacteria 1. Las especies dominantes fueron: *Pseudo-nitzscha paradoxa* 31,51%, *Filamentos sp* 16,73%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 11,28%, *Climacosphenia monoligera* 9,33%, *Coccinodiscus sp.* 8,56% y en menor abundancia otras 22,59% (Fig. 4).

Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 28.2-28.4°C.

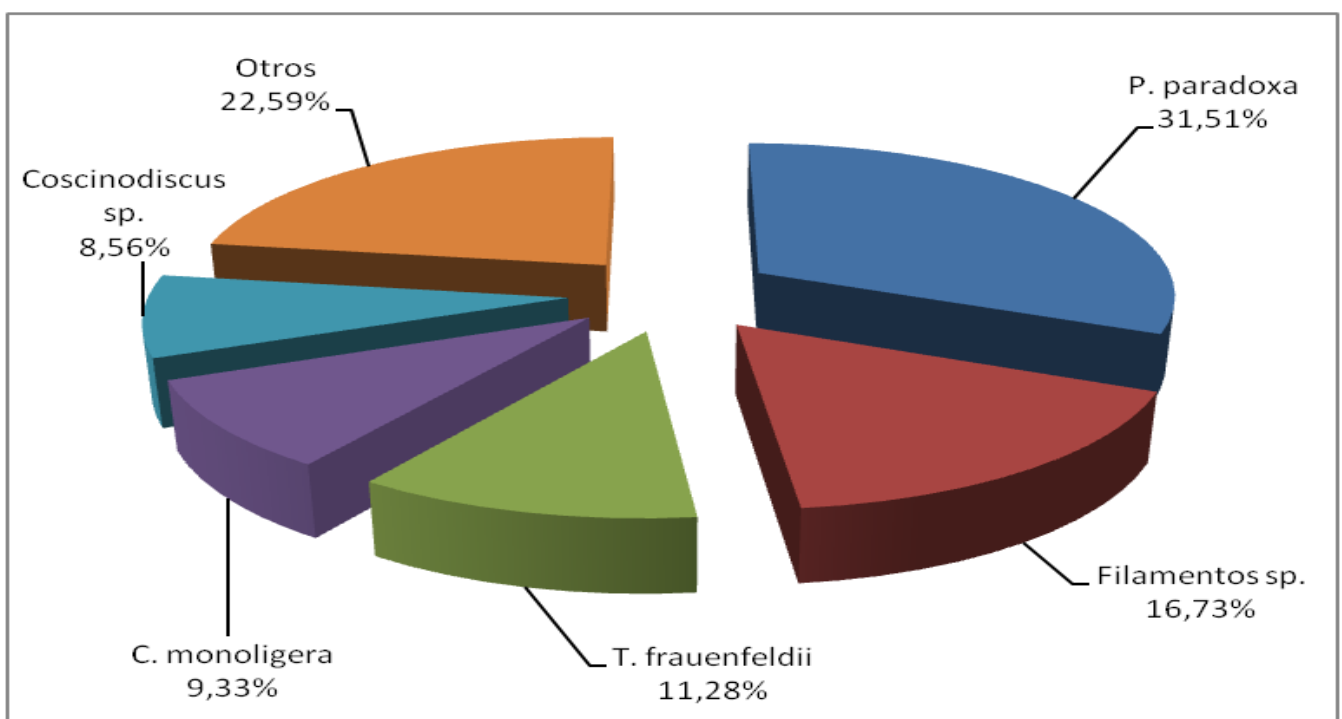


Fig. 4. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 2: Tiputíni, durante abril de 2010.

Perfil 3: Estaciones 7-8-9 “Pañacocha”: Se encontró un total de 21 especies, distribuidas en 4 diatomeas céntricas, diatomeas pennadas 13, cianobacterias 4. Las especies dominantes fueron: *Chroococcus limneticus* 23,80%, *Filamentos sp* 22,22%, *Pseudo-nitzscha paradoxa*

20,10%, *Melosira itálica* 8,46%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 3,96% y en menor abundancia otras 21,46%. Cabe mencionar que en este perfil se observó la mayor diversidad de especies (Fig. 5). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 27.2-27.8°C.

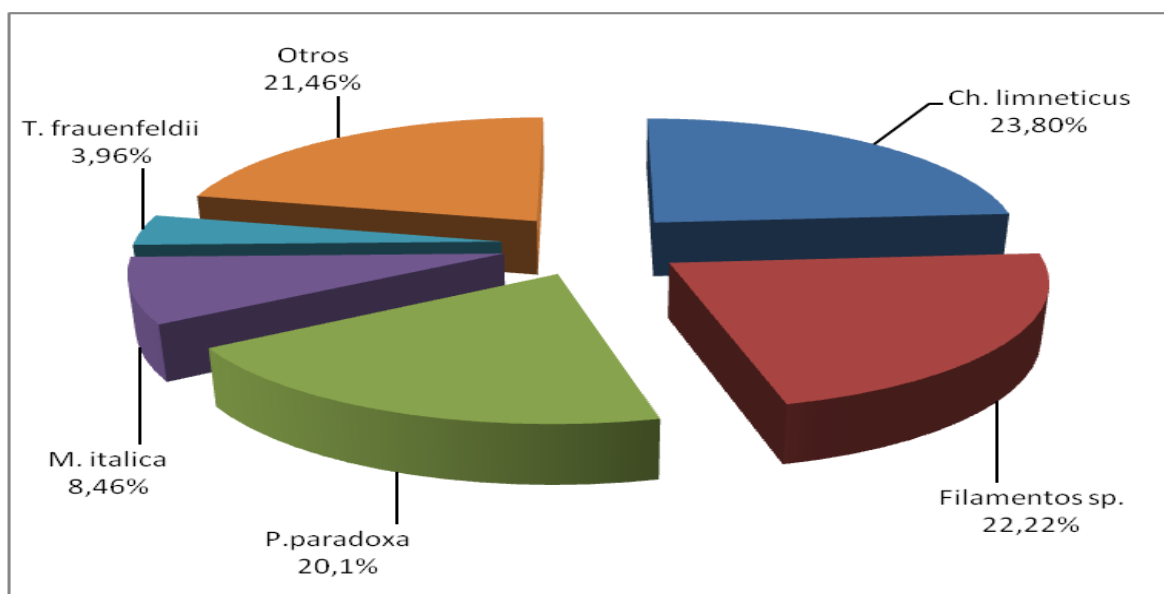


Fig. 5. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 4: Pañacocha, durante abril de 2010.

Perfil 4: Estaciones 10-11-12 “Pompeya”: Se registró un total de 18 especies, distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 14, cianobacterias 2. Las especies dominantes fueron: *Filamentos sp* 23,78%, *Melosira itálica* 13,65%, *Pseudo-nitzscha paradoxa*

12,77%, *Pinnularia brevicostata* 10,57%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 10,57% y en menor abundancia otras 28,66% (Fig. 6). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 25.2-26.2°C.

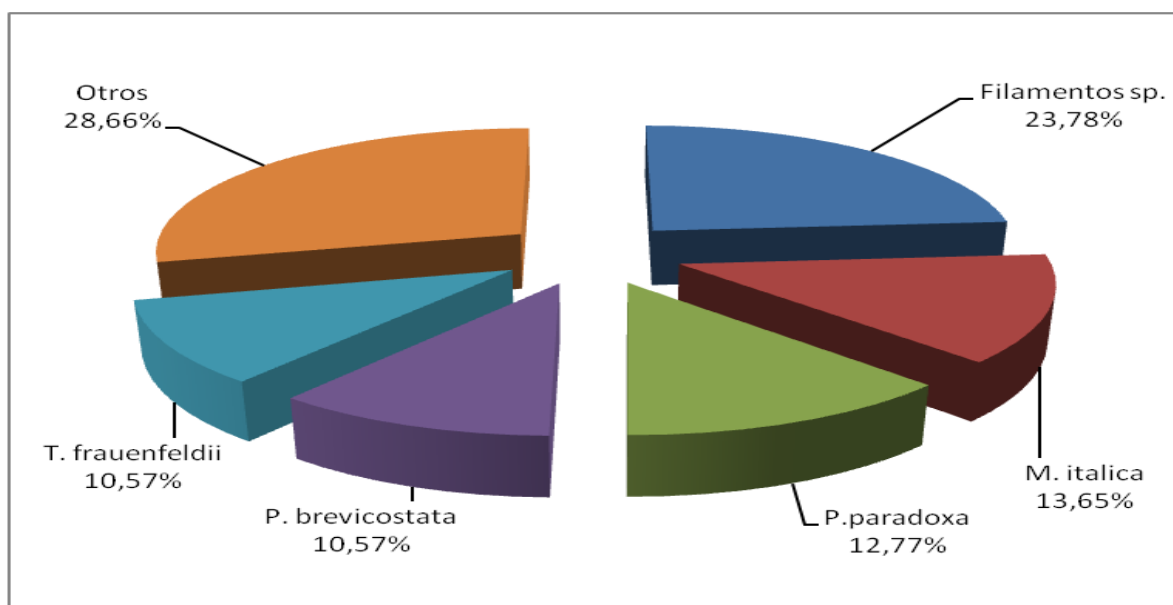


Fig. 6. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 4: Pompeya, durante abril de 2010.

Perfil 5: Estaciones 13-14-15 “Río Coca”: Se encontró un total de 16 especies distribuidas en 2 diatomeas céntricas, diatomeas pennadas 11, cianobacterias 3. Las especies dominantes fueron: *Chrococcus limneticus* 20,30%, *Pseudo-nitzscha paradoxa* 17,66%, *Filamentos*

sp 12,78%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 12,03%, *Thalassionema nitzschioides* 8,64% y en menor abundancia otras 28,59%. (Fig. 7). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 25.3-25.8°C.

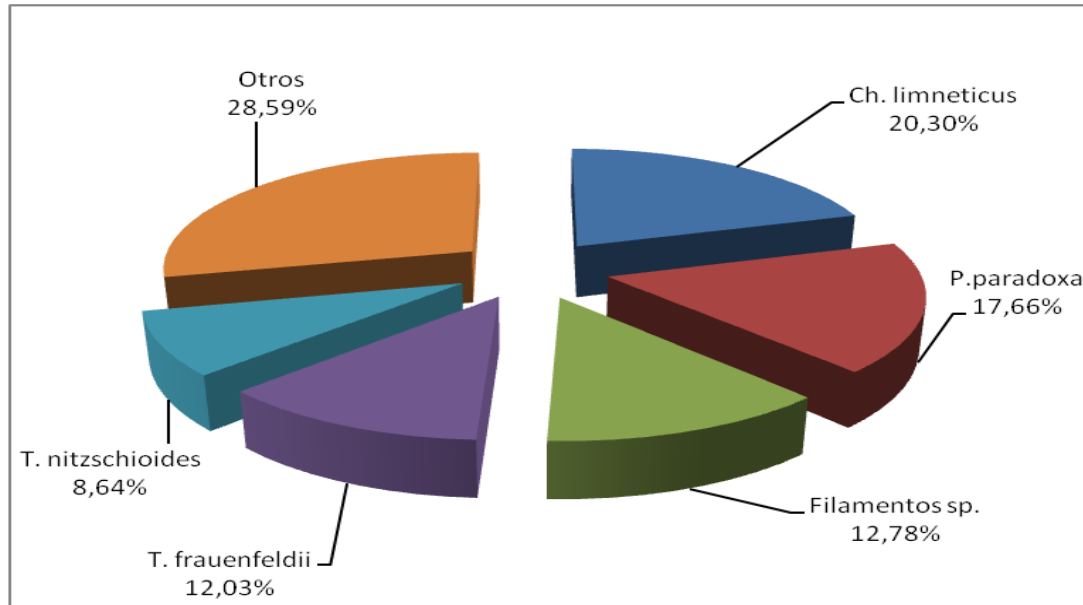


Fig. 7. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 5: Río Coca, durante abril de 2010.

Perfil 6: Estaciones 16-17-18 “Nueva Armenia”: Se registró un total de 13 especies distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 7, cianobacterias 4. Las especies dominantes fueron: *Pseudo-nitzscha paradoxa* 31,62%, *Filamentos sp* 19,80%,

Thalassiotrix frauenfeldii 15,33%, *Chrococcus limneticus* 11,82%, *Climacosphenia monoligera* 5,11% y en menor abundancia otras 16,32%, (Fig.8). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 28.0-28.1°C.

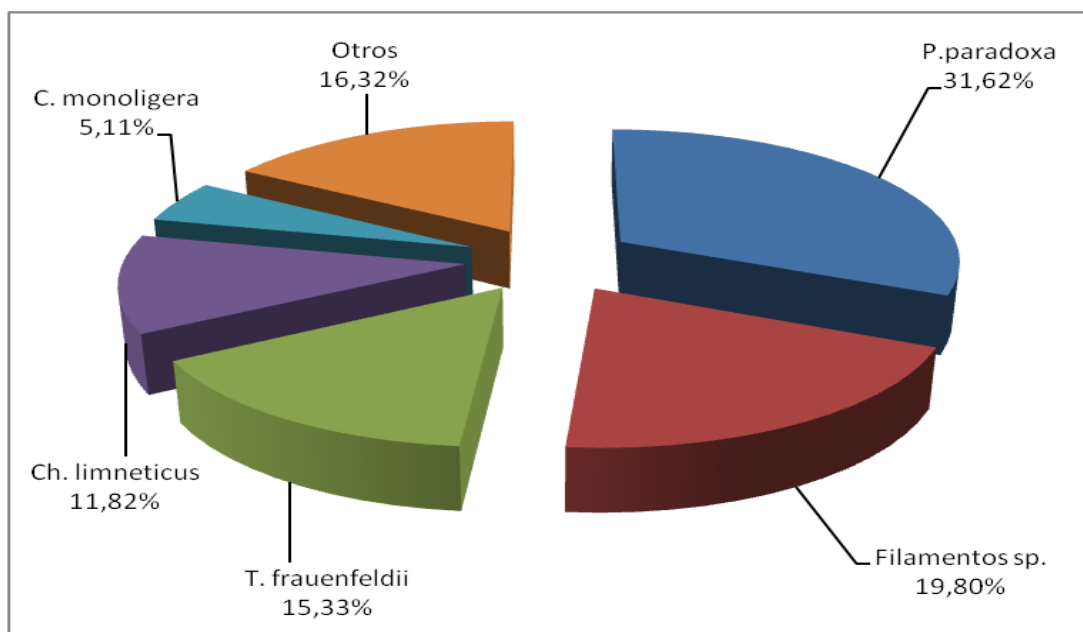


Fig. 8. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 6: Nueva Armenia, durante abril de 2010.

Perfil 7: Estaciones 19-20-21 “Huarmi Sinchichicta”: Se encontró un total de 14 especies, distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 10, cianobacterias 2. Las especies dominantes fueron: *Pseudo-nitzschia* sp. 17,93%, *Filamentos* sp. 17,24%;

Chrococcus limneticus 16,55%, *Pseudo-nitzschia paradoxa* 14,48%, *Coscinodiscus* sp. 7,58% y en menor abundancia otras con 26,22 % (Fig. 9). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 27.3-27.6°C.

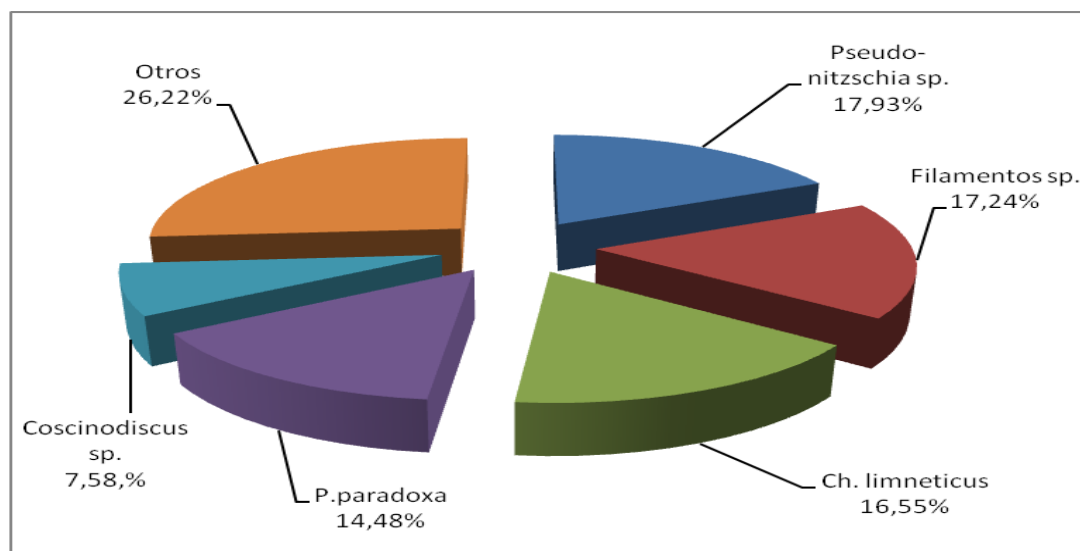


Fig. 9. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 7: Huarmi Sinchichicta, durante abril de 2010.

Perfil 8: Estaciones 22-23-24” Comuna Shiro isla”: Se registró un total de 20 especies, distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 12, dinoflagelado 1, cianobacterias 5. Las especies dominantes fueron: *Filamentos* sp. 27,61%, *Pseudo-*

nitzschia paradoxa 19,04%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 16,82%, *Climacosphenia monoligera* 4,44%, *Pinnularia brevocostata* 3,80% y en menor abundancia otras 28,29 (Fig. 10). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 26.9-27.0 °C.

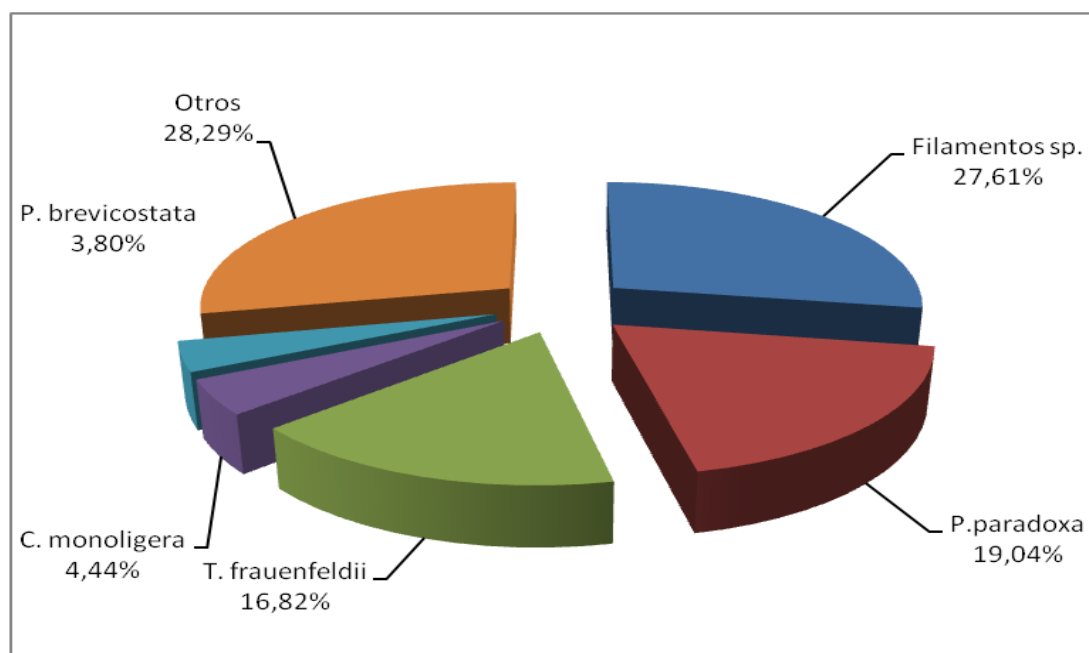


Fig. 10. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 8: Comuna shiro isla, durante abril de 2010.

Perfil 9: Estaciones 25-26-27 “Comuna Añänge”: Se encontró un total de 13 especies, distribuidas en 2 diatomeas céntricas, diatomeas pennadas 8, cianobacterias 2, chlorophyta 1. Las especies dominantes fueron: *Filamentos sp* 17,31%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 16,01%,

Coscinodiscus sp 14,71%, *Pseudo-nitzscha paradoxa* 9,52%, *Coscinodiscus excentricus* 8,65% y en menor abundancia otras 33,8% (Fig.11). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 26.4-26.5 °C.

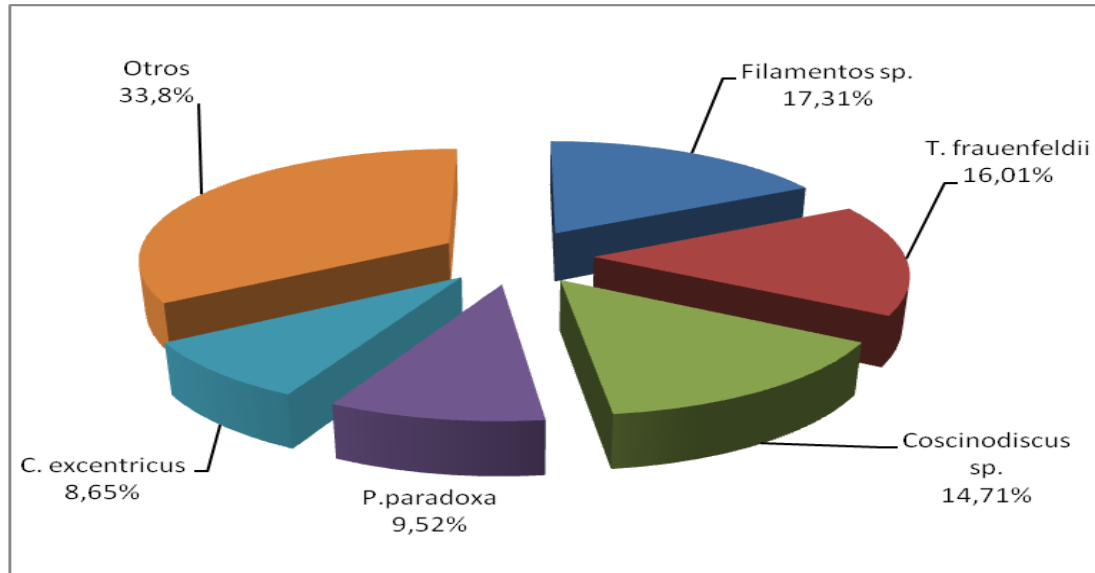


Fig. 11. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 9: Comuna Añänge, durante abril de 2010.

Perfil 10: Estaciones 28-29-30 “Huamayacu”: Se registró un total de 15 especies, distribuidas en diatomeas céntricas 2, diatomeas pennadas 10, cianobacterias 3. Las especies dominantes fueron: *Climacosphenia monoligera* 43,23%, *Pseudo-nitzscha paradoxa*

19,32%, *Thalassiotrix frauenfeldii* 11,83%, *Filamentos sp* 8,93%, *Coscinodiscus excentricus* 4,34% y en menor abundancia otras 12,35% (Fig.12). Cabe resaltar en este perfil se observó una temperatura entre 25.7-25.8 °C.

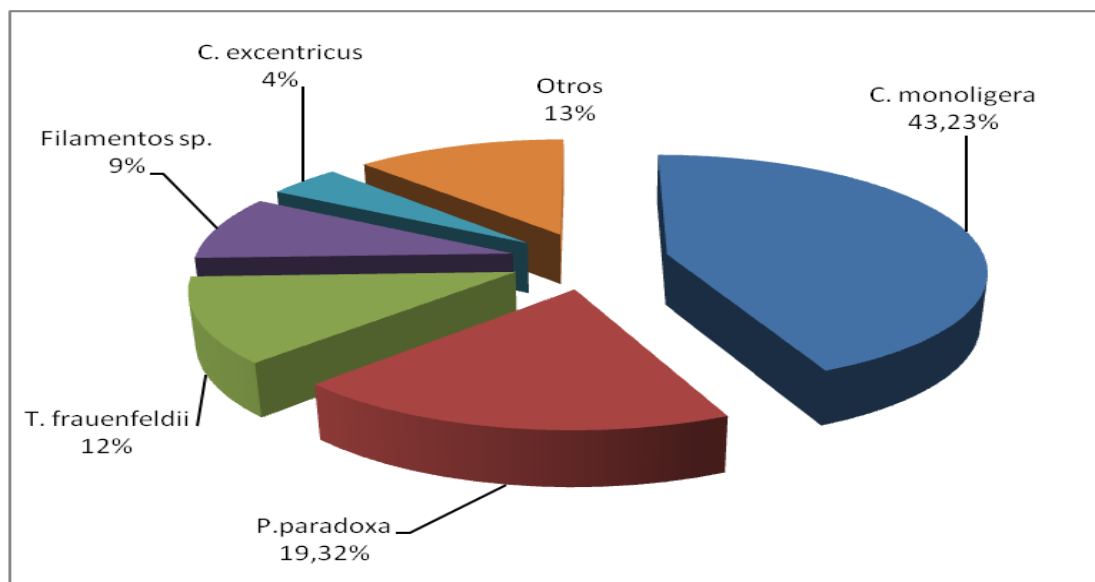


Fig. 12. Distribución porcentual del Fitoplancton en el Perfil 10: Huamayacu, durante abril de 2010.

ZOOPLANCTON:

De manera general se determinó una escasa productividad secundaria de organismos zooplanctónicos en la cuenca baja del río Napo, destacándose las áreas de Tiputíni y la Reserva de Limoncocha, con mayor densidad de organismos de microcrustáceos tales como Copépodos y Cladóceros.

Perfil 2- Tiputíni (E-6): Se observaron 2 taxa de organismos zooplanctónicos, correspondiente a Larvas de insectos y Cladóceros, estos organismos son característicos de hábitat dulceacuícola, especialmente las larvas de insectos muchos de ellos se encontraron entre los abundantes restos vegetales, que se localizan a las riberas de los ríos y con características de una pendiente poco pronunciada (Tabla 2).

Perfil 3- Pañacocha (E-7): En esta área se registró exclusivamente el grupo larvas de insectos con una escasa abundancia representado con una larva de insecto/10m³. Estos cambios temporales en la composición de la fauna zooplanctónica están ligados a la época estacional, la disponibilidad y abundancia del primer nivel trófico y la óptima calidad de los tributarios hacia el río Napo (Tabla 2).

Perfil 4- Pompeya (E-10): Se registró el taxón Copépodos representado con un total de 4 Org/10 m³. Los cambios en la distribución de los principales grupos del zooplancton en las diferentes áreas en la cuenca baja del río Napo, pueden estar ligado a la estacionalidad que rigen en la región Amazónica (Tabla 2).

Perfil 6- Nueva Armenia (E-18): En las estaciones localizadas en Nueva Armenia, se observó una ausencia de grupos zooplanctónicos, registrándose excepcionalmente 3 larvas de insectos/10m³, estos grupo no es común dentro de las taxa que se observan en la

comunidad del zooplancton, sin embargo su presencia en las muestras de zooplancton está posiblemente asociado a la abundancia de restos vegetales (Tabla 2).

Perfil 9- Comuna Añange (E-25-26): En esta área se determinó una escasa presencia de organismos zooplanctónicos, registrándose 2 Copépodos/10m³ en la estaciones 25. Adicionalmente se determinó la presencia de una larva de insecto/10m³ en la estación 26 (Tabla 2).

Perfil 10- Comuna Huamayacu (E-28-29): Se determinó una rara presencia de organismos zooplanctónicos, en las estación 28 se registró un copépodo/10 m³ y en la estación 29 se reporta una larva de insecto/10m³. Durante este monitoreo se registró la presencia de las taxa Copépodos, Larvas de peces y cladóceros (Tabla 2).

La presencia de larvas de insectos, está posiblemente asociada a la abundancia de restos vegetales recolectados en las muestras de zooplancton, producto de la presencia en los márgenes de las riberas del río Napo.

Los ríos constituyen sistemas abiertos y básicamente heterotróficos. El material que procede de las orillas del arroyo, es el aporte más importante de energía al sistema. Un ecosistema fluvial posee una enorme superficie de interacción con los ecosistemas terrestres.

“Gran parte de la entrada de energía es en forma de materia orgánica particulada gruesa (MOPG) (> 1 mm), como hojas y restos de maderas caídas de la vegetación de ribera. También entra materia orgánica particulada fina (MOPF) como fragmentos de hojas, heces de invertebrados y precipitados de materia orgánica anteriormente disuelto coloidal (MOD)”.

Tabla 2. Composición y abundancia del zooplancton en 6 áreas ubicadas en la cuenca baja del río Napo, en abril de 2010.

	SITIOS							
ÁREAS	Tiputiní	Pañacocha	Pompeya	Nueva Armenia	Comuna Añange	Comuna Añange	Huamayacu	Huamayacu
	E-6	E-7	E-10	E-18	E-25	E-26	E-28	E-29
Unidad	Org/10m ³	Org/10m ³	Org/10m ³	Org/10m ³	Org/10m ³	Org/10m ³	Org/10m ³	Org/10m ³
Copépodos			4		2		1	
Larvas de peces								
Larvas de insectos	2	1		3		1		1
Cladóceros	1							
Total Org/10m ³	3	1	4	3	2	1	1	1

En la Reserva Biológica Limoncocha correspondientes solo a las estaciones 10 y 10 A se determinó una biomasa de zooplancton representado por 31 Ind/ 10 m³, resaltándose como grupo dominante a los Copépodos. Dentro del grupo Cladóceros conocidos vulgarmente como pulgas de agua de ambiente dulceacuícola, se determinó el género *Daphnia*, destacándose la especie *D. magna* c.f especialmente en las estaciones ubicadas en la Reserva Biológica Limoncocha (Tabla. 2).

Solo se registraron estadíos larvales de insectos, cabe señalar que estos organismos no conforman parte de la productividad secundaria.

DISCUSIONES

El fitoplancton es indicador de las presiones hidromorfológicas que determinan cambios en la tasa de renovación del agua en lagos y embalses.

Una de las características más importantes de las algas es su capacidad depuradora de

ambiente, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica, por una lado y por el otro a aumentar el oxígeno disuelto en el agua, el cual será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y fauna del medio acuático donde viven.

Los estudios recientes realizados en varios ríos del país demuestran que las comunidades de diatomeas integran los cambios de calidad del agua y son indicadoras de cambios ambientales a corto plazo (Tapia, 2012).

Las comunidades planctónicas de sistemas acuáticos están constituidas por organismos con periodos de vida cortos y muchos de ellos son fácilmente manipulables. Además, el zooplancton de agua dulce está compuesto por organismos con altas tasas de crecimiento, un rasgo que permite responder rápidamente en ambientes cambiantes. Otra de sus características es su capacidad para producir abundantes huevos de resistencia que mantienen su

viabilidad durante décadas o siglos, (Hairston, 1996).

CONCLUSIONES

- La biomasa fitoplanctónica fue escasa para toda el área de estudio y en algunos casos estuvo rara. Esto podría deberse a la gran turbidez provocada por los sedimentos que se están acumulando rápidamente en el fondo y a la gran cantidad de materia orgánica descompuesta lo que origina una reducción del oxígeno y las condiciones se tornan anóxicas para las especies del plancton.
- Se determinó la mayor producción primaria en el Perfil 10 – Huamayacu localizada en la estación 28. La menor biomasa clorofílica se registró en el perfil 5 ubicado en el río Coca (Estaciones 13-14).
- Se establece que la mayor biomasa celular se registró en el Perfil 2-Tiputíni, debido a la actividad fotosintética de las microalgas filamentosas que durante el día disminuye la cantidad de CO₂ disuelto en el agua.
- Se observó en el Perfil 3 – Pañacocha, la mayor diversidad de especies y la mayor abundancia fitoplanctónica se observó en el Perfil 10- Huamayacu, con valores de 2 y 2.48 bit/cél respectivamente, observándose una estrecha relación con la mayor concentración de Clorofila registrada en esta área.
- Cabe mencionar que en el perfil 8 correspondiente a la comuna Shiro isla se observó la presencia de *Filamentos sp*, *Oscillatorias sp*, consideradas cianobacterias, son especies indicadoras de áreas contaminadas y alcanzan relevancia cuando sus poblaciones se incrementan mediante los procesos de eutrofización de las aguas.
- Se registra una baja diversidad de grupos del zooplancton con 2 taxas entre ellos los

copépodos, cladóceros; además se observaron estadíos larvales de distintas familias de insectos que viven principalmente en la superficie de ambientes de río, debido a la vegetación y hojarasca que se presentan en las riberas del río Napo.

- Desde el punto de vista biológico, los microorganismos que viven en el cuerpo de agua correspondiente a los primeros niveles tróficos de la cadena alimentaria, caracterizó a la cuenca baja del río Napo en dos niveles:

Nivel 1: Se considera un ecosistema relativamente saludable, considerándose un hábitat con una moderada productividad primaria y diversidad en los sitios: Nuevo Rocafuerte, Tiputíni, Pañacocha, Pompeya y Coca.

Nivel 2: Se considera a las áreas como un ecosistema maduro, caracterizado por una alta biomasa celular y con la dominancia de cianobacterias, especies poco productivas en la Laguna Limoncocha, observándose que el cuerpo de agua de ésta Reserva Biológica presenta un proceso de eutrofización.

- Muchos ecosistemas acuáticos han sido afectados por la contaminación físico-química del agua, en donde las aguas residuales urbanas, escorrentías del sector agrícola, aguas industriales, lixiviados y basura en general, reducen la calidad del agua, lo que se traduce en una disminución de la cantidad de oxígeno disponible para peces y otros organismos.

BIBLIOGRAFÍA:

Birdlife, 2006. Aves y conservación del Ecuador.

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

Castaño C., 1993. Situación general de la Conservación de la Biodiversidad en la Región Amazónica: Evaluación de las Áreas Protegidas, Propuestas y Estrategias. Documento SPT-TCA-ECU-20. Quito.

CICAME, 1999. Informe "Yana Curi". Impacto de la actividad petrolera en la salud de las poblaciones de la Amazonía Ecuatoriana. Departamento de Pastoral Social del Vicariato de Aguarico, London School of Higiene and Tropical Medicine, Medicus Mundi. Coca.

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

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.

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

Diario El Universo, 2009. Atlas panorámico Ecuador. Provincia Napo. Tomo 16.

Hairston, 1996. Variabilidad espacio-temporal del tamaño del plancton en 2 sistemas de embalses en Málaga, España. Tesis de grado previo a la Obtención de Doctor en Filosofía (PhD), por sus siglas en Inglés.

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

Granizo, F. 2011. Estudio sobre el estado trófico actual de la laguna de Limoncocha. Trabajo de fin de carrera previa la obtención del título de ingeniero Ambiental, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

Jaramillo, A. 1992. Parque Nacional Yasuní. Ministerio del Ambiente. Proyecto Cuyabeno Yasuní CEREPS.

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

Kameya, L. 1986. Los Cladóceros dulceacuícolas de Lima y sus alrededores (Crustacea-Cladóceros). Revistas de Ciencias UNMSM. Vol. 74(1 130 -151.

Lasso, S., & Bastidas, A. 2008. Ficha informática de los humedales de Ramsar humedal de Limoncocha. Ministerio del ambiente.

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

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

Stoemer, E.F . & J.P. Smol. The Diatoms Applications for the environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press. 1999.

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

Tapia, M, & C, Naranjo. 2007. Aspectos ecológicos del Plancton en las riberas del Humedal Isla Santay, río Guayas durante los años 2000 y 2002. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol.14, No 1:57-67.

Tapia M., 2012. Variabilidad estacional del fitoplancton y su relación con los parámetros ambientales en el estuario interior de Esme-

raldas durante los años 2004 – 2005. Síntesis del Trabajo presentado previo a la obtención del título de Magister. Universidad de Guayaquil- Facultad de Ciencias Naturales durante diciembre de 2010. Guayaquil – Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol.17, No 1:41-65.

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

Villalba, F., & Revelo, G. 2012. Morfometría e Hidrología de la Laguna de Limoncocha. Anuario de la Universidad Internacional SEK, (13).

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

Walsh, F. 2003. Línea Base para la Actualización del Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha. Informe EC101-35 no publicado). Quito, Ecuador.

Internet:

http://www.birdlife.org/action/science/species/waterbirds/waterbirds_pdf/waterbirds_report_ecuador_2006.pdf, consultado el 18 de febrero de 2011.

<http://www.ucm.es/info/ecologia/Descriptiva/Rios1/Rios1.htm>.

MEDUSAS Y SIFONÓFOROS DEL ESTUARIO DEL RÍO MATAJE-BAHÍA ANCÓN DE SARDINAS

Carlos Andrade ⁽¹⁾

RESUMEN

*El zooplancton es de vital importancia como conexión entre los productores primarios y los consumidores superiores, siendo importante el estudio de estos organismos que pueden ser utilizados en evaluaciones para una explotación sustentable y sostenible de los ecosistemas y recursos biológicos en el medio acuático, en el presente trabajo de investigación se identificaron un total 10 especies de cnidarios, representados por *Amphynema dinema*, *Obeliasp.*, *Clytia hemisphaerica*, *Mitrocomella grandis*, *Rhopalonema velatum*, *Bougainvilla muscus*, *Ectopleura dumortieri*, *Eucheilota nemoni* y *Eutonina scintillans*, clasificados en 4 órdenes de la clase hydrozoa, con 10 familias y una clase; la clase Scyphozoa, presente con el orden Rhizostomeae y la familia Stomolophidae y la especie *Stomolophus meleagris*, mientras los sifonóforos estuvieron representados por el Suborden Calycophorae y la familia Diphyidae, con una subfamilia (Diphyinae) y 4 especies, representadas por *Chelophyes contorta*, *Muggiaea atlantica*, *Lensia conoidea* y *Lensiamulticristata*.*

Del análisis de 15 muestras zooplanctónicas tomadas durante el desarrollo de las investigaciones en el sector del Estuario del Río Mataje-Bahía Ancón de Sardinas, durante el mes de octubre 2012, se identificaron un total de 13taxas zooplanctónicas distribuidas en toda el área de estudio, su mayor densidad poblacional se ubicó frente a las comunas Pampanal y el Viento.

Su composición fue mayoritariamente por copépodos, nauplio de cirripedios y larvas de decápoda en la E2, mientras zoea de braquiura y larva de decápoda fue para E1. Los estadios de huevos de peces fueron abundantes en E5A frente a la comuna de Palma Real y la parte externa de la Bahía de Ancón de Sardinas (E9), mientras la mayor densidad de larvas de peces se evidenció frente a la comuna el Viento (E2), Pampanal (E1) parte externa de la Bahía de Ancón de Sardinas (E9), sitios que podrían considerarse como nichos ecológicos de alta productividad biológica. Mientras los sitios de menor biomasa se registraron en las estaciones 4 en el límite entre Ecuador y Colombia, (E5) diagonal a la comuna Palma Real, (E9) ubicado en la partes externa de la Bahía de Ancón de Sardinas.

Palabras claves: Hidromedusas, Sifonóforos, nicho ecológico, productividad.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. Avda. 25 de Julio-Base Naval Sur. Vía Pto. Marítimo. Guayaquil-Ecuador

ABSTRACT

Zooplankton is vitally important as a link between primary producers and higher consumers, the study of these organisms can be used in assessments for sustainable and sustainable use of ecosystems and biological resources in the aquatic environment. In this research paper were identified a total 10 species of cnidarians, represented by *Amphynemadinema*, *Obeliasp.*, *Clytiahemisphaerica*, *Mitrocomellagrandis*, *Rhopalonemavelatum*, *Bougainvillamuscus*, *Ectopleuradumortieri*, *Eucheilotanemoni* and *Eutoninascintillans*, ranked in 4 orders of the class hydrozoa with 10 families and a class; the Scyphozoa class, present with the Rhizostomeae order and Stomolophidae family and species *Stomolophusmeleagris* while siphonophores were represented by the suborder Calycophorae and Diphyidae family, a subfamily (Diphyinae) and 4 species, represented by *Chelophyescontorta*, *Muggiaeaatlantica*, *Lensiaconoidea* and *Lensiamulticristata*.

During the development of the research field trip were taken 15 zooplankton samples on the field of Estuary-Bay Mataje Ancon de Sardinas, during October 2012. And a total of 13 zooplankton taxa were identified, distributed throughout the study area and its highest population density was located in front of Pampanal and El Viento communities.

Its composition was mainly of copepods, barnacle nauplii and larvae of Decapoda in E2, while zoea larvae of Decapoda braquiura belonged to E1. The stages of fish eggs were abundant in E5A against the commune of Palma Real and the outside of the Bay of Ancón de Sardinas (E9), while the highest density of fish larvae was evident in front of El Viento community (E2)Pampanal (E1) outside of the Bay of Ancón de Sardinas (E9). These places could be considered as ecological niches of high biological productivity. However, lower biomass sites were recorded in stations 4 at the boundary between Ecuador and Colombia, (E5) diagonal to the Palma Real commune, (E9) located in the river mouth of the Bay of Ancon de Sardinas.

Keywords: hydromedusae, Siphonophores, ecological niche productivity.

INTRODUCCIÓN

El manglar constituye un sistema ecológico abierto que interactúa con el mar, la tierra, la atmósfera y las aguas epicontinentales; es el punto de unión entre los ambientes marinos y terrestres (INEFAN/GEF, 1998). El ecosistema de manglar es una unidad ecológica integrada por un mosaico de parches de diferentes formaciones vegetales; estos parches son interdependientes y la transformación de uno de éstos provoca alteraciones en los otros, causando la destrucción del ecosistema como tal.

Este constituye hábitat, criadero de fauna marina en proceso de desarrollo; buena parte de la flora y fauna aún presente está en peligro de extinción; existen posibilidades para el turismo escénico, recreativo y científico.

Según Ayón, *et al.*, (1987), mencionan que el archipiélago de San Lorenzo abarca 425 de los 480 kilómetros de costa que ocupa el centro y norte de la faja indicada, correspondientes a los manglares que han sido extensiones muy exuberantes y que progresivamente se han talado en las islas estuarinas y barrera posterior para la construcción de piscinas camaroneras.

Cabe señalar que existen pocos trabajos concernientes al estudio del plancton en zonas de manglar en los estuarios en la Provincia de Esmeraldas, entre ellos se mencionan los siguientes: Luzuriaga (1993), estudió la distribución y abundancia del zooplancton en los manglares de la región norte de la Provincia de Esmeraldas entre la desembocadura del río Cayapas y la boca del río Mataje, unos de los sistemas más densos en vegetación tropical de la costa ecuatoriana.

Naranjo, C y Tapia María (2002), estudiaron la composición, distribución y abundancia del plancton en el estuario de San Lorenzo, Esmeraldas donde se estableció considerable diversidad de grupos representados por 17

taxas zooplanctónicas, mientras el fitoplancton registró un promedio de 75 especies fitoplanctónicas, en el presente trabajo se observaron 13 grupos zooplanctónicos distribuidos en toda el área de estudio, reportando la mayor densidad poblacional hacia sector de la salida del estuario de San Lorenzo, cercana a la comuna Pampanal y frente de la comuna el Viento.

Debido a la intensa actividad predadora de las medusas y sifonóforos, además de su rol fundamental en la estructura y dinámica del zooplancton (Mackie, 1976), se ha considerado necesario identificar y determinar la distribución de las especies de cnidarios en el Estuario del Río Mataje, Bahía Ancón de Sardinas y conocer el estado actual del mismo e incrementar la información existente.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de San Lorenzo, es una parroquia asentada en el norte de la provincia de Esmeraldas en la bahía de Pailón detrás de la isla Santa Rosa, se caracteriza por tener aguas tranquilas y por su gran vegetación principalmente por manglares tanto en la bahía como en los canales y en las islas (INEFAN/GEF, 1998).

El canal de San Lorenzo constituye uno de los sistemas más densos en vegetación tropical de la costa ecuatoriana. Clitrón, G, I. Solís y C. Bonifaz (1976), menciona que los manglares de Esmeraldas forman parte del sistema de manglares que se inicia al Sur del Cabo Corrientes.

Según Ayón, *et al.*, (1987), en el mismo archipiélago y costa afuera la sedimentación de origen deltaico es muy pesada y se han formado bancos de arena de varios kilómetros mar adentro. En cambio las playas del archipiélago San Lorenzo son de arena fina las de origen marino que dificulta la navegación, en contraste con las estuarinas que son fangosas (Figura 1).

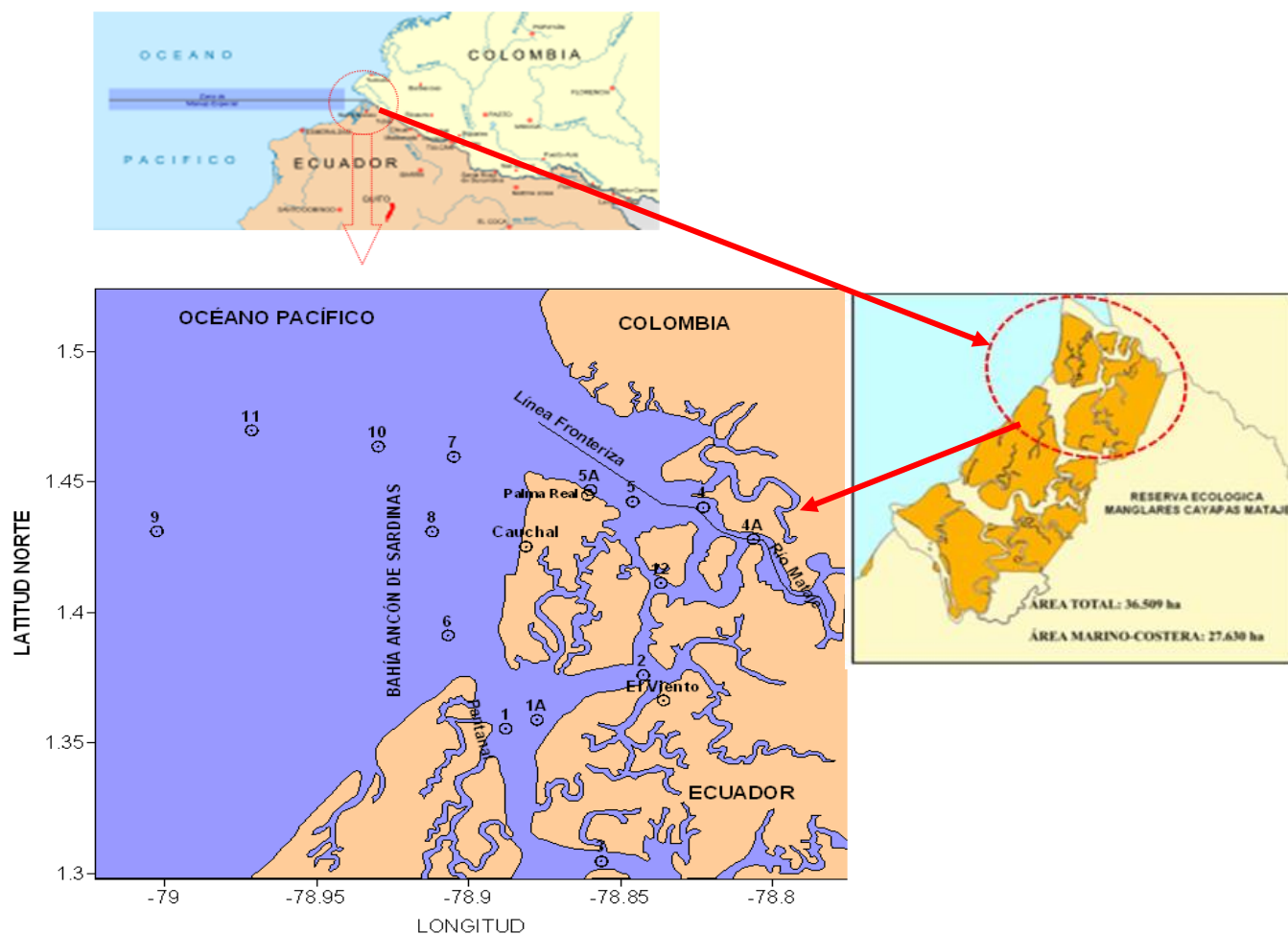


Figura. 1.- Ubicación de las estaciones de monitoreo en el área de estudio- desembocadura del Río Mataje - San Lorenzo – Esmeraldas. Octubre 2012.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con la finalidad de establecer la biomasa se efectuaron un total de 11 estaciones donde se efectuaron arrastres superficiales, durante cinco minutos a una velocidad de dos nudos, únicamente durante la fase de flujo, para ello se utilizaron redes cónicas simples con un diámetro de boca de red de 0.30 m y con una apertura de malla de 335 μ , para el análisis del zooplancton las muestras fueron preservadas con formaldehído al 4 % neutralizado con Tetraborato de Sodio (Steedman 1976) y la temperatura fue tomada con termómetro de balde, con escala de 0.1 °C.

Se determinó la profundidad a la que se dejó de observar el disco de Secchi (Holmes 1970), como un indicador de la transparencia del agua.

Para determinar el volumen de agua filtrada se utilizó la siguiente fórmula:

- a) Área de la superficie de la red mediante la fórmula del círculo.

$$S: \pi (r^2)$$

Dónde:

r = radio boca red cónica simple.

π = 3.1416

- b) Volumen de agua filtrada.

Superficie de boca de red **X** distancia de arrastre (**m**) **X** Eficiencia de filtración

- c) **Eficiencia de filtración:** Se utilizó el estimado obtenido del Manual Zooplancton UNESCO Sampling (1968), utilizando un coeficiente de filtración de

0.9 para calcular el error de volumen de agua filtrada.

Para calcular la biomasa en el arrastre superficial se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{No. ind. /100m}^3 = \frac{\text{No. ind.muestra) x 100m}^3}{(\text{Vol. de H}_2\text{O filtrada})}$$

En el laboratorio para el análisis de los grupos taxonómico, se comprobó el pH de las muestra que habían sido formolizadas y así asegurar las condiciones óptimas de los organismos gelatinosos y se utilizó un submuestreador de Folsom (Mc Ewen et al., 1954), cuando la biomasa de zooplancton presentó un alto número de ejemplares en la muestra. Para determinar la biomasa y composición del zooplancton se realizó el conteo en la cámara de Bogorov.

Para la identificación taxonómica de los principales grupos del zooplancton se empleó los trabajos de Boltovskoy (1981). Tregouboff, G. & M. Rose (1957); Pages F., et al. (1992); Bouillon, 1999; Kramp, 1968; Young, 2002; De Boyd, 1977.

RESULTADOS

Hidromedusas.

De forma general en el sector norte del Estuario del Río Mataje se reportaron 11 especies de cnidarios correspondientes a 4 órdenes, 10 familias.

Con carácter de dominante se evidenciaron a 2 especies del orden Leptomedusae, representada por *Mitrocomella grandis* con 54% de abundancia relativa, seguido de *Eucheilotanemoni* con el 19% de abundancia en toda el área de estudio, en menor distribución poblacional se registraron a *Clytia hemisphaerica* (Leptomedusae) con 7% y *Bougainvilliamusculus* (Anthomedusae) con 6%. Mientras en menor abundancia relativa se observaron a *Obelia* sp con 4%, *Rhopalonemavelatum* y *Eutoninas-cintillans* con 3% cada una, *Ectopleura dumortieri* con 2%, *Amphynemadinema* (Anthomedusae) y *Stomolophus meleagris* (Rhizostomeae) con el 1% de abundancia relativa cada uno (Figura 2).

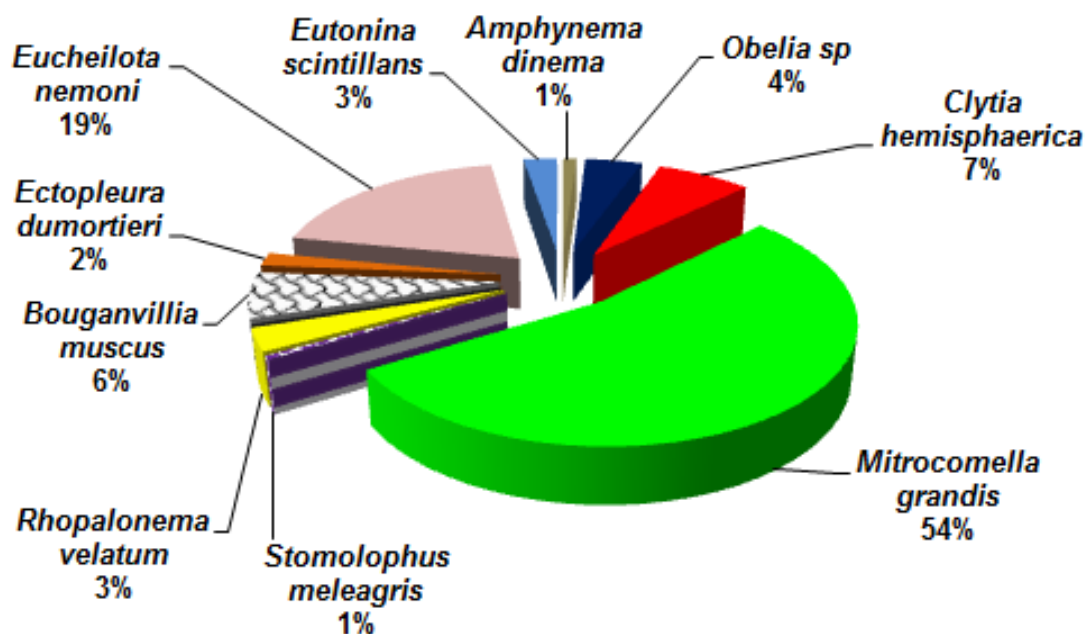


Figura 2.- Abundancia relativa de las especies de cnidarios en el sector norte del Estuario del Río Mataje – San Lorenzo, del 17 al 31 de octubre de 2012.

Este grupo en la zona externa evidenció la máxima densidad poblacional en la estación 11 ubicado en el sector externo de la Bahía de Ancón de Sardinas reportó a *Bouganvillia muscus* y *Eutonina scintillans* con 109 ind·(100m³)⁻¹ y mínima densidad poblacional se observó en la estación 7 frente a la comuna el Brujo con 55 ind·(100m³)⁻¹ reportando las mismas dos especies, estando ausente en la estación 8, en la estación 6 frente a la bocana del canal Bolívar se reportan dos especies de cnidarios representados por *Eucheilota nemoni* y *Eutonina scintillans* con 27 y 9 ind·(100m³)⁻¹ respectivamente. Mientras en las estaciones 9 y 10 ubicadas en el sector externo de la Bahía de Ancón de Sardinas se reporta a *Stomolophus meleagris* con 9 ind·(100m³)⁻¹, en la estación 10 se observan 2 especies representadas por *Obelia* sp y *Mitrocomella grandis* con 5 y 9 ind·(100m³)⁻¹ respectivamente.

En la zona interna se reporta la mayor densidad poblacional en la estación 5 diagonal a Palma real con 927 ind·(100m³)⁻¹, representados por *Mitrocomella grandis*, las poblaciones decrecieron gradualmente en la E4 frontera con Colombia con 223 ind·(100m³)⁻¹, seguido de la estación 2 frente a la comuna El Viento con 200 ind·(100m³)⁻¹ y representados por 4 especies; *Clytia hemisphaerica*, *Bouganvillia muscus*, *Ectopleura dumortieri* y *Eucheilota nemoni* como dominante, la estación 1 frente a la comuna de Pampanal con 109 ind·(100m³)⁻¹ reportandose en esta estación a *Obelia* sp y *Rhopalonema velatum*.

Mientras las mínimas densidades poblacionales de cnidarios se reportó en la estación 3 con 27 ind·(100m³)⁻¹ representada por *Clytia hemisphaerica*, y la estación 1A frente a la comuna Pampanal con 18 ind·(100m³)⁻¹ y representada por *Obelia* sp., (Figura 3).

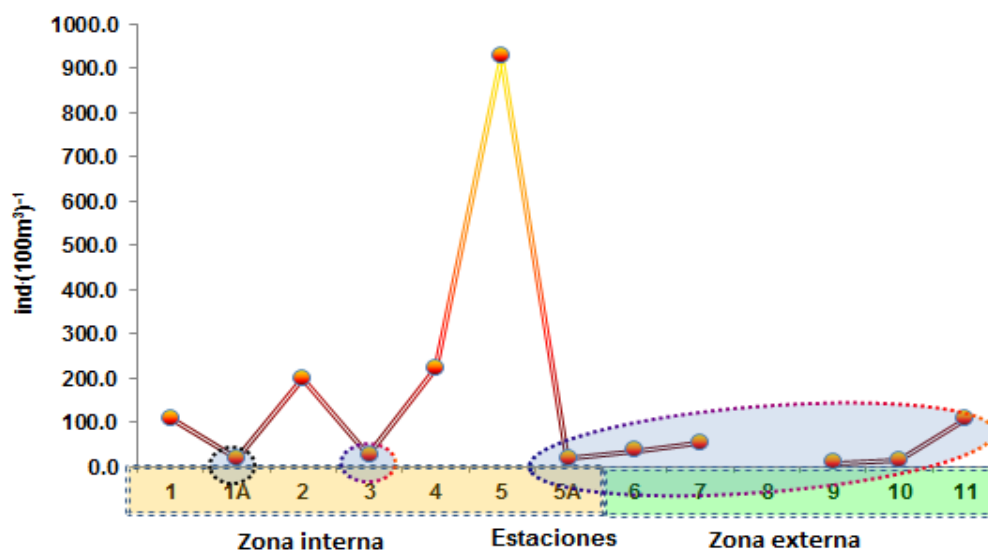


Figura 3.- Distribución poblacional de las especies de cnidarios en el Estuario del Río Mataje- San Lorenzo del 17 al 31 de octubre 2012.

Sifonóforos

En términos de abundancia este grupo registró la mayor dominancia de *Lensia conoidea* con 46%, seguido de *Chelophyes contorta* con 31%

y *Muggiaea atlantica* con 15%, mientras en menor concentración se observó a *Lensia multicristata* con 8% de abundancia relativa (Figura 4).

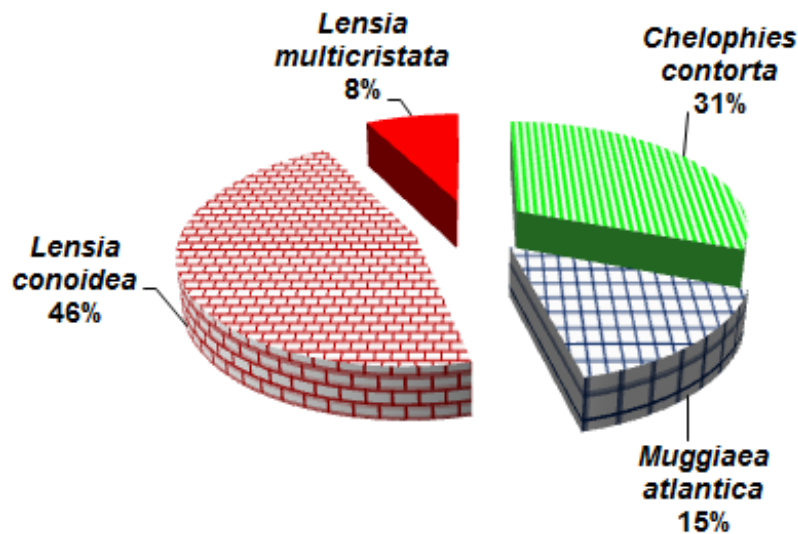


Figura 4.- Abundancia relativa de las principales especies de sifonóforos en el Estuario del Río Mataje - San Lorenzo del 17 al 31 de octubre 2012.

Este grupo registró ausencia de especies en la parte interna del estuario del Río Mataje debido al alto contenido de sedimento en suspensión con un promedio de visibilidad de disco secchi de 80 cm (Turbiedad), evidenciando dos núcleos poblacionales en la parte externa del estuario en la estación 9 con tres especies; *Chelophyes contorta*, *Muggiaeaatlantica* y

Lensia conoidea con 5 ind· (100m³)⁻¹ cada especie, mientras en la estación 10 se registraron 4 especies, y con carácter dominante se observa a *Lensia conoidea* con 23 ind· (100m³)⁻¹ seguido de *Chelophyes contorta* con 14 ind· (100m³)⁻¹, mientras *Muggiaeaatlantica* y *Lensiamulticristata* reportan 5 ind· (100m³)⁻¹ respectivamente (Figura 5).

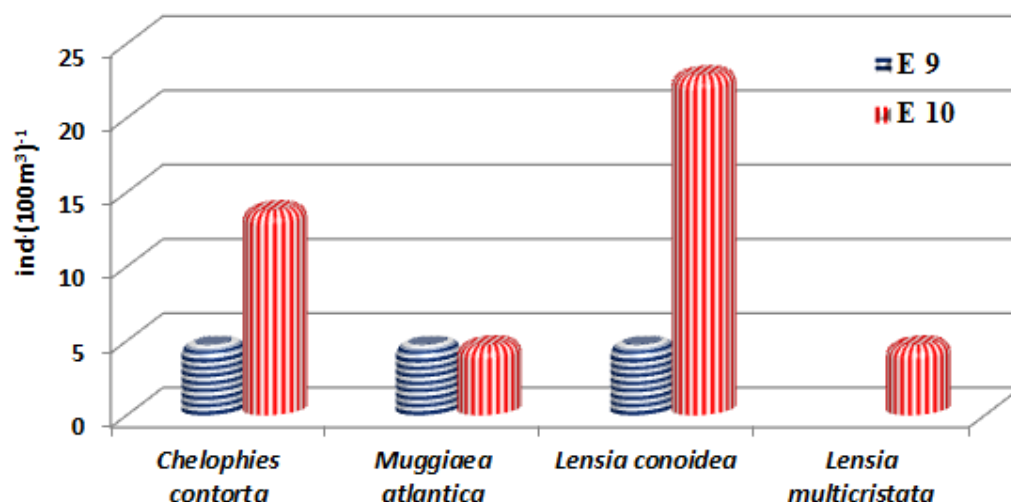


Figura 5.- Distribución poblacional de los sifonóforos en el sector externo del Estuario del Río Mataje - Bahía Ancón de Sardinias, desde el 17 al 31 de octubre de 2012.

Composición del zooplancton

La biomasa zooplanctónica en la zona externa del estuario del Río Mataje registró un promedio de 10 taxa zooplanctónica, identificándose la mayor biomasa en la estación 8 con

73609 ind· (100m³)⁻¹ y la estación 11 con 70727 ind· (100m³)⁻¹, decreciendo gradualmente en la estación 6 a 65745 ind· (100m³)⁻¹, mientras las menores densidades poblacionales se registraron en la estación 9 con ind· (100m³)⁻¹ y estación 7 con 35559 ind· (100m³)⁻¹.

En la zona interna las biomazas zooplanctónicas registraron la mayor biomasa poblacional en la estación 2 con 128673 ind·(100m³)⁻¹, seguido de la estación 1 con 121273 ind·(100m³)⁻¹, decreciendo gradualmente en la estación 3 a un valor de 86682 ind·(100m³)⁻¹ y estación 1A con 63182 ind·(100m³)⁻¹.

Cabe mencionar que las poblaciones mínimas se registraron en la estación 4 (Frontera con Colombia) con 25718 ind·(100m³)⁻¹ y estación 5 diagonal a la comuna Palma real con 19218 ind·(100m³)⁻¹ (Figura 6).

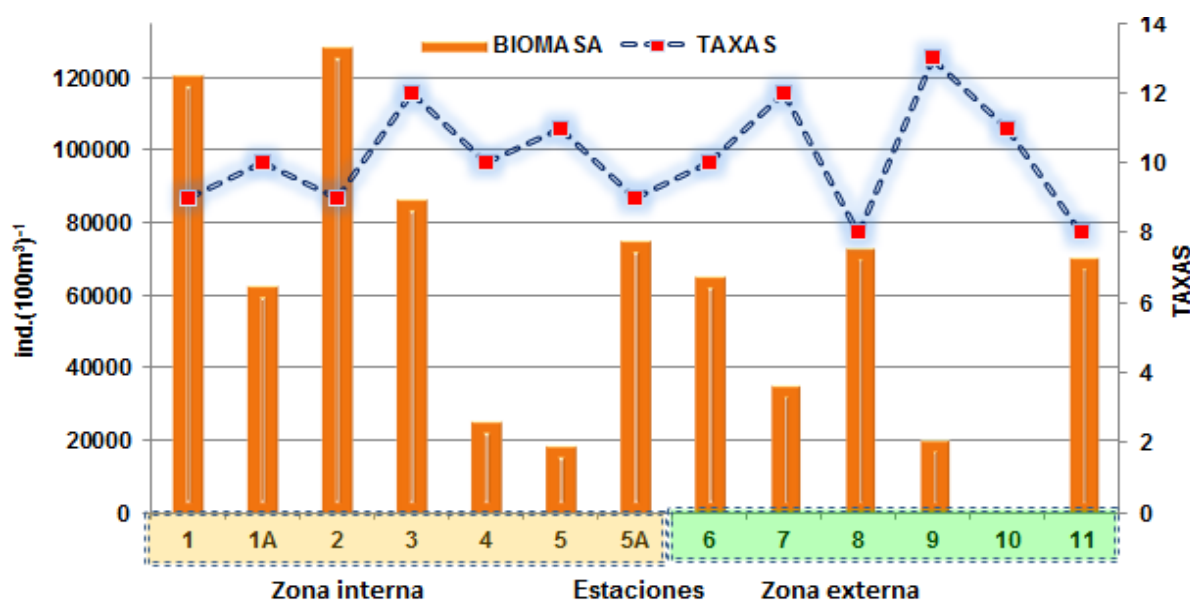


Figura 6.- Distribución de las biomazas y tasas zooplanctónicas en la zona del Estuario del Río Mataje- Bahía Ancón de Sardinas, desde el 17 al 31 de octubre de 2012.

La composición del zooplancton en el área de estudio estuvo representada por tres grupos dominantes como los zoeas de braquiuros, copépodos y larvas de decápodos, distribuidos en todo el área de estudio siendo los responsables de la mayor biomasa del zooplancton. Entre los organismos de menor densidad poblacional se reportan a los quetognatos, nauplios de cirripedios, larvas de cirripedios, huevos de invertebrados, huevos de peces y porcelanidos; los organismos que fueron ligeramente representativos fueron los larvas de peces, cladóceros, medusas, sifonóforos, larvas de briozoos, cipris de cirripedios, doliolum, pterópodos y heterópodos, ostrácodos, anfípodos, megalopa, larvas de poliquetos, larvas de equinodermo, stomatópodos y poliquetos.

Distribución y Abundancia del zooplancton en el sector externo de la Reserva Ecológica Cayapa-Mataje.

La distribución de los grupos más abundantes y frecuentes en el sector externo de la Reserva

Ecológica y por sitios de muestreo, permiten distinguir y caracterizar patrones de áreas de preferencia de los grupos zooplanctónicos en el área de estudio.

Zoeas de braquiuros.

En la zona externa este grupo registró su mayor biomasa en la estación 11 con 37527 ind·(100m³)⁻¹, mientras las densidades medias se observaron en la estación 8 frente a la comuna El Cauchal y el Brujo con 17727 ind·(100m³)⁻¹, seguido de la estación 6 con 16036 ind·(100m³)⁻¹ y la estación 7 con 11792 ind·(100m³)⁻¹. Las estaciones mínimas se evidenciaron en la estación 9 con 5373 ind·(100m³)⁻¹ y estando ausente en la estación 10.

En la zona interna de la Reserva Ecológica, sería posiblemente considerado como un indicador de nichos ecológicos de alta productividad, lo que es evidenciado también con la abundancia de copépodos, este comportamiento del zooplancton fue similar al repor-

tado por Naranjo y Tapia (2002). Se podría tomar en consideración que el zooplancton es propio de un ecosistema de manglar, reportando un pico de alta productividad representado en la estación 1 frente a la comuna Pampanal con $68727 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, mientras las estaciones medias se observaron en la estación 2 frente a la comuna el Viento con $38564 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la estación 1A frente a Pampanal con $26727 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y

estación 5A ubicada frente a la comuna Palma real con $26182 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

Las mínimas densidades poblacionales se registraron en la estación 3 con $16855 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la estación 4 frontera con Colombia con $7991 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y estación 5 frente a la comuna Pampanal con $7418 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Figura 7).

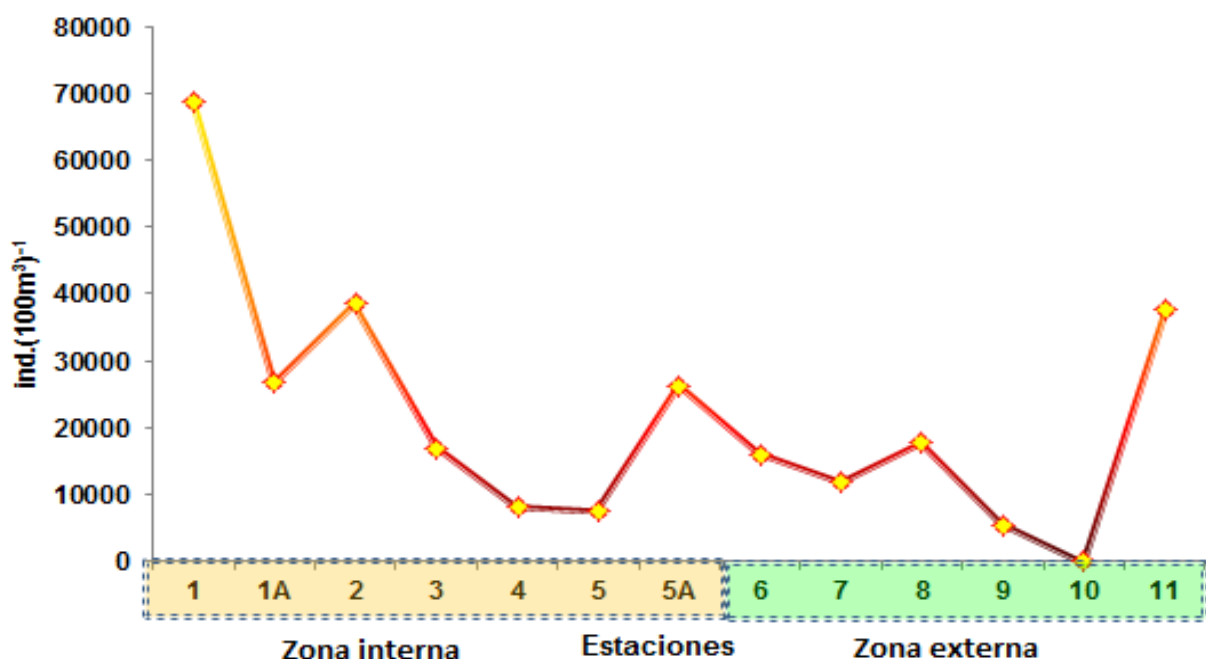


Figura 7.- Abundancia relativa de Zoeas de braquiuros en el sector norte del estuario del Río Mataje - Bahía Ancón de Sardinas, desde el 17 al 31 de octubre de 2012.

Copépodos calanoida.-

Este grupo de crustáceos en la zona externa evidenció 3 núcleos de alta densidad poblacional, representada por la estación 8 diagonal a las comunas Cauchal y el Brujo con $42545 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la estación 6 en la salida de la bocana del canal Bolívar con $33600 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y estación 7 diagonal a la comuna el Brujo con $19964 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Mientras las mínimas densidades poblacionales se registraron en la estación 11 con $3273 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la estación 9 con $1800 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y estación 10 con $118 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$.

En la zona internase registraron dos núcleos de alta densidad, evidenciando en la estación 2 frente a la comuna el Viento con $33327 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la estación 3 con $27273 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, las poblaciones medias se reportaron en la estación 1A frente a la comuna Pampanal de Bolívar con $12327 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la estación 1 (comuna Pampanal) con $8727 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$. Las mínimas densidades poblacionales se observaron en la estación 4 (zona limítrofe con frontera con Colombia) con $2864 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$, estación 5 diagonal a la comuna Palma Real con $4745 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ y estación 5A frente a Palma Real con $1745 \text{ ind} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ (Figura 8).

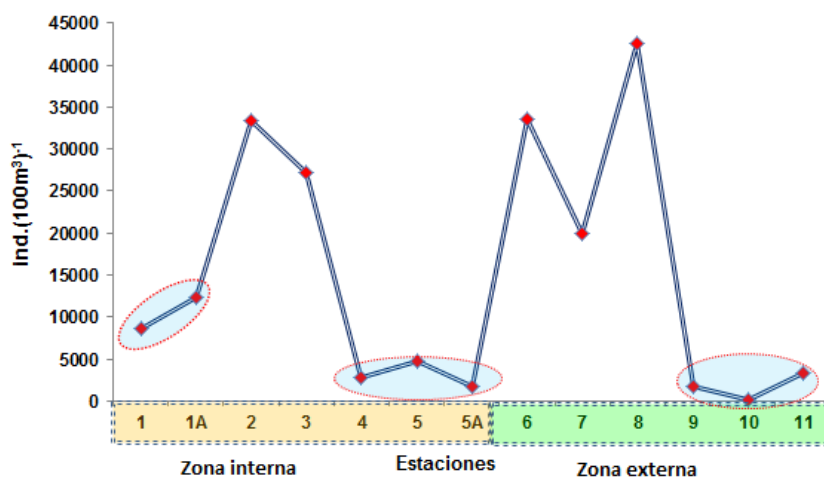


Figura 8.- Abundancia relativa de Copépodos calanoida en el sector norte del Estuario del Río Mataje - Bahía Ancón de Sardinas, desde el 17 al 31 de octubre de 2012.

Larvas de decápodos

El núcleo de mayor abundancia poblacional se registró en la estación E11 ubicado en la zona externa de la Bahía de Ancón de Sardina con 12655 ind· (100m³)⁻¹, mientras las densidades mínimas se observaron en la estación 6 ubicado frente a bocana del canal Bolívar con 6982 ind· (100m³)⁻¹ y estación 8 y ubicada frente a la comuna Palma Real con 39982ind· (100m³)⁻¹ (33%), seguido de la ubicado frente a la comuna el Cauchal con 5618 ind· (100m³)⁻¹, E7 con 1314 ind· (100m³)⁻¹ y estaciones 9 y 10 ubicados en sector externo de la Bahía de Ancón de Sardinas con 1145 y 91 ind· (100m³)⁻¹.

En la zona interna se aprecia la mayor densidad poblacional en la estación 5A frente a la comuna Palma real con 39982 ind· (100m³)⁻¹, las poblaciones medias se registraron en la estación 2 frente a la comuna El Viento con 19473 ind· (100m³)⁻¹, seguido de la estación 1 (frente comuna Pampanal) con 17018 ind· (100m³)⁻¹, estación 1A con 6545 ind· (100m³)⁻¹ y E3 con 7364 ind· (100m³)⁻¹. Cabe mencionar que las densidades mínimas se observaron en la estación 5 (Diagonal a la comuna Palma real) con 2673 ind· (100m³)⁻¹ y E4 frontera con Colombia con 1936 ind· (100m³)⁻¹ (Figura 9).

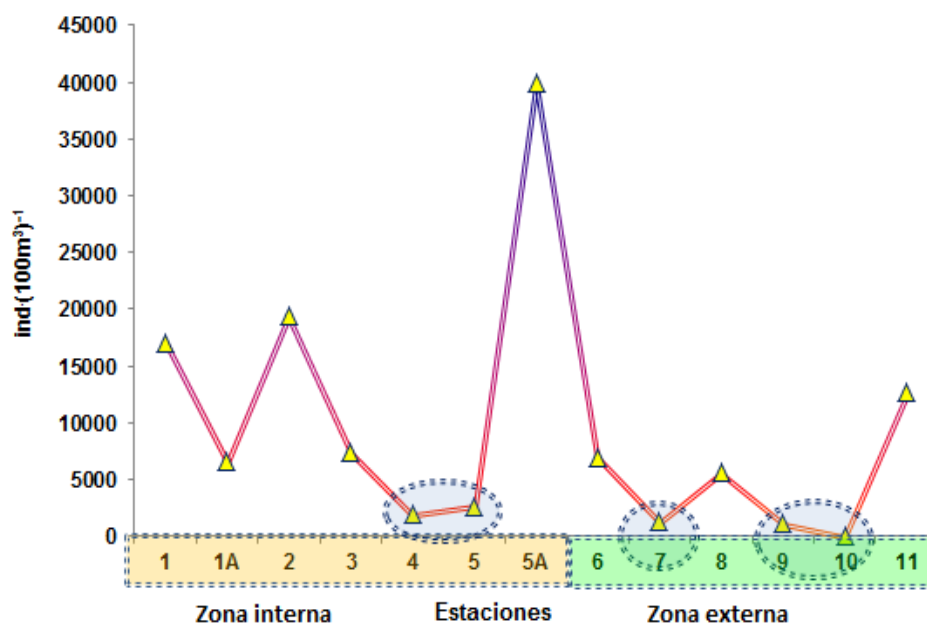


Figura 9.- Distribución de la Abundancia relativa de las larvas de decápoda en el sector norte del Estuario del Río Mataje-Bahía Ancón de Sardinas, desde el 17 al 31 de octubre de 2012.

Ictioplancton

Huevos y Larvas de Peces

Este grupo representó un 2.09% de abundancia relativa en relación a la biomasa total, evidenciando un 1.85% para huevos de peces y 0.24% para larvas.

La distribución de los huevos de peces en la zona externa evidenció un núcleo de mayor densidad, representado en la estación 9 ubicado en el sector externo de la Bahía de Ancón de Sardinas con 3464 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$, mientras densidades medias se reportaron en la estación 11 con 1309 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la E6 con 1091 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$ y E8 frente a la comuna El Cauchal con 927 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$. Mientras las mínimas poblaciones se registraron en la estación 7 ubicada en el sector externo de la Bahía Ancón de Sardinas con 82 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$ y E10 con 18 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$.

En la zona interna la mayor densidad de huevos de peces se observó en la estación 5A frente a la comuna Palma real con 5018 huevos

$(100\text{m}^3)^{-1}$, las densidades medias se registraron en la estación 1 frente a Pampanal con 1091 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$, E2 (Comuna El Viento) con 873 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$. Las densidades mínimas se reportaron en la estación 1A con 382 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$, E3 con 236 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$, E4 y E5 con un promedio de 34 huevos $(100\text{m}^3)^{-1}$.

Las Larvas de peces en la zona externa registraron menor densidad poblacional en relación a toda el área de estudio, la mayor densidad poblacional se observó en la estación 9 con 327 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de E11 con 127 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$. Las densidades mínimas se registraron en la estación 6 con 64 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la E8 con 55 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$, E7 con 45 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$ y E10 con 5 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$. En la zona interna se aprecia dos núcleos de alta población de larvas de peces registradas en la estación 2 frente a la comuna El Viento con 600 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$ y E1 frente a Pampanal con 509 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$. Las densidades mínimas fueron observadas en la estación 1A con 73 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$, seguido de la E3 con 55 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$, E4 con 32 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$, E5 y E5A con un promedio de 18 larvas $(100\text{m}^3)^{-1}$ (Figura 10).

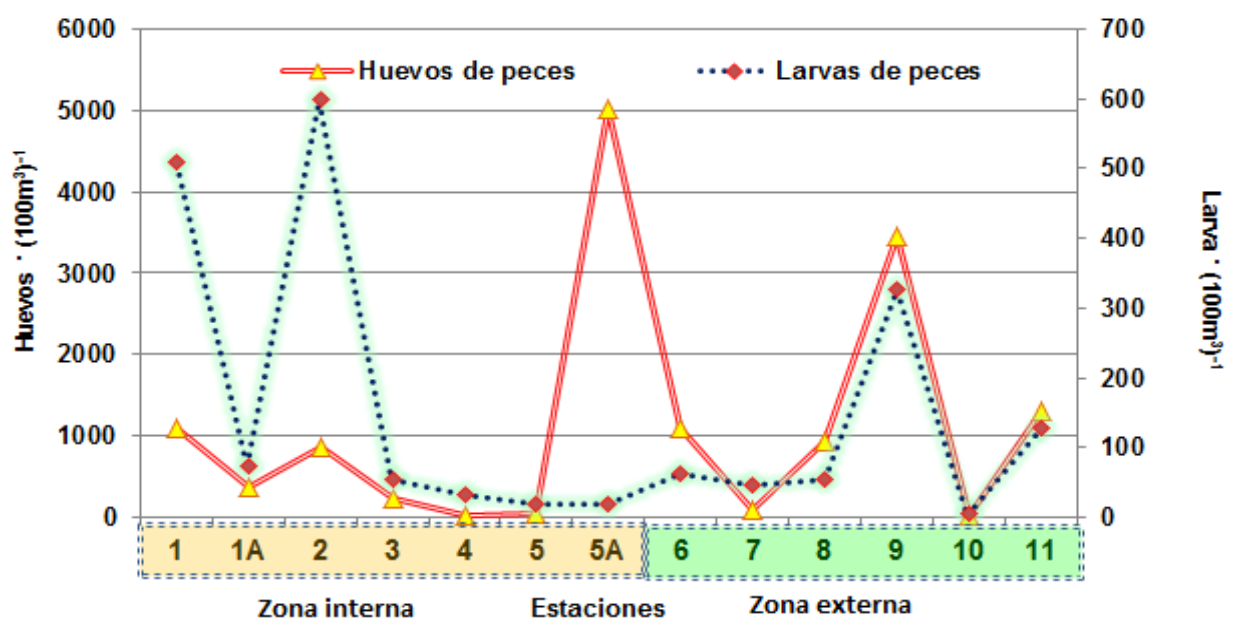


Figura 10.- Distribución de huevos y larvas de peces en el sector norte del Estuario del Río Mataje-Bahía Ancón de Sardinas, desde el 17 al 31 de octubre de 2012.

DISCUSIONES

Se colectaron a nivel superficial 10 especies de medusas de la clase Hydrozoa y una especie de la clase Scyphozoa en el Río Mataje, considerada a la vez como nuevos registros para esta zona del Estuario, las especies dominantes a lo largo del periodo de muestreo en el Estuario del Río Mataje-Bahía Ancón de Sardina fueron: *Mitrocomella grandis* y *Eucheilota nemoni*.

Relaciones tróficas

De las especies de medusas que se registraron en el Estuario del Río Mataje- Bahía Ancón de Sardinas, la especie *Amphinema dinema* se alimenta de copépodos y quetognatos, *Clytia hemisphaerica* consume larvas de peces clupéidos, larvas de zoeas e incluso otras hydromeusas (Alvariño 1985). Naranjo y Tapia (2002), registraron que la abundancia zooplanctónica en el Estuario del Río Mataje fueron por copépodos, Torres y Andrade (2007) mencionan que fueron los zoeas de brachiura y copépodos, pudiendo ser estos presas fáciles para medusas.

Las mayores abundancias poblacionales de medusas se registraron frente a la comuna Pampanal y Palma Real con respecto a otros sitios, podría atribuirse a la mayor disponibilidad de presas y la estación climática.

Luzuriaga (1993), referido en Naranjo y Tapia (2002), menciona que el estudio del ictio-plancton desarrollado al norte de Esmeraldas señala que la mayor cantidad de huevos de peces se presentó en el mes de agosto, siendo la familia Engraulidae la dominante. Coello (1983), señala que los máximos desoves de la familia Clupéidae se desarrollan en los meses de enero y abril y otro máximo de menor intensidad entre agosto y septiembre.

Mientras el segundo eslabón trófico (zooplancton) registró 13 grupos en toda el área de estudio evidenciando las mayores abundancias de zoeas de braquiuras (36%),

copépodos (24%), y larvas de decápodos (16%) y una densidad de 1.84% de larvas de peces y 0.24% de huevos de peces; sin embargo Torres y Andrade (2007) reportaron 16 grupos zooplanctónicos y una abundancia de zoeas de braquiuras de 67%, copépodos (26%), quetognatos con 3.6%, mientras los huevos y larvas de peces reportaron una densidad menor al 1%. Sin embargo de Naranjo y Tapia (2002) registraron la abundancia de copépodos con 59% de abundancia total, larvas de peces (22%), sin embargo en el presente estudio el número de taxas fue menor.

CONCLUSIONES

La comunidad de las medusas (cnidarios) registró 2 especies dominantes representada por *Mitrocomella grandis* y *Eucheilota nemoni*, de las 10 especies de la clase hidrozooa y una especie de la clase Scyphozoa.

Los sifonóforos evidenciaron la mayor densidad poblacional en la parte externa del Estuario del Río Mataje, registrando 3 especies dominantes, representadas por *Lensia conoidea*, *Chelophyes contorta* y *Muggiaea atlantica*.

La distribución de la biomasa zooplanctónica se caracterizó por ser muy variable, evidenciado 13 grupos del zooplancton distribuidos en toda el área de estudio, su mayor densidad poblacional se registró en la estación 1 frente a la comuna Pampanal y estación 2 frente a la comuna el Viento.

Su composición fue mayoritariamente por Copépodos, nauplio de cirripedios y larvas de decápoda en la E2, mientras zoea de braquiura y larva de decápoda fue para E1. Los estadios de huevos de peces fueron abundantes en E5A, posiblemente por encontrarse en una zona protegida de depredadores, ubicada frente a la comuna de Palma Real ya parte externa de la Bahía de Ancón de Sardinas (E9), mientras la mayor densidad de larvas de peces se evidenció frente a la comuna el Viento (E2), Pampanal (E1) parte externa de la Bahía de Ancón de

Sardinas (E9), sitios que podrían considerarse como nichos ecológicos de alta productividad biológica.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio es una contribución al conocimiento del zooplancton gelatinoso con énfasis en medusas y sifonóforos y grupos acompañantes del Río Mataje - Bahía Ancón de Sardinas.

El autor desea dejar constancia de agradecimiento al Sr. Director de INOCAR, al señor jefe de Departamento de Ciencias del Mar por brindar su apoyo incondicional para la publicación del presente artículo.

Al Dr. Cristian Naranjo P., MSc. por las correcciones y valiosas sugerencias realizadas en el presente documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayón, H. y M. Fierro, O. Macías. F. Medina. A. Orlando. B. Zapata. 1987.** Ecuador: Perfil de sus recursos costeros. Proyecto de Manejo de Recursos Costeros (PMRC).
- Boltovskoy, D. 1981.** Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina. 5(3): 32-40
- Clitrón, G. I. Solís y C. Bonifaz. 1976.** Algunas observaciones sobre el desarrollo del manglar en la costa continental del Ecuador y Perú. ESPOL. Guayaquil-Ecuador. 1-22.
- Coello, S. 1983.** Hora de desove de la sardina sur, *Sardinops sagax* (Jenyns). Rev. Cien. Mar. Limn. Vol. 2 No. 1 (1983) 232-242.
- De Boyd, S. 1977.** Guide to Marine Coastal plankton and invertebrate larvae. Department of biology west valley community college, California.
- Holmes, R.W. 1970.** The Secchi disk in turbid coastal waters. Limnol. & Ocean. 15: 688-694.
- INEFAN/GEF. 1998.** Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje, Dirección Nacional de áreas Naturales y Vida Silvestre: 240 pp.
- Luzuriaga, M. 1993.** Distribución y abundancia del zooplancton en los manglares de la región norte de la provincia de Esmeraldas-Ecuador. Rev. Cien. Mar. Limn. Vol.3(1):59-87p.
- Naranjo C., y M. Tapia. 2002.** Composición, distribución y abundancia del plancton en el Estuario de San Lorenzo, Esmeraldas-Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, 11(1): 113-127.
- McEwen, G. F., M.W. Johnson y T. R. Folsom, 1954.** A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton simple splitter, based upon test observations: Arch. Meteor. Geoph. Bioklimat. Ser. A, 7: 502-527.
- Steedman, H. 1976.** Zooplankton fixation and preservation. Monographs on Oceanographic Methodology N. 4. UNESCO, Paris, France. 350 p.
- Tregouboff G. and M. Rose, 1957.** Manual de plancton del Mediterráneo. Centro Nacional de Investigación Científica. París Tomo 2. 1-207p.
- Torres, G., y C. Andrade. 2007.** Diagnóstico del Plancton en el estuario de San Lorenzo en Agosto 2006 (Esmeraldas-Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico, 14(1): 69-80.
- UNESCO. 1968.** Zooplankton sampling. Pub. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Printed in France. 174pp.

MOLUSCOS SUBMAREALES DE LA BAHÍA DE PEDERNALES, MANABÍ EN LA ÉPOCA LLUVIOSA (Abril) Y SECA (Septiembre), DURANTE EL AÑO 2013

Manuel Cruz ⁽¹⁾

RESUMEN

Del estudio de veintiún (21) estaciones bentónicas, obtenidas con draga tipo Van Veen, en siete (7) perfiles ubicados perpendicularmente a la costa a 5, 10 y 20 m. de profundidad en la bahía de Pedernales durante las épocas lluviosa (abril) y seca (septiembre) del 2013, con el propósito de conocer la diversidad de macro invertebrados, con énfasis la malacofauna submareal a nivel de especie de la bahía de Pedernales., se identificaron 21 especies de moluscos bentónicos, de los cuales 17 son bivalvos, 3 gasterópodos y un escafópodo. Las especies más abundantes son los bivalvos, Nucula exigua y Tellina tumbezensis que representan el 17,1 %, en segundo lugar esta Nucula eburnea con el 15,5 % y en tercer lugar Crassinella varians con el 9,4 %. El escafópodo Cadulus sp. se presentó más abundante que los gasterópodos Volvulella cylindrica, Calyptraea sp. (juvenil) y Bifurcium bicanaliferum. Las especies de moluscos que presentaron una mayor frecuencia de presencia en la Bahía de Pedernales fueron los bivalvos, Nucula exigua, Tellina tumbezensis, Nuculana eburnea y el escafópodo Cadulus sp., los gasterópodos Volvulella cylindrica, Calyptraea sp. (juvenil) y Bifurcium bicanaliferum se presentaron aislados y con la mínima abundancia relativa, Crassinella varians se presentó en los extremos del área estudiada en las estaciones 1 y 21, considerándosela propia de este ecosistema, en donde existe una alta diversidad malacológica pero poco abundante.

Palabras claves: Malacofauna, moluscos, Ecuador, Manabí, Océano Pacífico

ABSTRACT

Of the study of twenty one (21) benthonic stations, obtained with dredge type Van Veen, in seven (7) transects located perpendicularly to the coast to 5, 10 and 20 m. of depth in the Pedernales Bay during the rainy season (April) and dry season (September) of the year 2013, in order to know the diversity of macro invertebrates, with emphasis malacofauna subtidal at level of species at Pedernales bay., 21 species of benthonic mollusks were identified, of which 17 are bivalves, 3 gastropods and 1 scaphopod. The most abundant species are the bivalves, Nucula exigua and Tellina tumbezensis that they represent 17.1%, secondly this Nucula eburnea with 15.5 % and thirdly Crassinella varians with 9.4%, the scaphopod Cadulus sp. one appeared more abundant than the gasterópodos Volvulella cylindrica, Calyptraea sp. (juvenile) and Bifurcium bicanaliferum. The species of mollusks that presented a greater frequency of presence in the Pedernales Bay, were the bivalves, Nucula exigua, Tellina tumbezensis, Nuculana eburnea and the scaphopod Cadulus sp., the gastropods Volvulella cylindrica, Calyptraea sp. (juvenile) and Bifurcium bicanaliferum, they appeared isolated and with the minimum relative abundance, Crassinella varians one appeared in the ends of the area studied in stations 1 and 21, considering it, own of this ecosystem, in where there is a high malacological diversity, but a poor abundant exists .

Keywords: Malacofauna, mollusks, Ecuador, Manabí, Ocean Pacific

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio, Base Naval Sur, casilla 5940, Guayaquil-Ecuador. Email: manuel.cruz@inocar.mil.ec; mcruzp47@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El Ecuador posee una característica única de la región del Pacífico Sur Este, es la presencia de una zona de mezcla o de transición denominada Frente Ecuatorial (Cucalón, 1986), que durante el verano austral desaparece o se desplaza poco a poco hacia el sur por la acción de las Aguas Tropicales provenientes del norte, orientando las isothermas en forma de bandas paralelas a la costa (Zambrano, E. 1980), esto ocurre en la “época lluviosa” en que el área de Pedernales está influenciada por aguas cálidas, mientras que para septiembre o época “seca”, aguas frías de Humboldt, llegan hasta la línea ecuatorial o latitud 0°, para girar hacia el oeste formando el frente ecuatorial (Zambrano, E. *op cit*) y originando una gran variedad de ecosistemas marinos (Cruz, M. *et al.*, 2002), que influye en la distribución horizontal del fitoplancton, localizándose su mayor concentración al sur del frente ecuatorial, predominando las diatomeas y coccolitoforidos y decreciendo hacia el noreste, donde predominan los dinoflagelados (Jimenez, R. y D. Bonilla, 1980) y las aguas cálidas.

Al sur del País, uno de los ecosistemas más estudiados es el Golfo de Guayaquil, con sus esteros en el Golfo interno, donde existen arrecifes de Sabelaria y de Mytella, moluscos, crustáceos, briozoos, turbelarios, ascideas, equinodermos representados por los ofiuros *Ophiolepis variegata* y *Ophiothrix spiculata*, entre otros (Cruz, 1980), existen 75 especies de moluscos para el Golfo de Guayaquil (Cruz, 1983), y en los alrededores alrededor de la ciudad de Guayaquil, la presencia de especies de importancia comercial como ostiones (*Crassostrea columbiensis*) y *Mytella strigata* (Cruz, 2003). En un resumen de la diversidad de especies marinas y estuarinas existentes en el plancton y bentos en todo el Ecuador continental e insular (Galápagos), se reporta un total de 1.859 especies marinas, hasta el 2003, que incluye especies comerciales y no comerciales. (Cruz, M. *et al.*, 2003). Posterior a esta fecha el número de especies existentes en el

Ecuador sigue aumentando, tenemos reportes de 7 especies de gasterópodos meiobentónicos de la familia Caecidae que amplían su distribución desde Baja California a Salango, Ecuador (Cruz, M. 2007) y en este mismo año, se reportan dos especies de gasterópodos de la familia Aplysiidae, comúnmente llamados “Babosas de mar”, que se quedan atrapados en los charcos de agua cuando baja la marea en la zona rocosa intermareal (Cruz, M., D. Hill y P. Cortez 2007).

Con toda esta información, el propósito de caracterizar el área de Pedernales es dar a conocer la diversidad de especie de los moluscos existentes en la zona submareal durante la estación lluviosa y seca, sus diferencias, para caracterizar y evaluar el ecosistema marino de Pedernales.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de Pedernales se localiza en la Provincia de Manabí, el cantón Pedernales tiene una población mayor a 55.000 habitantes y las principales actividades son Pesca, turismo, ganadería y agricultura. El clima es tropical húmedo en las elevaciones y tropical seco-árido en las zonas bajas y la costa. Presenta dos estaciones climáticas bien diferenciadas: Época lluviosa (invierno) de enero a abril donde la temperatura es de aproximadamente 25°C y época seca (verano) de mayo a diciembre, donde la temperatura fluctúa entre 20° a 22°C (1)

El área marina estudiada tiene una longitud aproximada de 10 (diez) kilómetros y el océano frente a Pedernales presenta la mezcla de dos tipos de aguas: Aguas Tropicales Superficiales (ATS), que provienen de la Bahía de Panamá, marca el inicio de la estación cálida y húmeda en la región costera y señala el cambio estacional en la biomasa marina (Zambrano, E 1996), estas aguas cálidas han sido identificadas con organismos bioindicadores propios de este ecosistema como el foraminífero planctónico *Globigerinoides ruber* (Luzuriaga,

M. 1992), estas aguas cálidas tienen más de 25 grados centígrados ($>25^{\circ}\text{C}$) y son de baja salinidad, menores a 33 partes por mil (<33 ups), mientras que las aguas de Humboldt o Aguas Peruanas Superficiales (AHS o APS), que se caracterizan por ser frías con temperatura menores a 21°C y salinidad mayor a 34,9 por mil ($>34,9$ ups), (Cruz, M. 2010), en estas masas de aguas frías, existen muchas especies como *Globigerina bulloides* (Luzuriaga, M *op. cit.*,).

Esta mezcla de tipos de aguas, forma las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) o Frente Ecuatorial, que está bien definido en la época seca (Mayo a diciembre), constituyendo una barrera ecológica para ciertas especies y que en la época lluviosa se “disuelve” porque los vientos alisios del norte se intensifican y los vientos alisios del sur se debilitan (Cruz, M. *op. cit.*,). Esta corriente de Humboldt, que también se la conoce como Corriente Costanera Ecu-

toriana (CCE), y se encuentra frente a Pedernales, se la ha observado que puede llegar hasta el norte de la línea equinoccial (Allauca, S. 1989), que incluye el área de Pedernales. En el aspecto químico se ha observado que la concentración de oxígeno de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS), es mayor que en las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y la Aguas Costeras Peruanas (ACP) (Valencia y A. R de Moran 1996).

Poco se conoce sobre la biodiversidad y sucesión de población de Pedernales, pero se sabe que existe una gran erosión y dinámica en sus playas, que puede acelerarse durante un evento El Niño, (Santana, E. *et al.*, 2001).

El área estudiada posee 21 estaciones distribuidas en siete (7) perfiles perpendiculares a la costa, en cada perfil hay tres (3) estaciones ubicadas a 5, 10 y 20 m de profundidad (Fig. 1)

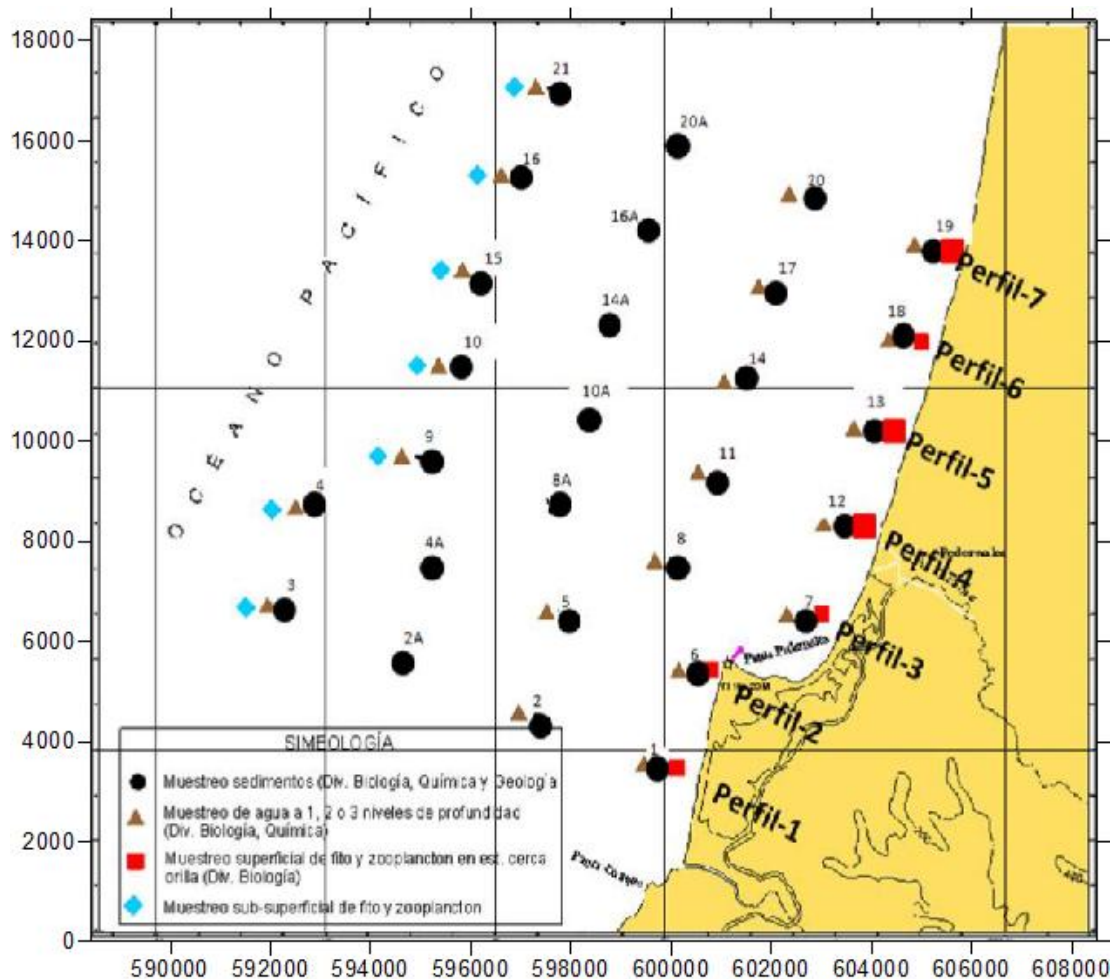


Fig. 1. Área de Estudio de la Malacofauna submareal en la Bahía de Pedernales, Manabí, 2013

Posición de las estaciones.- Cada una de las estaciones, esta geo-referenciada con la latitud y longitud, profundidad y el tipo de granu-

lometría del sedimento donde habitan los moluscos bentónicos (Tabla 1).

Tabla 1.- Posición de las estaciones, profundidad y granulometría del sedimento

Estación	Perfil	Lugar	Latitud	Longitud	Prof. (m)	Tipo Sediment
1	1	Pedernales-Área marina	0°17'09.94	080°06.0335	4,92	Limoso
2	1	Pedernales-Área marina	0°02.3572	080°07.5065	9,8	Limoso
3	1	Área marina	0°03.5664	080°10.4713	22,4	Arena-limoso
4	2	Área marina	0°04.6571	080°10.1386	20,6	Limoso
5	2	Área marina	0°03.4467	080°07.1904	9,1	Limoso
6	2	Área marina	0°02.8491	080°05.6445	4,3	Limoso
7	3	Área marina	0°03.4806	080°04.4993	3	Arena-limoso
8	3	Área marina	0°04.0478	080°05.8977	2	Limoso
9	3	Área marina	0°05.12499	080°08.9006	9	Limoso
10	4	Área marina	0°06.2676	080°08.4483	10	Arena -limoso
11	4	Área marina	0°05.0495	080°05.3989	18,2	Limoso
12	4	Área marina	0°04.5040	080°03.9982	3,5	Limoso
13	5	Área marina	0°05.4980	080°03.5629	2,5	Limoso
14	5	Área marina	0°06.0690	080°05.0981	17	Arena-limoso
15	5	Área marina	0°07.2971	080°08.1980	8,2	Limoso
16	6	Área marina	0°08.3309	080°07.7328	15	Limoso
17	6	Área marina	0°07.0831	080°04.7010	5	Limoso
18	6	Área marina	0°06.4993	080°03.1691	2	Limoso
19	7	Área marina	0°07.5011	080°02.8457	2	Limoso
20	7	Área marina	0°08.1472	080°04.3356	8,7	Limoso
21	7	Área marina	0°09.3474	080°07.3502	16,3	Limoso

ANTECEDENTES

Es importante recordar que el área de Pedernales, fue escogido el 16 de mayo de 1736 por la Misión Geodésica, comandada por los científicos franceses Charles Marie de la Condamine, Louis Godín, y Pierre Bouguer, quienes consideraron la Punta Palmar, actual cantón Pedernales, como el primer punto para la medición, de un arco de meridiano desde la latitud Cero, que determinaría la forma de la tierra. El Gobierno Provincial de Manabí, desde el 2010, ha iniciado, el rescate cultural e histórico de la Latitud Cero, manifestando una declaratoria nacional de que en Punta Palmar nació el nombre del Ecuador (2).

De la bibliografía consultada, existe información aislada de la Provincia de Manabí y en

sitios cercanos a Pedernales, donde se da conocer la malacofauna bentónica existente entre Puerto Cayo y Salango, reportándose que de los moluscos bivalvos, la familia Veneridae tiene la mayor diversidad de especies, es la más abundante y posee una amplia distribución horizontal en la Plataforma superior interna, en forma de parches, localizándose el de mayor tamaño entre Puerto Cayo y Punta Canoa (Cruz, M. 1987). En el área de Manta, al sur de Pedernales, Cruz, M. *et al.*, 1987), reporta siete especies de moluscos bivalvos perforadores de maderas, siendo *Teredo furcifera* la especie más abundante con el 90,5 %, considerándose como la responsable de la degradación de las maderas expuestas al medio marino y se conoce también, que en el área de Manta existe el isópodo del género *Limnoria sp.* que está

degradando la superficie de las maderas como el mangle, moral y palo de vaca, pero no se observó a *Limnoria* infestando la madera “laurel” (Cruz, M. *et al.*, 1989)., estudios más recientes reportan 11 especies de moluscos bivalvos perforadores de madera que existen en Manta, confirmando que *Teredo furcifer* es la responsable de la degradación de la madera expuesta al medio marino en Manta y también en el balneario de Salinas, y que otras especies como *Bankia gouldi*, *Bankia carinata* y *Lyrodus pedicellatus*, también están degradando la madera en Manta (Cruz, M. 1992), recomendando no usar la madera Mangle en este sitio porque es una de las maderas más atacadas o infestadas en el medio marino. Al no utilizar la madera “mangle” en el medio marino, estamos protegiendo el ecosistema del manglar y estamos optimizando el uso adecuado de los recursos.

Entre Puerto Cayo y Punta Canoa desde 0m a 42m. de profundidad predominan los foraminíferos microséricos sobre los macroséricos y la ausencia de los foraminíferos entre Puerto López y Machalilla (Gualancañay, E. 1989), en esta misma provincia de Manabí, se han reportado 5 de las 7 especies de gasterópodos meiobentónicos de la familia Caecidae que existen en la costa ecuatoriana, 3 especies en dos géneros para Puerto Cayo (*Elephantanellum* y *Caecum*) y dos especies del género *Caecum* para Salango (Cruz, M. 2007) y en Punta Los Frailes se observó la mayor abundancia de babosas de mar *Dolabrifera dolabrifera*, gasterópodos de la familia Aplysiidae, que quedan atrapadas en los charcos de agua cuando baja la marea en la zona intermareal rocosa (Cruz, M. *et al.*, 2007), mientras que en el área de Pedernales-Chorrera es el único sitio de la costa ecuatoriana donde se ha encontrado al Bivalvo perforador de rocas *Lithophaga hastasia*, de la familia Mytilidae, considerándose como “rara” a esta especie (Cruz, M. y J. Mair, 2009), la bahía de Jaramijó al sur de Pedernales la microfauna bentónica de foraminíferos es considerada “pobre”, predominando *Cibicides bertheloti* f. *boueana*, y en

la zona intermareal los moluscos *Littorina paytensis*, *Brachidontes puntarenensis*, *Thais melones* y los poliquetos de la familia Spionidae (Gualancañay, E. *et al.*, 2010-2011). En el ambiente pelágico, donde predominan Aguas Tropicales, hay 8 especies de eufáusidos, (Castañeda, P. 2000), además, pterópodos como *Hyalocylis striata*, especies de fitoplancton como *Proboscia alata* y *Ceratium macrocerum*, y cuando hay mezcla de aguas se presenta *Sagitta bedoti*, mientras que cuando existe la presencia de aguas frías se presenta *Leptocylindrus danicus* y *Sagitta peruviana*, (Cruz, M *et al.*, 2010-2011), que bañan el área de Pedernales.

METODOLOGÍA

En el campo.-

Para la obtención de las muestras de sedimento, se utilizó una embarcación fuera de borda y un GPS, para localizar la estación georeferenciada en los veriles de 5, 10 y 20 m. de profundidad; en cada estación se lanzó una draga tipo Van Veen, que se lanzó manualmente con un cabo previamente marcado cada metro; el sedimento obtenido se deposita en una bandeja de plástico, luego se almacena en recipientes plásticos de 1000 cc previamente rotulados, la muestra de sedimento fue fijada con formol al 5% neutralizado con tetraborato de sodio, para ser analizada en el laboratorio.

En el laboratorio.- Las muestras se tamizaron con ojos de malla de 0,5 y 1mm, para el estudio de la macrofauna bentónica, los organismos fueron teñidos con rosa de bengala para ser separados, identificados, fotografiados y etiquetados para ser preservados en etanol al 99%. La información es ingresada a una base de datos en Excel y Lotus, con los que se hacen gráficos con el programa Freelance y posteriormente copiados en Power Point y word, para su publicación.

RESULTADOS

Del estudio de veintiún (21) estaciones bentónicas, en las que se analizaron las muestras de sedimento superficial en la zona infralitoral obtenidos en siete (7) perfiles

ubicados perpendicularmente a la costa entre los 5 y 20 m. de profundidad en la bahía de Pedernales; se encontraron moluscos vivos en 18 estaciones, mientras que en 3 estaciones: 5, 6 y 12 no se observaron especies. (Fig. 2).

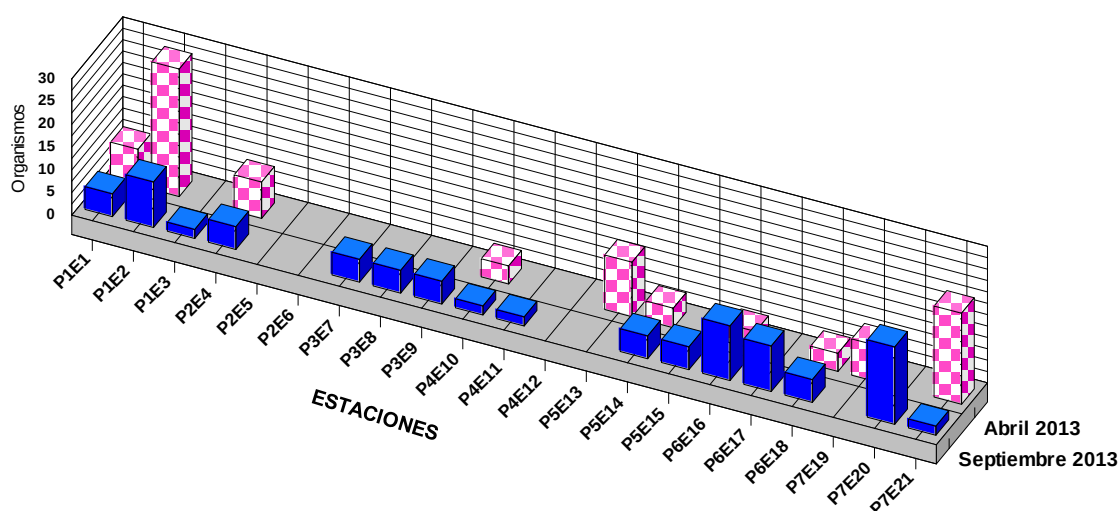


Fig.2.- En la época seca (septiembre) se observaron 16 estaciones con organismos vivos, mientras que en la época lluviosa (abril) solo 10 estaciones, de las 21 estaciones no se observaron moluscos vivos en la 5, 6 y 12, durante el 2013

Época lluviosa (Abril/2013).- De las 21 estaciones estudiadas solo en nueve se encontraron 14 especies de moluscos vivos, de los cuales 11 especies pertenecen a la clase bivalvia o pelecypoda, 2 son gasterópodos y un escafópodo. Las especies más abundantes son los bivalvos, *Crassinella varians* que

representaron el 24 %, en segundo lugar *Tellina tumbezensis* con el 16% y *Crassinella adamsi* con el 12 %. El escafópodo del genero *Cadulus sp.* y los gasterópodos *Volvulella cylindrica*, y *Bifurcium bicanaliferum* tienen la mínima representación de los moluscos con el 4% (Fig. 3).

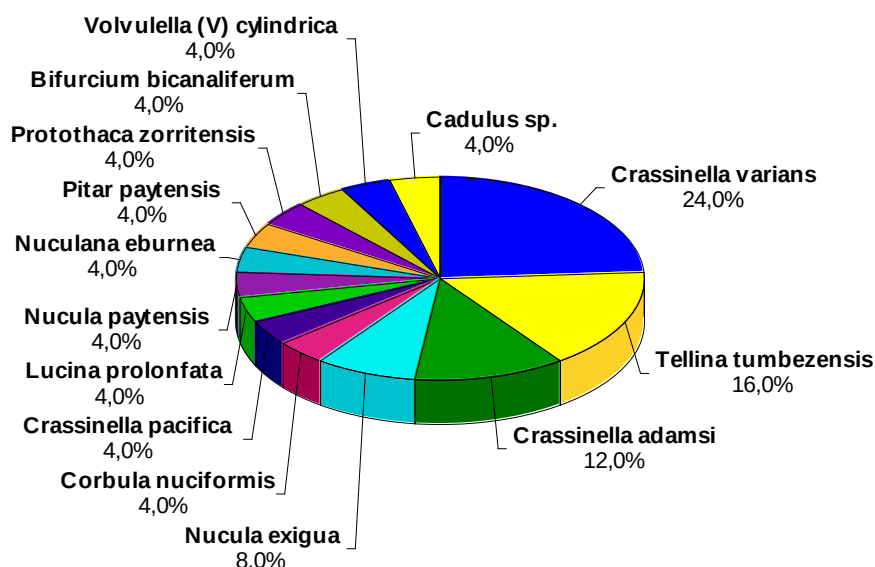


Fig.3.- En la época lluviosa (abril), *Crassinella varians* es la especie más abundante y representa el 24% de la malacofauna submareal.

La mayor diversidad de especies se observó en la estación 2, del perfil 1 a 9,8 m. de profundidad en un tipo de sedimento limoso y en la estación 21 del perfil 7 a 16,3 m de profundidad, también en sedimento limoso (Tabla 1). Su escasa abundancia y poca frecuencia de presencia en la mayoría de las especies, permite

considerar que la distribución de las especies bentónicas es en parche y aislada, lo que convierte a una especie en vulnerable y de difícil recuperación para una población determinada, además solo se encontraron moluscos vivos en 10 de las 21 estaciones estudiadas (Fig. 4).

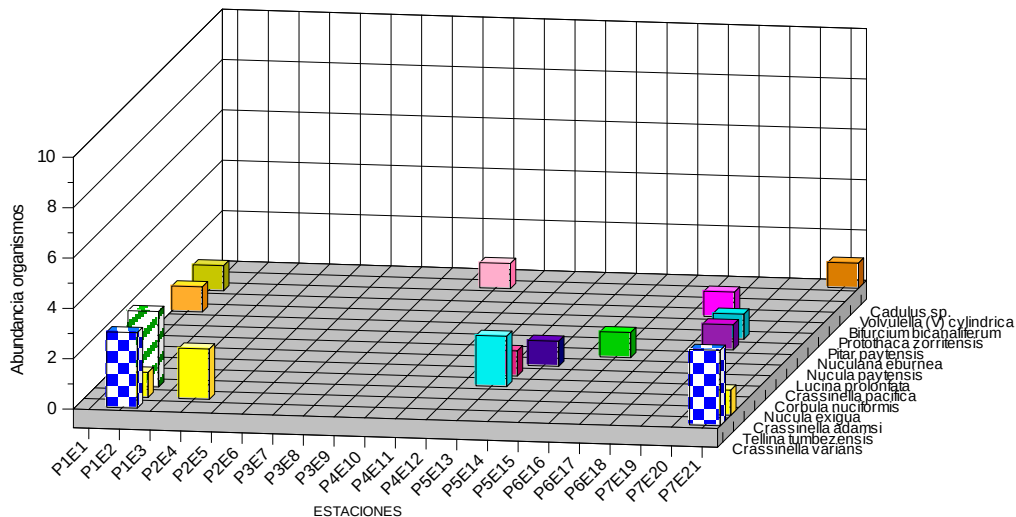


Fig.4.- La mayor diversidad de especies se encontró en las estaciones 2 y 21 en un tipo de sedimento limoso

Según el rango de abundancia logarítmica de Frontier (1980), quien considera los términos en la siguiente escala: Escaso = 1 a 3 organismos, Frecuente = 4 a 18, Abundante = 19 a 80 y Muy abundante = 81 a 350 individuos, se puede pensar que en el área de Pedernales existe una escasa o pobre abundancia en las poblaciones de cada especie.

Época seca (Septiembre, 2013).- Durante la época no lluviosa, de las 21 estaciones submareales analizadas, en 16 de ellas, se encontraron 12 especies de moluscos vivos (Fig. 2), de las cuales 10 especies son bivalvos, 1 gasterópodo juvenil (*Calyptrea* sp. y 1 escafópodo del género *Cadulus* sp. (Fig. 5).

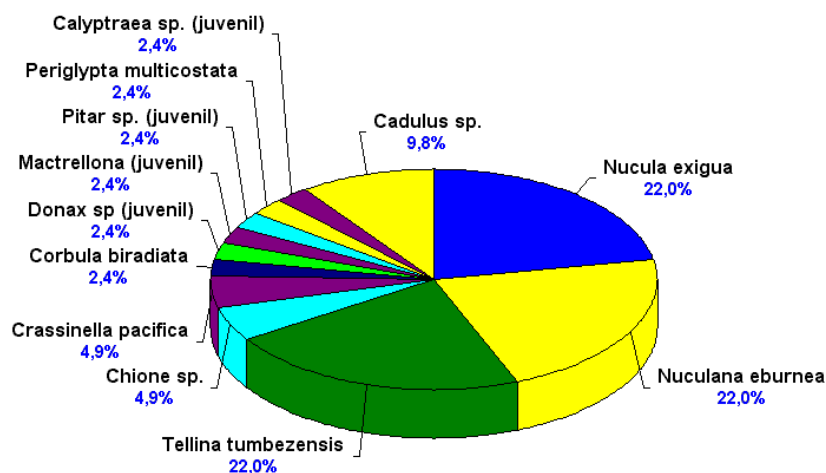


Fig. 5.- Durante la época seca, los bivalvos *Nucula exigua*, *Nuculana eburnea* y *Tellina tumbezensis* se presentaron como las más abundantes representando el 22% cada una,

Las doce (12) especies de moluscos observados durante la época seca o no lluviosa (Septiembre), presentan una mayor frecuencia de presencia en el área de Pedernales, coincidiendo en ser también las más abundantes como son: *Nucula exigua*, *Nuculana eburnea* y *Tellina tumbezensis*; de todas las especies que

se han presentado relativamente abundantes, *Tellina tumbezensis* es la única que se ha presentado en las dos épocas del año. El escafópodo *Cadulus sp.*, durante la época seca se presentó en una sola estación, mientras que en la estación lluviosa estuvo en cuatro (4) estaciones (Fig. 6).

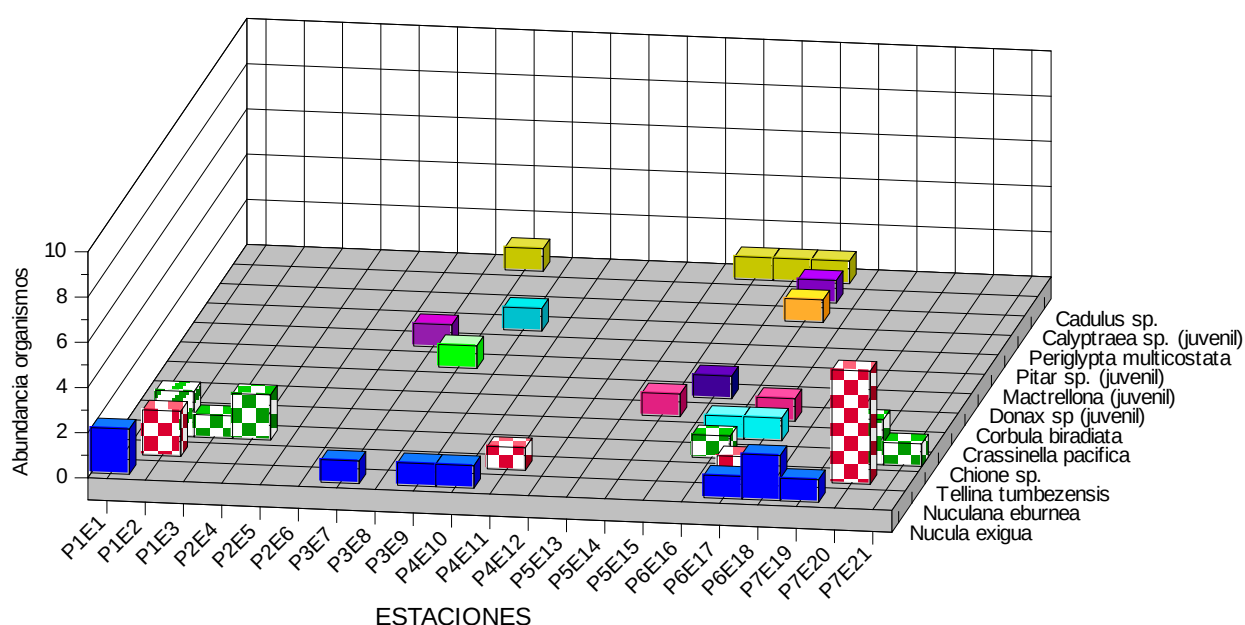


Fig.6.- Se observa a *Nucula exigua*, *Nuculana eburnea* y *Tellina tumbezensis*, que tienen una amplia distribución horizontal y una mayor frecuencia de presencia en el área de Pedernales

Época seca y lluviosa (2013).-

Las 14 especies de moluscos observadas en la estación húmeda (Abril), más las 12 especies encontradas en la época seca (Septiembre), se ha observado que cinco especies se presentaron en las dos épocas: Los bivalvos *Tellina tumbezensis*, *Nucula exigua*, *Nuculana eburnea*, *Crassinella pacífica* y el escafópodo *Cadulus sp.*, por lo que se reporta un total de 21 especies de moluscos que han sido observados en el área de Pedernales durante el año 2013. (Fig. 7).

De las cinco especies nombradas, *Nucula exigua* y *Tellina tumbezensis*, se han presentado como las más abundantes en las dos épocas del año 2013. Durante la época lluviosa (Abril), *T. tumbezensis*, se observó más abundante que *N. exigua*, mientras que en la época seca las dos especies se presentaron con una abundancia similar. El escafópodo *Cadulus sp.* en la época lluviosa tuvo la mínima presencia, mientras que en la época seca tuvo más frecuencia de presencia.

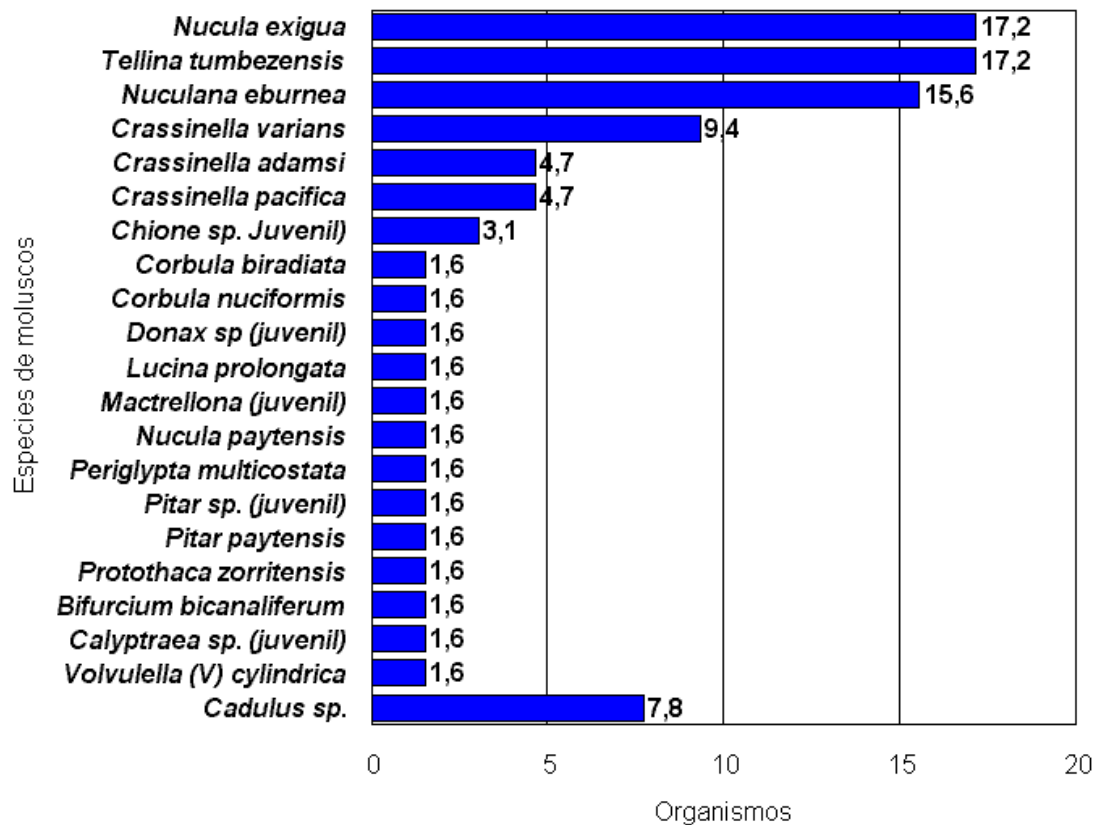


Fig. 7.- Durante el 2013 *Nucula exigua* y *Tellina tumbezensis* se presentaron en las dos épocas del año 2013, son las más abundantes y representan el 17,2%, de los moluscos

Las mayores frecuencias de presencia durante el año 2013 la tuvo *Nucula exigua*, se la observó en 8 de las 21 estaciones, pero su abundancia es considerada escasa o pobre, en segundo lugar *Tellina tumbezensis* se presentó 6 veces, *Nuculana eburnea* en 5 ocasiones y el escafópodo *Cadulus sp.* también con 5 presencias (Fig. 8).

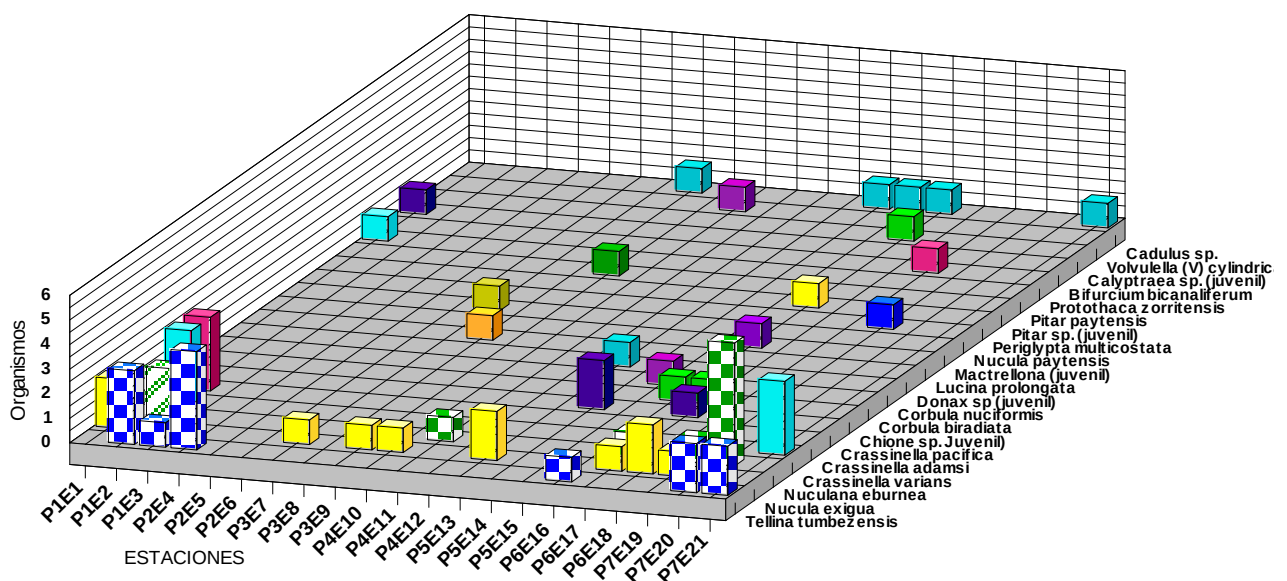


Fig. 8.- Los bivalvos *Tellina tumbezensis*, *Nucula exigua*, *Nuculana eburnea* y el escafópodo *Cadulus sp.* presentaron la mayor frecuencia de presencia en el área submareal de Pedernales

Crassinella varians se presentó en los extremos del área estudiada en las estaciones 1 y 21, considerándosela propia de este ecosistema,

De las 21 estaciones estudiadas, en 18 se observaron especies vivas y no se encontraron organismos en las estaciones 5 y 6 del perfil 2 y en la estación 12 del perfil 4.

La mayor abundancia porcentual de los moluscos durante las dos épocas del año (seca y

lluviosa), fue del 17,2 % en la estación 2 del perfil 1 donde predomina un tipo de sedimento limoso, en segundo lugar de abundancia con el 10,9%, se observó en la estación 20 del perfil 7, pudiéndose considerar que la mayor abundancia de los moluscos en Pedernales se encuentra en un tipo de sedimento limoso en la zona submareal o infralitoral (Fig. 9).

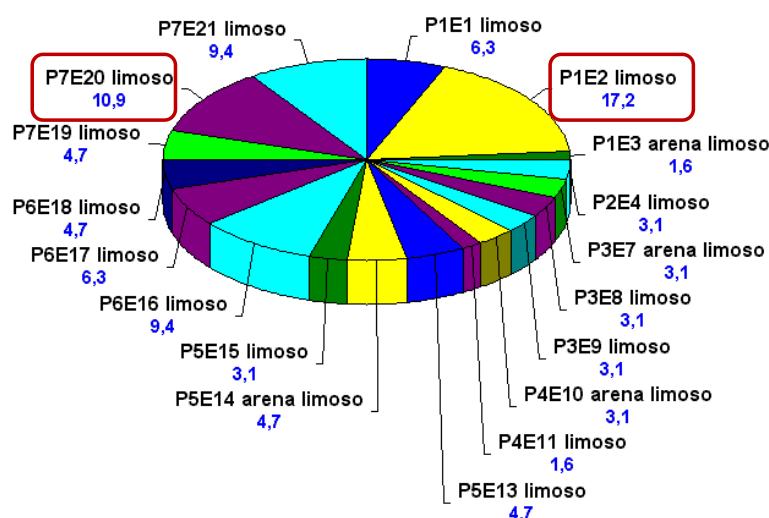


Fig. 9.- La mayor abundancia relativa de moluscos 17,2 % (color azul), se encontró en un sedimento limoso en las estación 2 (P1E2) y con el 10,9% en la estación 20 (P7E20).

Esta mayor abundancia relativa se encontró en la estación 2 entre los 8,7m. y 16,3m de profundidad en las estaciones 2, 16, 20 y 21 (Fig.10).

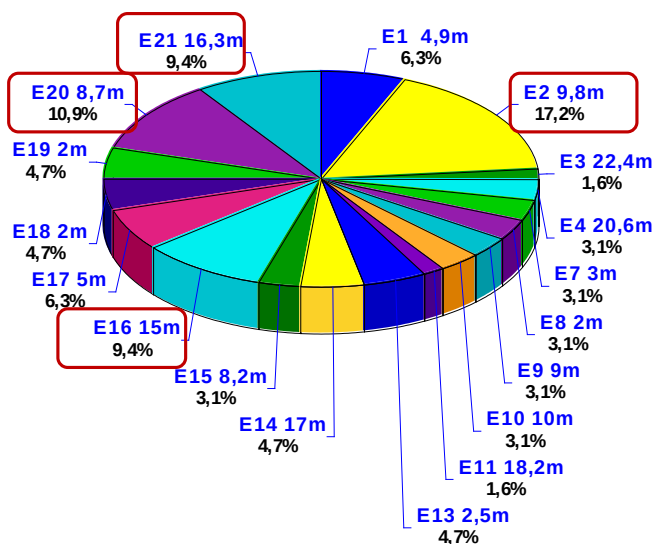


Fig. 10.- Las mayores abundancias porcentuales (relativas), se observaron entre los 8,7 m en la estación 20, (E20 8,7m) con el 10,9%, hasta los 16,3 m en la estación 21 con el 9,4%.

DISCUSIÓN

En la estación lluviosa (abril) de las 14 especies de moluscos observados, cinco (5) permanecieron en el área de Pedernales hasta la estación seca (septiembre) y 9 especies no se volvieron a encontrar, mientras que durante la estación seca se identificaron 12 especies de las cuales siete (7) eran diferentes, es decir que de las 21 especies de moluscos observados en Pedernales, solo cinco (5) son permanentes, o “estables” en el área de Pedernales y son los bivalvos *Nucula exigua*, *Nuculana eburnea*, *Tellina tumbezensis*, *Crassinella pacifica* y el escafópodo del género *Cadulus* sp.

CONCLUSIONES

De las veintiún (21) estaciones bentónicas estudiadas en época seca (abril) y lluviosa (septiembre), se identificaron 21 especies de moluscos bentónicos, de los cuales 17 son bivalvos, 3 gasterópodos y 1 escafópodo.

En la época lluviosa se identificaron 14 especies de moluscos con una escasa o pobre abundancia de organismos, que presentan una distribución en parches aislados y poca frecuencia de presencia en las estaciones.

En la época seca se observaron 12 especies, pero su abundancia fue casi el doble que en la época lluviosa, la distribución en parche fue de mayor tamaño, aumentando la frecuencia de presencia en las estaciones.

Cinco especies de bivalvos fueron observados en las dos estaciones y fueron las más abundantes y de mayor frecuencia de presencia.

Las especies más abundantes son los bivalvos, *Nucula exigua* y *Tellina tumbezensis* representaron el 17,1 %, en segundo lugar está *Nucula eburnea* con el 15,5 % y en tercer lugar *Crassinella varians* con el 9,4 %.

Las especies de moluscos con una mayor frecuencia de presencia en la Bahía de Pedernales

fueron los bivalvos, *Nucula exigua*, *Tellina tumbezensis*, *Nuculana eburnea* y el escafópodo *Cadulus* sp.

Los gasterópodos *Volvulella cylindrica*, *Calyptrea* sp. (juvenil) y *Bifurcium bicanaliferum* se presentaron aislados y con la mínima abundancia relativa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Sr. Director, Subdirector Técnico y al Jefe Dpto. Ciencias del Mar, por el apoyo incondicional para la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Allauca, Silvia 1990.- Presencia de la corriente Costanera Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 6, No. 1
- Castañeda, Pedro. 2000.- Los Eufáusidos en el mar ecuatoriano como indicadores de masas de aguas, durante el crucero oceanográfico CO-II-99, septiembre-octubre de 1999. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 10, No. 1
- Cruz, Manuel 1987. Moluscos Bivalvos de la Plataforma Continental de Manabí. Ecuador. ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO. Vol. 4, No. 1, pp. 75-101.
- Cruz, Manuel., G. Torres y F. Villamar 1987. Estudio de los moluscos Bivalvos perforadores de la madera *Rhizophora harrisonii* (Mangle) en la Costa Ecuatoriana. ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO. Vol. 4, No. 1, pp. 121-160. Presentado en las X Jornadas Nacionales de Biología. Guayaquil. Nov. 1986.
- Cruz, Manuel., G. Torres y F. Villamar 1989. Estudio comparativo de los Moluscos Bivalvos perforadores de las maderas más resistentes (Laurel, Moral, Palo de Vaca) y la más "atacada" (Mangle) en la Costa Ecuatoriana.

- Cruz M. 1992. Moluscos Incrustantes de Made-
ras en el Mar Ecuatoriano. Acta
Oceanográfica del Pacífico. Vol. 7, No. 1
 - Cruz, M., N. Gaibor, E. Mora, R. Jiménez & J.
Mair (2003).- Lo conocido y desconocido
de la biodiversidad marina en el Ecuador
(Continental e insular). GAYANA (Uni-
versidad de Concepción). Vol. 67, No. 2,
pp. 232 – 260, ISSN 0717-652X. Página
electrónica: www. SCIELO.cl.
 - Cruz, Manuel 2007.- Nueva distribución de
moluscos Meiobentónicos (Gasterópoda:
Familia CAECIDAE), en la costa
Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del
Pacífico. Vol. 14, No. 1, pp. 131 – 138.
 - Cruz, Manuel., Daniela Hill y Peggy Cortez .-
2007.- Biología y Distribución de la
Familia APLYSIIDAE (Babosas de
mar), en la zona intermareal del Ecuador.
Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 14,
No. 1, pp. 155 – 162.
 - Cruz, Manuel y James Mair 2009. Ecología y
Distribución de los moluscos bivalvos
perforadores de rocas (Familia Mytilidae)
en la costa Ecuatoriana del 2000 al 2005.
Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 15,
No. 1, pp. 151 – 164.
 - Cruz, Manuel. Tapia Ma. Elena y Christian
Naranjo 2010-2011. Especies planctónicas
marinas como bioindicadoras de masas de
agua frente a la costa ecuatoriana, durante
El Niño 2009-2010. Acta Oceanográfica
del Pacífico. Vol. 16, No. 1, pp. 11-23.
 - Cucalón, E. 1986. Variabilidad oceanográfica
frente a la costa del Ecuador durante el
período 1981-1986. CPPS, Boletín
ERFEN 19: 11-26.
 - Gualancañay, Elena 1989.- Estudio del prolóculo
de los foraminíferos bentónicos de la
Provincia de Manabí, Ecuador. Acta
Oceanográfica del Pacífico. Vol. 5, No. 1.
 - Jimenez, Roberto y Dolores Bonilla 1980.-
Composición y distribución de la biomasa
del plancton en el frente Ecuatorial. Acta
Oceanográfica del Pacífico. Vol. 1, No. 1.
 - Luzuriaga de Cruz, María 1992.- Notas hidro-
lógicas de aguas superficiales ecuatorianas
según indicadores biológicos-forami-
níferos planctónicos. Acta Oceanográfica
del Pacífico. Vol. 7, No. 1.
 - Santana, Essy., J.F. Dumont y A. King 2001.
Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 11,
No. 1.
 - Valencia, Manuel y Ana R. de Morán 1996.-
Características químicas de las masas de
aguas costeras ecuatorianas en estaciones
fijas: Península de Santa Elena y puerto de
Manta-Ecuador. 1990-1995. Acta Oceano-
gráfica del Pacífico. Vol. 8, No. 1.
 - Zambrano, Eduardo 1980.- Distribución de la
temperatura superficial en el Pacífico
Ecuatorial oriental (1974-1976). Acta
Oceanográfica del Pacífico. Vol. 1, No. 1
 - Zambrano, Eduardo 1996.- El Niño. Acta
Oceanográfica del Pacífico. Vol. 8, No. 1
- PÁGINAS WEB VISITADAS:**
- 1.- ViajandoX. Cantón Pedernales. [En línea].
Disponible en
([http://www.viajandox.com/manabi/pedernales-
canton.htm](http://www.viajandox.com/manabi/pedernales-canton.htm)). 30 Junio del 2014
 - 2.- Wikipedia. Cantón Pedernales. [En línea].
Disponible en
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_P
edernales](http://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_Pedernales). 30 junio del 2014

LA MAREA RESIDUAL DE UN EVENTO TSUNAMIGÉNICO EN EL ECUADOR

Jorge Nath-Nieto^{1*}
Gabriela Solís²

RESUMEN

Registros analógicos de marea a fines de 1979, evidenciaron un evento Tsunamigénico en la zona norte del Ecuador. Estudiaremos el evento ocurrido el 12 de diciembre del 1979 frente a las costa de Esmeraldas -Ecuador ubicada en 00°57' 29"N - 79°38'46"O, analizaremos la ondas, verificaremos su retardo, calcularemos su marea residual y determinar en primera instancia una apreciación de la deformación de la marea producida por una onda de tsunamis, proporcionando así información descriptiva que permita estudiar estos eventos.

Palabra Clave: Marea residual, Tsunamis

ABSTRACT

Analog tide records in late 1979, developed a tsunamigenic event in northern Ecuador. The study occurred on December 12, 1979 off the coast of Esmeraldas -Ecuador event located in 00°57 '29 "N - 79°38'46" O, we will analyze the waves, verify your delay, calculate the residual tide and determine at first instance an appreciation of the deformation of the tidal wave caused by a tsunami, providing descriptive information that allows to study these events.

Keyword: residual Tide, Tsunamis

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador, INOCAR, Av. 25 de Julio-Km 31/2, via Puerto. Marítimo Base Naval Sur Guayaquil, Ecuador.

² Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra FCT, Guayaquil - Ecuador

* Autor Responsable: jorge.nath@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) a través de su página web www.inocar.mil.ec difunde a la comunidad una variedad de información oceánica, boletines y publicaciones científicas, tales como la información de conocimiento general “El Estudio de Tsunamis”; evento producido por una perturbación sísmica en el fondo oceánico que genera una serie de ondas que pueden arribar a las costas con gran energía y destrucción, su energía es dependiente de la altura, longitud de onda y de la longitud de su frente; estas han afectado en las costas del Ecuador en menores y mayores magnitudes tales como: el ocurrido el 31 enero del 1906 afectando la zona Norte con $M_w=8.8$; el del 02 de octubre del 1933 frente a la península de Santa Elena; del 12 de diciembre del 1953 cuyo epicentro fue localizado en la frontera Sur; 19 de enero del 1958, este afectó el norte de la provincia de Esmeraldas; el evento del 12 de diciembre del 1979 causó daños al sur de las costas de Colombia y norte del Ecuador.

Pararas-Carayanis G., 2012, detalla que en la zona de subducción Colombia/ Ecuador, mediante estudios de estadística probabilística y mediciones de GPS, esta zona tiene un mayor potencial de generar en un futuro próximo un mayor o gran evento tsunamigénico similar al de 1979 o 1906. El terremoto ocurrido el 12 de diciembre del 1979 a las 02:59:4.3 hora local (07:59:4.3 UTC), cuyo epicentro ocurre en el océano, cerca de la costa de la frontera entre Ecuador y Colombia y frente a las costas de Tumaco, genera un tsunami que deja como consecuencia de la muerte de 600 personas en el estado de Nariño-Colombia.

Solis G, 2014, manifiesta que este evento fue acompañado por un tsunami que afectó las costas de Colombia (Tumaco), principalmente, y del norte de Ecuador (Kelleher, 1972; Kanamori y McNally, 1982). La llegada del tsunami a Tumaco fue después de treinta

minutos de ocurrido el sismo. Se observaron olas de gran amplitud durante cuatro horas (Soloviev, 1975), y el alcance de las olas (el run-up) fue estimado entre 2 y 6 m (Lockridge, 1984). En la figura 1, se aprecia la ubicación geográfica del epicentro del terremoto en Tumaco ocurrido el 12 de diciembre de 1979. En la figura 2 se presenta el registro de la onda de la marea del día 12 de octubre de 1979, y la fuerte perturbación identificada como el evento tsunamigénico en la zona Norte del Ecuador, esto ocurren en marea baja y con replica de 3 a 4 ondas, y tiempo de arribo de la primera onda entre 5 a 6 minutos (referido a la hora del terremoto).

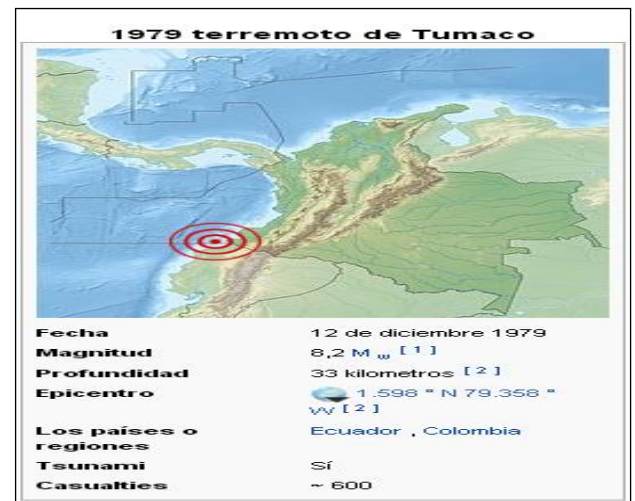


Figura 1 Ubicación geográfica del epicentro del terremoto Tumaco ocurrido el 12 de diciembre de 1979. fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Colombia_de_1979

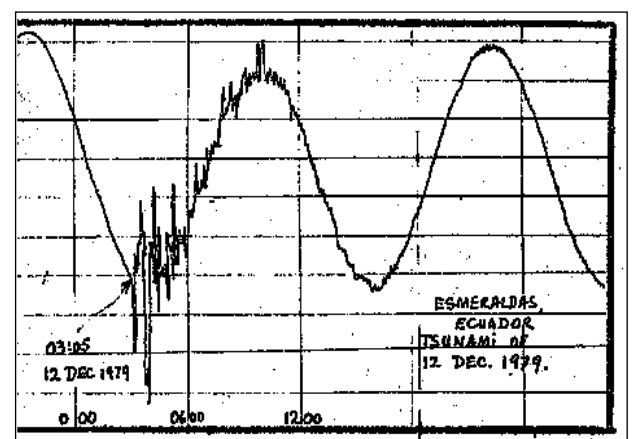


Figura 2 Evento Tsunamigénico ocurrido el 12 de diciembre de 1979, Estación Esmeraldas-Ecuador. Fuente: <http://www.drgeorgepc.com/Tsunami1979ColombiaSpan.html>,

Esta investigación se enfoca en el análisis de los registros analógicos del 12 de diciembre del 1979 obtenidos en el puerto costero de Esmeraldas, esta zona es considerada de alto riesgo, es importante establecer la mejor marea pronosticada obtenida de los registros digitales, calcular la marea residual para conocer el comportamiento de las ondas del tsunami que arribaron al puerto, determinar el tiempo de arribo de la primera onda, extraer conclusiones que permitan en primera instancia conocer la dinámica y así poder proporcionar información necesaria para adoptar medidas de prevención, mitigar y manejar futuros eventos con el mínimo de víctimas e impactos a la infraestructura.

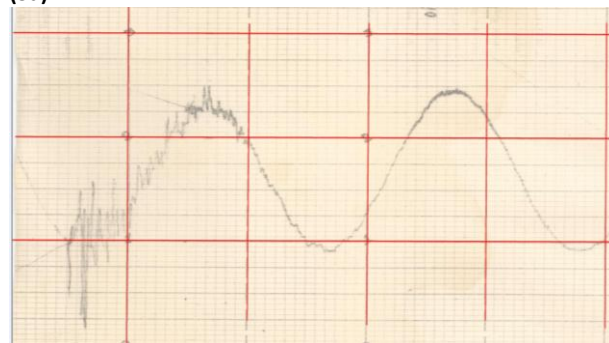
2 Datos y métodos:

2.1 Registros analógicos y digitales

En la zona del Norte del Ecuador se encuentra ubicada la estación de monitoreo en el puerto de Esmeraldas, su ubicación Geográfica es 00°57' 29"N y 79°38'46"O, está iniciando su funcionamiento el día 01 de septiembre de 1979 a las 10:20 con un equipo analógico de contra polea, actualmente esta estación registra datos mediante un equipo digital tipo contra polea y un sensor de presión con transmisión remota.

De los registros analógicos históricos se obtuvo el rollo de papel térmico (REG) donde se observa la perturbación de la onda de marea a partir de las 03h05 del día 12 de diciembre de 1979, permitiendo calcular el tiempo de arribo de la primera ola además, los tiempos de ocurrencia de pleamares y bajamares pre-post evento 1979 mediante lectura visual como se aprecia en la Figura 3a y 3b.

(3a)



(3b)

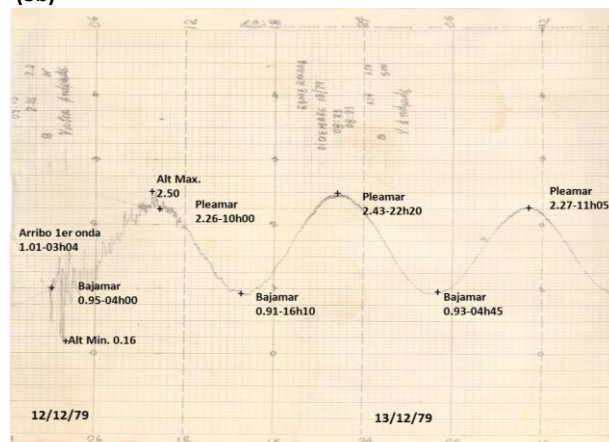


Figura 3 a) REG- Registro analógico de mareógrafo en la estación Esmeraldas del día 12 y 13 de diciembre del 1979, b) Detalle de la ocurrencia de la primera ola de arribo, pleamares y bajamares, mediante lectura visual.

El REG fue reprocesado en forma digital (DIG) utilizando el software Didger obteniendo 25.166 puntos equidistantes de 10 segundos entre sí, inicia a las 19:27:30 del 10 de diciembre del 1979 hasta 17:21:40 del 13 de diciembre del 1979.

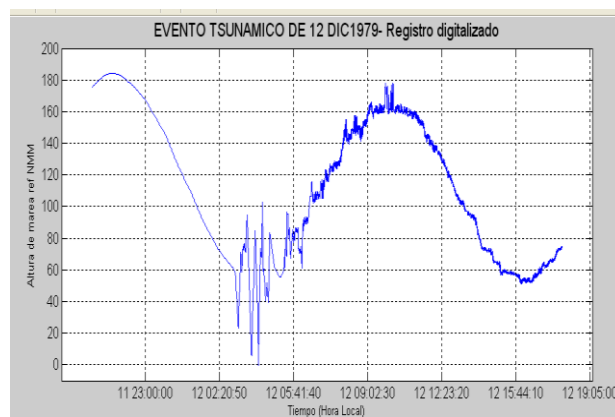


Figura 4 DIG-Digitalización de la onda de marea 10/12/1979 - 19:27:30 hasta 13/12/1979 - 17:21:40 en la estación Esmeraldas.

Utilizaremos para nuestro análisis dos series de tiempo de datos horarios S1 y S2, S1 con 2160 datos horarios cercanos a la fecha del evento del 02 septiembre 1979 al 30 noviembre 1979, y la S2 es del 02 septiembre 2007 al 30 noviembre 2007 con 2160 datos, los datos son presentados en la tabla 1a - tabla 1b.

2.1 Predicción de marea y marea residual

Organismo Internacional de Hidrografía (OIH) establece que para predecir las mareas es necesario conocer las constantes armónicas (amplitudes y retrasos de fase) para los componentes de cada localidad de estudio para las que desee hacer las predicciones, mientras que Wong (2011) manifiesta que el análisis armónico de las mareas se fundamentan en determinar las amplitudes y fases de retraso que requieren los coeficientes armónicos de marea, y con estos coeficientes se puede reconstruir la serie de tiempo original, además indica que si un análisis armónico es perfecto debería generar como marea residual nula; es por ello encontrar las componentes armónicas predominantes del sitio permite predecir la marea y determinar la marea residual (diferencia entre los datos observados y el pronóstico de la marea).

Moreano, Arreaga y Nath (2012), también manifiestan que se puede determinar la marea residual en restar la marea pronosticada del día del evento observado en los registros de los mareógrafos. Alavera y Nath (2013), detallan como es necesario que al realizar un análisis relacionados a la variación del nivel del mar, todos sus datos deben estén referido a un plano de referencia común, consideración que debemos mantener debido al análisis que estaremos realizando con los registros analógicos del 1979, registros digitales del 2007, y la digitación del registro del evento ocurrido, además se verifican los desfases de los tiempo de registros. Para la predicción de la marea se analizarán los registros digitales obtenidos y aplicaremos la herramienta T_TIDE, para mayores

indicaciones descargarla la herramienta en la siguiente dirección:

http://www.eos.ubc.ca/~rich/t_tide/t_tide_v1.1.zip

Utilizaremos la herramienta para calcular las componentes armónicas principales predominantes para cada serie analizada, posterior generamos con el mismo código la onda de marea predicha con la misma periodicidad de la onda DIG con la finalidad de observar la diferencia entre la onda DIG y la onda predicha, de esa forma se obtienen la mejor onda residual de marea ocurrida en el evento tsunamigénico.

3. Resultados obtenidos

El REG cuyo eje “x” representa el tiempo con escala mínima de 30 minutos, en el eje “y” representa la altura en metros a escala mínima de 5 centímetros, con esto obtendremos mediante lectura visual datos de la primera y segunda bajamar, y pleamar ocurridas después del evento, la mínima y máxima altura registrada en el evento, considerando que la escala de tiempo es 30 minutos, la hora de ocurrencia registrada posee un margen de error de +/- 5 minutos, incertidumbre que puede ser inducida por varios factores como error de precisión del reloj, ajuste de hora local, lectura visual, etc.

Teniendo en cuenta las incertidumbres que son inherentes a cualquier registro de onda analógica, es necesario un proceso cuidadoso antes de iniciar una calibración fuente precisa: Se tiene que procesar (i) la corrección del tiempo de referencia (el reloj del medidor de mareas), (ii) la exactitud de las escalas horizontal y vertical del papel-registrado (tiempo y amplitud de la onda) y (iii) extraer el componente tsunami mediante la eliminación de la señal de marea.

3.1 Componentes principales armónicas

La marea astronómica es posible establecer mediante el análisis de componentes armónicos, basados en el comportamiento de la marea observada formada por un número de componentes armónicos con periodos establecidos que coinciden con los periodos de movimientos astronómicos tierra luna sol, a partir de los registros horarios S1 y S2 determinaremos para cada serie sus respectivos componentes armónicos principales (CPA79-CAP07), obteniendo 35 componentes para los periodos de marea que van desde 27 días a 3 horas, los reportes obtenidos se observan en las Tablas 4a y 4b.

3.2 Nivel de Referencias

Podemos apreciar en las Figura 3b y 4, el REG presenta un nivel de referencia al cero del papel, y DIG tiene un nivel de referencia considerando el valor más bajo digitalizado, esta diferencia de niveles de referencia produce que los REG estén 0.16 centímetros más alto que la DIG, además se observa que la cresta ocurrida 10h00 en el REG registra 2.5 metros mientras que en la DIG registra 1.6 metros, evidenciando una deformación en la amplitud de la onda.

3.3 Mareas Predichas

Ahora, obtendremos el análisis de las CAP79-CAP07 respectivamente para cada serie; en la tabla 2a se muestran el reporte de CPA79 y tabla 2b luego se obtienen las mareas predichas para la S1 y S2, ver gráfico 2); independientemente se genera en el mismo código T_TIDE la marea predicha del 12 de diciembre de 1979 con el mismo periodo de tiempo de la onda DIG, esto para cada uno de los CPAs. Estas ondas predichas mantienen las mismas amplitudes y fases correspondientes a cada S1 y S2, observándose que se acoplan muy bien.

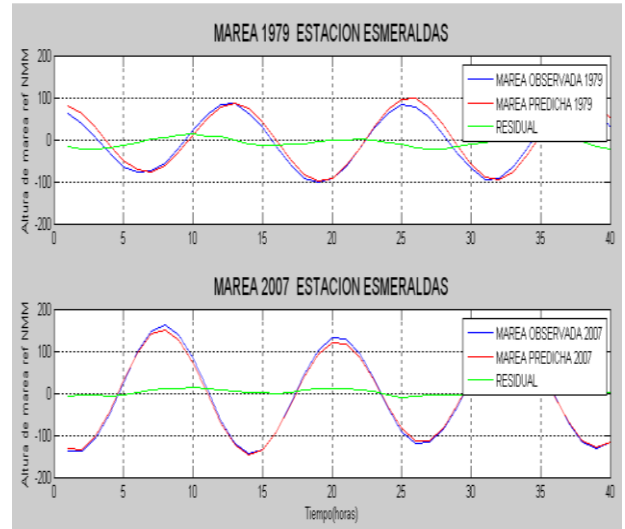


Figura 6 S1-S2, Datos 1979 – 2007 en la estación Esmeraldas

Podemos ver en la gráfico 4 que el arribo y el efecto producido por el terremoto es muy cercano a la hora de ocurrencia del terremoto, por lo cual el reloj de REG está atrasado. Mediante un desplazamiento en el tiempo con el fin de adaptar mejor a la fase de las dos señales (DIG y onda predicha CPA79), se obtuvo como mejor ajuste a 1030 segundos (17'10") (coeficiente de correlación de 0.9988).

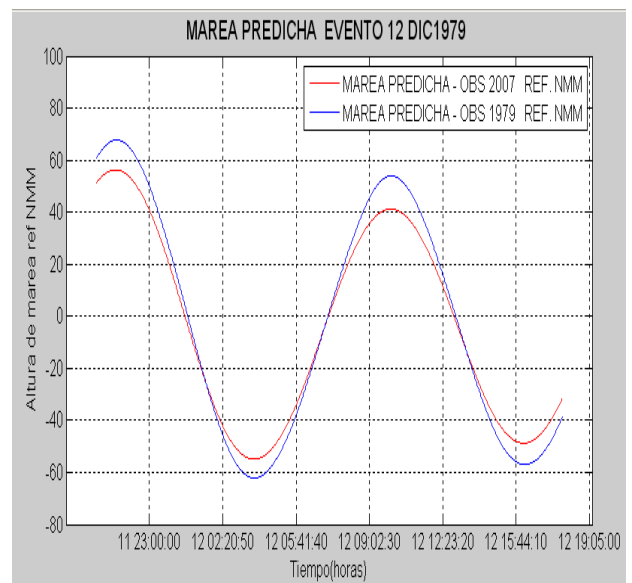


Figura 7. Superposición de ondas predichas del evento con datos 1979 - 2007 en la estación Esmeraldas.

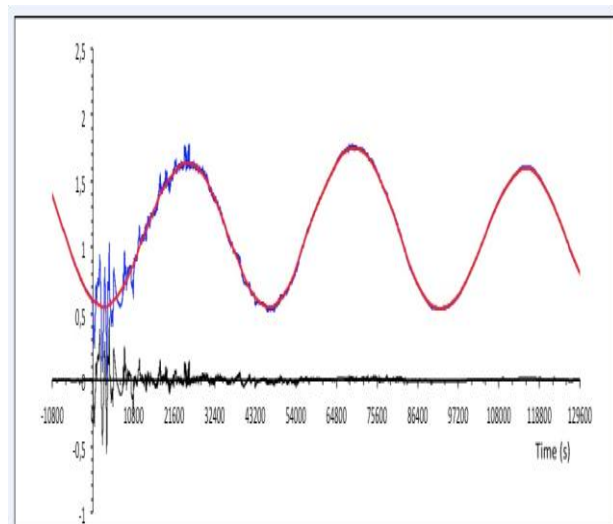


Figura 8. Onda digital y onda predicha 1979 en la estación Esmeraldas.

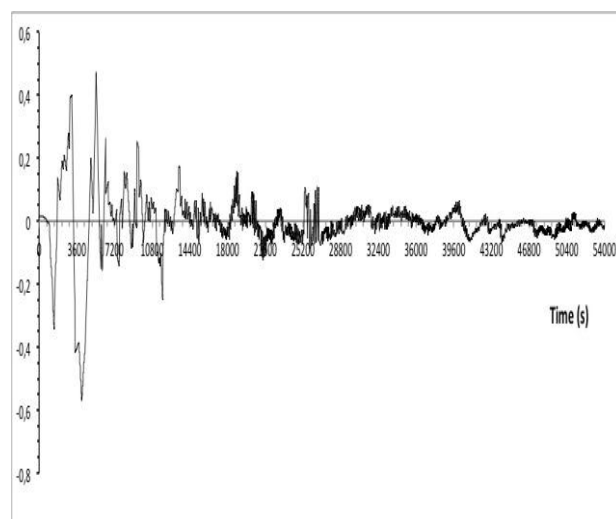


Figura 9. Señal digitalizada calibrada. La señal residual (el tsunami) se obtiene a partir de la señal digitalizada corregida y de la predicha.

3.4 Marea residual

Una vez obtenido los ajustes respectivos tanto en el desfase del tiempo, y acoplamiento a un mismo nivel de referencia, las ondas DIG y la Onda CPA79 son superpuestas y se observa su diferencias en las alturas predichas y observadas, esta diferencia es conocida como marea residual, esta nos permite determinar algunos parámetros tales como arribo de la primera onda y la amplitud máxima.

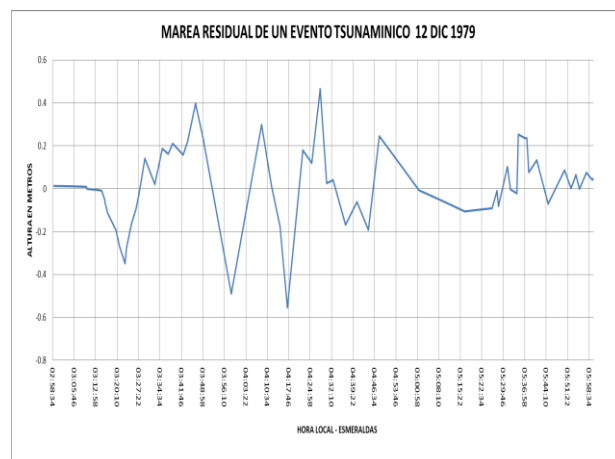


Figura 10. Marea residual de un evento Tsunamigénico del 12 diciembre del 1979.

Obtenida la señal residual podemos determinar algunos términos utilizados para medir y describir la onda de tsunamis que se registraron en la estación de monitoreo, estos términos son:

Cresta de una onda; la parte más alta de una onda.

Seno de la ola (valle), la parte más baja de una ola.

La **Amplitud del tsunami**, normalmente determinada por un registro de nivel del mar, es: 1) el valor absoluto de la diferencia entre un seno o un valle particular del tsunami y el nivel normal del mar en reposo a la hora indicada, 2) la mitad de la diferencia entre un seno y un valle sucesivos, corregida por el cambio de marea entre ellos. Representa la verdadera amplitud de la onda del tsunami en algún punto del océano.

Período del tsunami, tiempo que tarda una ola de tsunami en completar un ciclo o una longitud de onda. El período de un tsunami normalmente dura de 5 a 60 minutos. A menudo, se calcula estableciendo la diferencia medida en un mareograma entre el tiempo de llegada de la cresta más alta con la siguiente cresta.

Tiempo de arribo, tiempo de llegada del primer tren de ondas máximo del tsunami a un determinado sitio.

Tiempo transcurrido, tiempo entre la llegada de la primera onda del tsunami y la llegada del nivel máximo.

Los valores calculados se presentan en el anexo en la tabla 5

Tabla 5. Descripción general del evento Tsunamigénico.

eventos	hora de ocurrencia (hh:mm:ss)	altura de ocurrencia (m)	amplitud (m)	periodos entre cresta	periodos entre valles
hora de terremoto	02:59:00				
arribo de ola	03:13:40	0.005			
1ra valle	03:22:50	-0.340	0.345		00:35:40
1ra cresta	03:46:30	0.396	0.736	00:22:00	
2da valle	03:58:30	-0.489	0.885		00:18:50
2da cresta	04:08:30	0.298	0.787	00:19:50	
3er valle	04:17:20	-0.550	0.848		00:19:30
3ra cresta	04:28:20	0.460	1.010		
4to valle	04:36:50	-0.168	0.628		

4 CONCLUSIÓN

Este procedimiento permite observar con mejor detalle las horas de ocurrencia y alturas producidas en el evento, la señal residual obtenida confirma el atraso de los relojes analógicos, la hora de arribo de la ola en su fase negativa o valle, arriba a las 03:13:40 aproximadamente 15 minutos después de ocurrido el terremoto(tiempo de arribo), la altura alcanzada en la primera ola de arribo después de pequeñas ondulaciones arriba a las 03:46:30, el primer embate del tsunami es presenciado después de 47 minutos de ocurrencia del terremoto con una amplitud alcanzada de 0.74 metros(amplitud de tsunami). La máxima amplitud registrada ocurre en la tercera cresta de arribo con 1.01 metros (amplitud máxima de tsunami) ocurrida a las 04:28:20 después de 1hora y 30 minutos de ocurrido el terremoto (tiempo trascurrido), con periodos observados entre crestas y valles que oscilan entre los 22 a 18 minutos.

La importancia de obtener estas aproximaciones nos permite obtener tiempos de arribo que permitirán determinar las magnitudes del evento Tsunamigénico, recalculer los epicentros y magnitud del terremoto y lo más primordial e importante poder reconstruir

mapas de inundación en la ciudad de Esmeraldas y lugares cercanos.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimiento a las autoridades del INOCAR por las facilidades proporcionadas, al Sr. Teniente Willington Rentería quien revisó y emitió sus comentarios, y un agradecimiento especial al Dr. Mansour Ioualalen por sus valiosos aportes y conocimientos que permitieron concluir el presente artículo.

BILIOGRAFÍA

Alvera J, Nath J (2013), Establishment of the 2010 vertical datum for Ecuador, International Hydrographic Review, november 2013, N°10, pag 1-13.

Moreano H., Arreaga P., Nath J (2012). El tsunami de Chile 27-02-2010 y su comportamiento en las zonas: costera e insular del Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacifico, Vol 17 (1).

Espinoza, J. (1990). Posibles efectos de un tsunami en las costas de la Península de Santa Elena. Instituto Oceanográfico de la Armada.

Centro de Alerta de Tsunamis (2011), Diagnóstico de la amenaza tsunamigénica de la costas ecuatorianas.

Espinoza J.(1992). Terremotos tsunamigénicos en el Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol 7 (1).

Herd, D.G.; Youd T.L., Meyer H., Arango J.L., Oerson W.J. & Mendoza C. (1981). "The Great Tumaco, Colombia Earthquake of 12 December 1979".

SL Soloviev, K. Kim, , 1969-1982. Catálogo de Tsunamis en el Pacífico.

Wong Z. 2011, Relación entre las oscilaciones del nivel del mar del océano pacífico y las variaciones del nivel del mar en la costa del Ecuador, tesis de grado.

Solis G. 2014 "Terremoto de Esmeraldas del 12 de Diciembre de 1979, Mw= 8.2: Inversión de datos hidrográficos para obtener sus características de ruptura", tesis de grado.

OIH, Organismo Internacional de Hidrografía Publicación C-13, Manual de Hidrografía, capítulo 5.

OHI, Manual de Hidrografía (IHO M-13), Mónaco, 2005, pp. 313-368.

Paredes N. Determinación del Datum Vertical en la Libertad, Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol 3(1), 1986.

Vera L. 2003-2004. Estudio del Nivel Medio del Mar en Puerto Bolívar, Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol 12(1).

Pararas-Carayanis G., 2012, Potential of tsunami generation along the Colombia/Ecuador subduction margin and the Dolores-Guayaquil mega-thrust, Journal of Tsunami Society International, Vol 31, N3.

Glosario de Tsunamis, colección Técnica 85, Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 2013

WebT_TIDE: RichPawlowicz's MatlabStuff

Tabla 3a. Promedio horario 1979 de la variación del nivel de agua en la estación "Esmeraldas"

Mes	Año	Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
9	1979	2	302	278	243	207	175	160	163	182	219	262	297	322	324	302	267	222	180	147	136	147	175	219	264	302
9	1979	3	322	317	292	250	207	169	144	145	174	217	267	310	338	337	311	267	217	167	130	120	135	170	222	277
9	1979	4	324	341	335	304	250	195	147	122	132	162	212	270	322	358	364	336	285	223	162	117	100	118	162	230
9	1979	5	293	345	371	365	322	261	196	139	107	107	142	199	269	332	372	380	350	288	212	145	095	078	097	152
9	1979	6	232	302	366	395	383	335	257	184	117	082	083	126	197	272	344	389	394	355	281	194	122	075	087	087
9	1979	7	157	238	326	387	415	397	337	255	167	098	081	074	122	202	292	362	407	402	358	280	192	112	085	093
9	1979	8	089	162	252	341	403	425	397	334	247	157	087	090	108	126	207	297	370	407	392	337	256	172	095	088
9	1979	9	081	108	187	282	362	416	419	378	298	212	129	074	084	088	152	232	322	380	404	383	327	247	162	097
9	1979	10	081	080	129	207	297	367	408	407	365	287	186	117	077	075	112	177	256	332	379	390	364	302	227	157
9	1979	11	103	087	107	157	232	309	372	396	382	337	267	196	122	094	097	132	197	267	330	367	370	342	290	227
9	1979	12	162	123	112	132	176	242	309	357	374	359	317	252	189	140	113	117	152	207	269	319	347	347	322	277
9	1979	13	228	182	147	135	151	190	247	292	335	350	332	292	239	192	152	134	141	172	217	266	304	327	326	304
9	1979	14	266	227	186	160	153	171	205	247	292	321	330	315	283	243	198	167	149	152	176	213	255	292	313	314
9	1979	15	299	269	234	200	173	164	175	199	240	274	302	315	311	282	247	211	177	158	157	172	204	242	277	302
9	1979	16	312	304	280	247	211	182	167	171	190	225	262	295	315	314	297	267	222	187	161	154	167	197	237	276
9	1979	17	308	321	314	287	247	209	177	161	162	184	220	263	301	321	319	295	257	212	172	149	144	162	197	242
9	1979	18	287	317	330	314	282	238	192	162	146	156	181	227	277	312	329	322	297	252	200	162	136	134	157	200
9	1979	19	254	299	330	337	317	277	222	177	142	133	148	185	247	297	330	340	324	282	229	176	137	124	139	175
9	1979	20	229	287	331	349	341	304	252	197	152	127	132	163	214	272	322	350	348	317	266	212	161	125	120	145
9	1979	21	195	252	310	351	362	342	292	237	167	119	122	156	212	272	324	354	352	322	266	207	152	119	114	141
9	1979	22	194	258	317	356	366	342	296	234	174	119	111	127	172	237	299	343	362	345	303	247	184	134	110	120
9	1979	23	157	214	282	337	367	366	330	275	212	152	115	110	139	187	252	315	354	362	334	284	222	164	122	109
9	1979	24	134	180	242	305	352	370	349	307	242	178	131	109	112	144	200	262	322	356	359	332	274	212	154	117
9	1979	25	112	139	190	252	314	352	362	342	292	229	167	120	103	115	154	216	282	332	360	348	312	254	194	142
9	1979	26	114	119	152	207	267	322	355	354	327	272	213	157	119	114	137	182	242	299	338	351	334	292	239	186
9	1979	27	144	130	145	185	241	297	340	355	345	308	257	202	152	128	131	160	205	258	306	337	345	327	280	232
9	1979	28	187	154	143	157	196	247	302	332	344	332	297	247	189	157	137	142	171	215	269	307	330	330	307	268
9	1979	29	220	183	158	153	172	207	252	296	322	329	315	283	239	195	162	146	149	176	217	264	302	324	326	306
9	1979	30	272	228	192	167	162	177	207	247	287	317	327	317	288	249	207	174	156	156	182	212	262	300	322	327
10	1979	1	307	279	245	210	185	182	180	205	240	277	305	321	327	302	262	219	179	154	152	172	212	260	303	333
10	1979	2	342	330	297	252	207	172	153	162	192	237	282	324	352	349	322	277	224	177	145	139	157	197	252	307
10	1979	3	353	369	359	322	267	210	160	137	142	172	224	282	337	368	371	342	292	232	167	128	115	137	182	252
10	1979	4	322	372	390	374	332	268	197	144	115	122	159	219	300	357	391	392	357	292	217	152	108	098	127	187
10	1979	5	267	339	397	417	392	334	252	177	117	016	112	165	242	314	377	407	392	342	257	182	112	077	084	132
10	1979	6	212	297	372	417	419	379	302	217	137	079	081	094	162	247	332	397	415	392	327	247	162	092	081	079
10	1979	7	135	215	307	387	429	422	372	287	197	117	080	088	092	167	257	342	402	419	387	322	334	152	092	077
10	1979	8	087	142	224	314	387	425	412	364	280	187	112	077	076	112	182	272	347	402	410	380	312	227	147	094
10	1979	9	080	103	162	242	327	392	420	397	337	257	177	107	094	082	127	200	282	352	395	397	362	292	217	152
10	1979	10	105	097	125	182	262	332	382	397	370	312	237	167	099	088	112	162	232	304	359	375	360	317	255	190
10	1979	11	137	117	125	164	222	287	340	367	362	327	269	208	152	117	112	135	182	247	304	341	355	339	297	247
10	1979	12	192	155	140	148	181	228	282	325	346	339	310	264	212	165	142	138	160	197	247	296	329	341	330	297
10	1979	13	252	212	177	162	167	189	232	272	307	326	325	299	257	217	182	159	154	169	207	242	282	312	324	315
10	1979	14	289	254	214	185	172	174	194	227	264	297	312	314	297	262	225	192	168	162	174	200	238	274	304	246
10	1979	15	314	289	255	221	189	172	172	187	217	252	287	307	309	297	270	237	202	172	160	169	190	227	267	300
10	1979	16	317	315	297	263	227	191	168	159	174	202	242	282	311	319	305	274	237	197	169	155	162	187	227	272
10	1979	17	309	327	327	302	265	224	184	160	152	168	202	248	294	322	329	314	280	237	195	164	148	157	187	232
10	1979	18	282	320	344	342	312	267	215	174	144	152	187	237	289	327	347	337	305	257	202	163	142	146	174	222
10	1979	19	280	324	351	350	324	277	217	170	135	129	152	198	254	307	342	354	337	294	237	182	142	129	146	187
10	1979	20	242	302	347	366	354	314	254	197	146	121	127	157	212	272	327	359	362	334	277	222	167	129	125	152
10	1979	21	204	264	325	363	372	349	294	234	170	122	107	122	170	232	297	345	367	357	312	252	192	142	116	124
10	1979	22	162	222	287	344	377	372	337	272	204	142	108	104	142	202	270	330	366	370	339	287	222	164	122	114
10	1979	23	140	185	252	317	362	377	352	302	234	170	118	107	114	157	222	289	343	370	362	323	267	202	147	117
10	1979	24	122	157	214	282	340	374	372	339	277	209	147	108	100	125	177	247	312	355	371	352	302	242	180	135
10	1979	25	117	132	174	237	302	349	372	360	317	257	192	137	103	111	147	202	267	324	358	359	327	275	217	162
10	1979	26	128	124	150	197	257	310	349	358	334	285	227	170	122	107	122	162	220	277	322	348	344	312	262	

Tabla 3a. Promedio horario 2007 de la variación del nivel de agua en la estación "Esmeraldas"

Mes	Año	Ho	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
2007	9	2	125	124	156	212	287	360	411	426	401	347	273	199	143	118	129	170	236	307	366	395	391	355	297	229	
2007	9	3	171	142	145	177	229	295	357	394	402	377	324	257	191	146	132	147	187	246	306	353	375	368	334	284	
2007	9	4	228	181	156	160	189	235	289	338	369	374	351	305	248	195	160	147	161	195	247	296	334	352	348	324	
2007	9	5	284	239	201	176	174	196	236	282	323	347	353	337	303	258	211	179	164	170	196	238	281	317	336	337	
2007	9	6	319	289	251	215	188	179	194	225	266	305	333	343	335	308	269	228	194	173	171	193	225	267	304	331	
2007	9	7	339	329	304	265	227	199	186	191	212	249	290	324	346	344	323	285	241	200	174	166	179	211	256	300	
2007	9	8	337	354	348	322	280	235	197	178	178	202	243	288	330	355	357	334	293	240	192	158	150	166	203	255	
2007	9	9	308	348	368	361	327	276	222	178	157	162	194	241	295	343	371	369	339	287	228	176	143	141	165	211	
2007	9	10	270	328	369	384	366	322	264	205	162	145	160	200	255	314	361	383	374	333	273	208	157	130	136	171	
2007	9	11	230	296	354	388	392	363	308	241	181	142	135	161	213	279	340	382	396	371	319	252	187	140	124	144	
2007	9	12	195	263	331	382	406	392	348	285	216	163	136	144	181	242	308	365	397	394	358	296	228	168	133	131	
2007	9	13	164	225	293	358	397	406	380	322	253	186	141	130	152	199	263	329	377	393	376	329	263	198	149	131	
2007	9	14	147	194	258	324	375	399	389	349	285	218	162	131	133	167	223	290	347	378	379	348	294	230	173	139	
2007	9	15	137	166	220	284	341	378	386	363	314	251	189	145	129	145	187	249	310	355	373	361	321	264	208	164	
2007	9	16	146	158	196	250	308	356	379	368	332	280	222	172	144	145	173	223	280	329	362	365	342	299	245	198	
2007	9	17	170	168	190	231	282	331	364	371	353	314	264	213	176	161	170	202	251	301	338	355	348	320	277	231	
2007	9	18	194	177	182	208	248	294	333	352	346	323	284	238	197	170	165	183	218	260	302	328	335	321	294	258	
2007	9	19	221	195	186	197	223	260	295	321	333	325	302	268	231	200	183	181	198	226	262	293	314	319	306	282	
2007	9	20	252	226	208	202	209	231	261	291	312	322	315	296	266	235	209	194	195	211	236	264	287	303	310	302	
2007	9	21	284	259	237	220	212	217	233	257	283	305	315	314	299	276	246	220	202	198	207	230	256	281	303	315	
2007	9	22	313	295	270	245	223	210	210	223	247	276	304	320	324	311	287	255	223	200	188	193	216	251	286	315	
2007	9	23	330	330	311	282	249	217	195	192	208	238	275	308	331	337	323	292	251	210	179	166	177	205	247	293	
2007	9	24	331	353	352	328	288	242	200	174	172	192	232	281	321	326	355	360	340	297	244	193	156	143	158	199	256
2007	9	25	314	361	382	373	334	280	219	169	144	148	183	236	298	353	384	384	351	294	227	167	128	121	149	206	
2007	9	26	278	349	398	412	389	336	265	192	138	114	131	180	250	321	379	407	397	352	282	205	142	110	117	160	
2007	9	27	230	313	388	431	435	397	327	242	163	112	099	128	190	271	350	409	430	407	348	267	188	127	103	121	
2007	9	28	177	260	350	421	456	446	392	309	217	141	097	093	135	208	296	376	424	434	397	328	244	165	112	099	
2007	9	29	129	196	283	369	430	453	429	365	277	187	117	084	094	145	223	311	384	426	423	380	306	222	149	108	
2007	9	30	106	143	212	297	375	425	437	402	335	250	166	106	084	103	158	237	320	385	414	403	358	288	211	147	
2007	10	1	114	121	163	231	306	373	413	414	376	311	233	161	113	101	126	182	255	326	378	399	384	340	278	211	
2007	10	2	160	137	146	185	244	307	362	391	387	353	295	227	169	132	127	152	200	260	317	360	375	360	321	270	
2007	10	3	215	175	158	168	200	247	299	341	364	363	337	289	232	186	158	154	175	211	258	303	336	350	343	315	
2007	10	4	274	232	199	181	184	205	240	280	317	339	344	325	289	248	207	178	169	180	206	245	288	324	343	340	
2007	10	5	322	288	248	212	191	188	204	231	267	304	331	341	328	298	258	222	190	175	180	203	239	280	319	342	
2007	10	6	345	329	298	260	222	195	184	193	220	256	293	324	340	337	312	272	228	192	172	173	194	233	276	314	
2007	10	7	342	354	340	306	262	218	185	170	179	208	251	294	330	348	345	318	275	227	188	166	167	192	234	284	
2007	10	8	329	360	369	349	309	258	207	170	158	170	206	253	304	345	364	354	320	269	214	174	153	159	192	244	
2007	10	9	301	352	381	380	351	303	242	188	153	148	169	216	275	332	368	377	356	311	255	199	162	149	167	211	
2007	10	10	272	332	375	394	381	342	281	215	164	144	148	182	236	297	348	374	372	341	290	232	183	154	155	185	
2007	10	11	249	297	353	392	397	368	312	243	182	140	127	148	197	262	327	371	388	371	325	264	204	159	142	159	
2007	10	12	202	262	324	372	395	385	343	280	212	157	128	132	167	225	291	347	380	383	352	297	233	178	147	146	
2007	10	13	174	226	287	344	379	388	362	311	242	180	136	123	144	194	257	318	363	381	369	329	271	211	167	150	
2007	10	14	165	205	261	318	366	389	378	337	276	213	162	134	140	174	226	286	340	372	378	351	301	245	193	162	
2007	10	15	161	186	231	285	339	375	380	356	308	248	194	156	145	162	200	256	313	354	371	360	325	276	226	189	
2007	10	16	171	176	206	253	306	347	368	361	327	279	227	182	156	154	178	221	273	320	349	355	339	303	258	214	
2007	10	17	185	176	190	226	272	315	346	356	340	306	262	217	182	165	170	197	241	285	322	343	341	321	287	248	
2007	10	18	213	189	188	206	240	279	314	335	336	320	289	253	216	185	173	183	211	248	285	316	330	328	309	280	
2007	10	19	248	218	200	201	219	248	280	307	324	326	311	285	253	223	199	190	228	252	286	314	329	329	325	306	
2007	10	20	279	249	223	207	205	219	243	273	297	315	320	309	286	257	226	202	191	198	218	248	281	310	328	331	
2007	10	21	314	286	253	225	207	202	211	233	264	295	319	329	319	295	263	231	202	188	190	207	241	280	316	338	
2007	10	22	343	329	300	262	224	196	185	193	217	254	294	326	343	338	313	274	230	194	171	171	195	237	288	333	
2007	10	23	362	369	350	310	258	208	171	157	169	203	251	302	343	364	354	318	270	215	170	147	154	188	241	303	
2007	10	24	358	393	397	366	312	245	184	143	130	149	195	256	318	365	384	370	326	263	197	148	128	142	187	252	
2007	10	25	323	383	412	407	366	298	220	152	110	107	140	201	276	346	394	407	380	321	247	175	124	108	132	190	
2007	10	26	268	350	414	437	417	360	281	194	122	085	089	136	212	299	373	415	418	382	314	233	1				

Tabla 4a. Componentes Armónicos 1979 Estación "Esmeraldas"

nobs = 2160, ngood = 2159, record length (days) = 90.00

start time: 01-Sep-1979

rayleigh criterion = 1.0

Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \n and phase relative to center tir

x0= 239, x trend= 0

var(x)= 7596.2011 var(xp)= 7522.2806 var(xres)= 107.4244

percent var predicted/var original= 99.0 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

Nº	tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
1	MM	0.002	1.029	2.941	39.150	152.480	0.120
2	MSF	0.003	1.331	2.598	282.150	146.080	0.260
3	ALP1	0.034	0.165	0.682	122.580	196.540	0.059
4	2Q1	0.036	0.702	0.888	82.650	77.360	0.630
5	Q1	0.037	0.682	0.854	108.510	85.340	0.640
6	O1	0.039	1.387	1.017	6.250	47.760	1.900
7	NO1	0.040	0.564	0.581	46.450	69.410	0.940
8	*K1	0.042	7.656	0.931	323.090	7.830	68.000
9	J1	0.043	0.824	0.928	340.430	70.020	0.790
10	OO1	0.045	1.073	1.459	324.540	77.200	0.540
11	UPS1	0.046	0.557	1.169	259.140	133.500	0.230
12	EPS2	0.076	3.115	2.284	122.770	48.510	1.900
13	*MU2	0.078	4.183	2.037	112.440	29.140	4.200
14	*N2	0.079	25.111	2.580	105.650	5.910	95.000
15	*M2	0.081	110.547	2.332	127.920	1.260	2200.000
16	L2	0.082	2.550	2.571	125.450	64.370	0.980
17	*S2	0.083	32.265	2.526	141.860	4.480	160.000
18	ETA2	0.085	1.312	2.805	206.780	133.960	0.220
19	MO3	0.119	0.120	0.451	278.690	200.900	0.070
20	M3	0.121	0.446	0.524	167.530	72.540	0.720
21	MK3	0.122	0.526	0.570	226.260	65.880	0.850
22	SK3	0.125	0.694	0.631	183.450	58.430	1.200
23	MN4	0.160	0.401	0.370	212.900	70.620	1.200
24	M4	0.161	0.506	0.395	229.860	45.340	1.600
25	SN4	0.162	0.548	0.452	260.880	47.620	1.500
26	MS4	0.164	0.493	0.416	273.740	50.590	1.400
27	S4	0.167	0.369	0.419	300.160	68.660	0.780
28	2MK5	0.203	0.220	0.285	9.280	88.550	0.600
29	2SK5	0.208	0.420	0.330	63.980	49.060	1.600
30	2MN6	0.240	0.151	0.273	149.400	129.450	0.300
31	M6	0.242	0.213	0.294	243.990	83.290	0.520
32	2MS6	0.244	0.265	0.320	262.580	84.130	0.690
33	2SM6	0.247	0.264	0.362	345.490	87.960	0.530
34	3MK7	0.283	0.147	0.247	98.130	135.620	0.360
35	M8	0.322	0.218	0.268	166.060	86.330	0.660

Tabla 4b. Componentes Armónicos 2007 Estación Esmeraldas"

nobs = 2160, ngood = 2159, record length (days) = 90.00

start time: 01-Sep-2007

rayleigh criterion = 1.0

Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \n and phase relative to center time

x0= 263, x trend= 0

var(x)= 7106.8801 var(xp)= 7051.506 var(xres)= 56.1864

percent var predicted/var original= 99.2 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

Nº	tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
1	MM	0.00	1.62	1.71	332.06	66.61	0.90
2	MSF	0.00	1.63	1.57	1.99	63.76	1.10
3	ALP1	0.03	0.13	0.39	42.49	185.67	0.12
4	2Q1	0.04	0.18	0.49	76.45	177.11	0.13
5	Q1	0.04	0.20	0.47	118.51	154.80	0.19
6	*O1	0.04	1.98	0.57	347.23	16.34	12.00
7	*NO1	0.04	0.59	0.39	348.06	43.42	2.30
8	*K1	0.04	8.69	0.69	321.97	3.39	160.00
9	J1	0.04	1.07	0.76	3.31	46.50	2.00
10	*OO1	0.04	0.67	0.38	22.76	32.69	3.10
11	UPS1	0.05	0.10	0.28	35.58	202.16	0.12
12	EPS2	0.08	1.23	1.79	57.28	98.45	0.47
13	*MU2	0.08	6.49	2.13	39.85	18.28	9.30
14	*N2	0.08	27.71	1.92	77.83	4.04	210.00
15	*M2	0.08	111.42	2.03	100.71	1.02	3000.00
16	*L2	0.08	2.86	1.56	135.50	38.41	3.40
17	*S2	0.08	34.84	1.68	136.55	3.15	430.00
18	ETA2	0.09	0.42	0.92	150.10	174.04	0.21
19	MO3	0.12	0.09	0.13	200.28	101.65	0.50
20	*M3	0.12	0.34	0.19	143.50	34.72	3.20
21	MK3	0.12	0.15	0.17	173.47	79.63	0.76
22	SK3	0.13	0.19	0.14	215.48	54.35	1.90
23	MN4	0.16	0.29	0.28	183.34	58.11	1.00
24	M4	0.16	0.19	0.26	223.71	80.67	0.51
25	SN4	0.16	0.14	0.23	288.76	125.93	0.36
26	MS4	0.16	0.14	0.27	224.54	129.12	0.28
27	S4	0.17	0.16	0.23	270.61	85.71	0.50
28	2MK5	0.20	0.07	0.12	254.00	110.42	0.37
29	2SK5	0.21	0.06	0.11	354.89	123.86	0.34
30	2MN6	0.24	0.01	0.10	222.90	237.03	0.02
31	M6	0.24	0.10	0.12	158.61	79.52	0.73
32	2MS6	0.24	0.11	0.11	251.06	82.80	0.95
33	2SM6	0.25	0.01	0.10	43.51	210.40	0.02
34	3MK7	0.28	0.02	0.06	177.07	165.93	0.14
35	M8	0.32	0.02	0.06	45.65	147.29	0.19

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS DE LA ZONA COSTERA DE PEDERNALES, EN LA PROVINCIA DE MANABÍ

Bolívar Soledispa ⁽¹⁾

RESUMEN

Análisis del tipo de costa por acreción sedimentaria y erosión marina, distribución de sedimentos en la zona de playa y formación de plataforma litoral de abrasión, han sido realizados en el sitio costero de Pedernales, Provincia de Manabí, Ecuador.

Las olas, corrientes, mareas y viento, dan lugar a la formación de zonas de acreción, aunque también hay zonas de erosión. También son notorios pequeños canales de marea que corren varias decenas de metros paralelos a la playa. El estudio fue complementado con fotografías que se tomaron de las características geomorfológicas más sobresalientes de zona costera.

Los acantilados son bajos a relativamente altos, conformados por rocas sedimentarias, como lutitas, limolitas y conglomerados, bien meteorizados.

También se presentan los resultados de las investigaciones realizadas sobre sedimentos superficiales de fondo, desde el punto de vista de la textura y de los parámetros estadísticos.

Un total de 28 muestras de sedimentos del fondo marino de la zona costera de Pedernales fueron analizadas, de cuyos resultados se determinó una predominancia de arena de grano fino, mal clasificadas, y se ubican en una amplia franja, en el lado oeste del área de estudio. También resalta una mezcla de limo y arena, localizada en una franja paralela a la línea de costa.

El material limo-arcilloso proviene de la socavación de los acantilados, así como del arrastre originado por los ríos durante los eventos El Niño.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940, Guayaquil-Ecuador. Fax: (593-4) 2485166 E-mail: carlos.soledispa@inocar.mil.ec

ABSTRACT

Analysis of the type of shoreline erosion and accretion sedimentary marine, distribution of sediments in the area of beach and formation of coastal platform of abrasion, have been performed in the coastal site of Pedernales, in the Province of Manabí, Ecuador.

The waves, currents, tides and wind, gives rise to the formation of zones of accretion, although there are also areas of erosion. They are also notorious small tidal channels that run several tens of meters parallel to the beach. The study was complemented with photos that were taken of the geomorphological characteristics most outstanding of the coastal zone.

The cliffs are low to relatively high, consisting of sedimentary rocks, such as shales, siltstones and conglomerates, weathered well.

It also presents the results of the investigations carried out on surface sediments of fund, from the point of view of the texture and the statistical parameters.

A total of 28 sediment samples of the seabed in the coastal zone of Pedernales were analyzed, the results of which will be determined a predominance of fine-grained sand, wrongly classified, and are located in a wide band, on the west side of the study area. It also highlights a mixture of silt and sand, located in a strip parallel to the coast line.

The silt-clay comes from the undermining of the cliffs, as well as the drag caused by the rivers during the El Niño events.

INTRODUCCIÓN

Las Divisiones que conforman el Departamento de Ciencias del Mar, del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), vienen llevando a cabo el Proyecto “Caracterización Oceanográfica de la Zona Costera Ecuatoriana”, cuyo objetivo principal es caracterizar las diferentes áreas de la costa ecuatoriana, en base a estudios multidisciplinarios como: biología, química, oceanografía, meteorología y geología.

En cuanto al objetivo de este estudio, desde el punto de vista del análisis geológico, se pretende establecer la dinámica de erosión marina y la formación acelerada de plataformas litorales de abrasión.

La delimitación de sitios críticos, con evidencia de fallamientos superficiales en los acantilados rocosos, tipo de litología y resistencia a la erosión marina, identificaciones de excavaciones

ilícitas para la extracción de arena, con incremento de rápida erosión en la plataforma litoral, mapa de distribución de sedimentos en el piso marino, es información fundamental para la construcción de obras civiles como puertos pesqueros, petroleros, turísticos; estructuras para el reforzamiento de la línea costera como: espigones, malecones; y en dragados de canales, etc. Además, sirve para complementar la elaboración de las Cartas IOA de ayuda a la navegación, que edita el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM Datum 17 Sur: 587786mN y 609425mN; y 0.00 y 18423mE, en la parte norte de la Provincia de Manabí, al oeste del país (Figura 1).

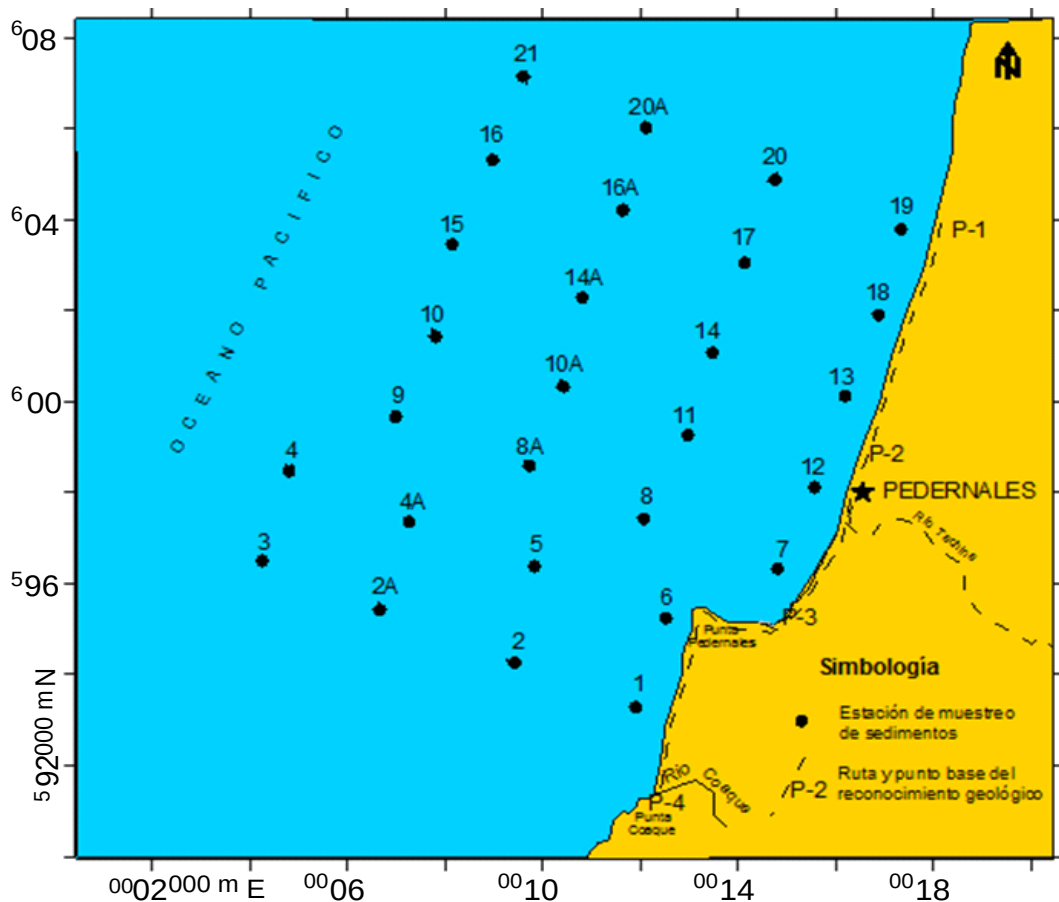


Figura 1.- Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo, y de la ruta del reconocimiento geológico del área de estudio (Pedernales, abril, 2013).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

De Campo:

Muestreo de sedimentos

Entre el 9 y el 17 de abril/2013, personal de las Divisiones de Oceanografía Química, Biológica, Meteorológica y Geológica, del Departamento de Ciencias del Mar, del INOCAR, participó en los trabajos multidisciplinarios de campo, en la zona submarina frente a Pederuales (Figura 1).

Para este proyecto, el personal de la División de Oceanografía Geológica recolectó un total de 28 muestras de sedimentos superficiales de fondo, cuyas ubicaciones están indicadas en la Figura 1, y sus coordenadas UTM, incluyendo su profundidad, en la Tabla I. El muestreo se llevó a cabo en 7 perfiles perpendiculares a la línea de costa, con un distanciamiento aproximado de 2 kilómetros entre perfiles, en cada uno de los cuales se recolectaron 4 muestras de sedimentos, en profundidades comprendidas entre 3.10 y 22.40 metros.

El trabajo se realizó a bordo de una lancha alquilada para tal efecto; para el muestreo de los sedimentos se utilizó una draga de caída libre, pequeña, marca WILDCO, la misma que penetra aproximadamente 20 centímetros en la parte más superficial del fondo marino, recolectando el material sedimentario que se ha depositado más recientemente; las muestras fueron guardadas en fundas plásticas previamente rotuladas.

El posicionamiento de las estaciones de muestreo estuvo a cargo del personal del Departamento de Hidrografía, utilizando un DGPS-5700 y el software HYPACK.

Reconocimiento geológico

También para este proyecto, a lo largo de la línea de costa del área de estudio, se realizó un reconocimiento geológico de la zona de playa,

zonas de acantilados, zonas de erosión y/o acreción; zonas de dunas; se determinó la inclinación de la playa, el material que lo conforma, zona de influencia de marea alta y baja como ancho de playa; se realizaron calicatas de hasta aproximadamente 80 centímetros de profundidad; se determinó el espesor aproximado de los estratos de los acantilados, etc; se recolectaron muestras de arena y de roca; se tomaron fotografías de los rasgos geomorfológicos más importantes, las mismas que van a servir para complementar el informe técnico. Este trabajo se llevó a cabo entre los días 3 al 8 de septiembre del 2013 (Figura 1).

De laboratorio:

Análisis granulométrico

La granulometría de las muestras de sedimentos superficiales de fondo, se determinó en base a métodos estándar de análisis, con tamices y pipeta, es decir, fueron lavadas sobre un tamiz No. 230, que tiene 0.0625 milímetros de abertura de malla, para separar la fracción gruesa (grava-arena), de la fracción fina (limo-arcilla).

La fracción gruesa fue sometida al tamizaje seco, utilizando un juego de tamices U.S. Standard Testing Sieve, cuyas aberturas de malla están comprendidas entre 4 mm (Tamiz No. 5) y 0.0625 mm (tamiz No. 230); y un agitador mecánico Ro-Tap, durante 15 minutos (Folk, 1969). La fracción fina en cambio, fue tratada mediante el análisis de pipeta, el mismo que consiste en tomar alícuotas de la suspensión, previamente agitada, a una profundidad y tiempo pre-determinados (Folk, 1969); dicha profundidad y el tiempo fueron obtenidos a partir de la ecuación de la velocidad de asentamiento de la Ley de Stokes (Krumbein y Sloss, 1963).

De gabinete:

Con la aplicación del software Surfer 8 se elaboró la Figura 1, que representa el mapa de

ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo; así como la ruta del reconocimiento geológico; esta última, indicada como: Punto 1 (Inicio del reconocimiento geológico); Punto 2 (Inicio de la zona poblada de Pedernales); Punto 3 (Desembocadura del Estero La Chorrera); y Punto 4 (Desembocadura del Río Coaque).

Información de tipo geomorfológico de costa ha sido compilada en este estudio, y es corroborable a la presentada en literatura por el PMRC (1988), en la que se puede apreciar los elementos geomorfológicos más importantes, especialmente los tipos de costa a nivel regional. (Figura 2). También se revisaron los datos obtenidos en el reconocimiento geológico, y en base a todo lo cual se redactó el informe geomorfológico, el mismo que fue complementado con fotografías que presentan las características geomorfológicas más sobresalientes del área de estudio; las fotos están indicadas por números, los mismos que van desde el 1 hasta el 29.

A través de la interpolación de datos granulométricos, con un programa de cartografía Surfer 8, se elaboró la Figura 3, que representa el mapa de distribución textural aproximada de los sedimentos superficiales de fondo; y por último, se redactó el informe sedimentológico del área de estudio.

Los porcentajes de los diferentes tamaños de grano y su textura, así como los principales parámetros estadísticos, cuya interpretación sirve de base en la redacción del estudio de los sedimentos, se obtuvieron de acuerdo al Sistema de Información Hidrográfico-Oceanográfica (SIHO), programa que fue elaborado por el Centro Ecuatoriano de Datos Marino Costero (CENDO).

Las coordenadas UTM de las estaciones de muestreo y su profundidad; el porcentaje de las fracciones: grava, arena, limo y arcilla, y su textura; así como los principales parámetros estadísticos, se presentan en las Tablas I, II y II, respectivamente.

Tabla I.- Coordenadas de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo del área de estudio, incluyendo su profundidad (Pedernales, abril, 2013)

PEDERNALES			
COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y SU PROFUNDIDAD			
ESTACIÓN	Y (NORTE)	X (ESTE)	PROFUNDIDAD (m)
1	600089.46	3315.08	4.92
2	597367.22	4372.90	9.80
2A	594487.02	5459.87	15.30
3	591858.16	6570.47	22.40
4	592475.15	8580.47	20.60
4A	595113.6	7363.35	14.7
5	597943.72	6350.09	9.10
6	600810.97	5249.30	4.30
7	602935.03	6412.81	3.10
8	600341.35	7457.72	7.90
8A	597686.79	8569.55	12.80
9	594771.34	9672.45	16.70
10	595610.28	11547.4	18.20
10A	598484.32	10436.8	13.10
11	601266.56	9303.21	7.20
12	603864.26	8298.23	3.50
13	604672.00	10129.9	4.05
14	601829.19	11181.6	8.20
14A	598945.18	12343.7	8.20
15	596074.54	13444.1	17.50
16	596937.26	15348.6	18.25
16A	599777.31	14244.5	13.70
17	601560.81	13050.1	7.90
18	605402.13	11974.5	7.90
19	606023.74	13820.3	5.30
20	603238.36	15010.4	8.70
20A	600334.61	16147.1	11.90
21	597647.26	17222.9	16.30

Tabla II.- Porcentajes de las diferentes fracciones que conforman los sedimentos, incluyendo su textura (Pedernales, abril, 2013)

PEDERNALES					
PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES QUE CONFORMAN LOS SEDIMENTOS, Y SU TEXTURA					
ESTACIÓN	GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACIÓN TEXTURAL
1	0.3258	17.0898	61.9547	20.6299	LIMO
2	0.4484	97,09	2,5	0	ARENA
2A	6.9224	77.4388	12.4406	3.1982	ARENA
3	2.8774	74.3045	18.0816	4.7366	ARENA
4	1.2283	70.0784	23.5059	5.1876	ARENA
4A	5.4904	85.5314	8.28	-	ARENA
5	0.2093	26.4839	69.1354	4.1716	LIMO- ARENOSO
6	-	5.7627	70.8451	23.3937	LIMO
7	-	97.79	2.21	-	ARENA
8	0.7687	36.5629	59.2592	3.4089	LIMO- ARENOSO
8A	0.2026	17.8711	78.5508	1.8412	LIMO
9	5.1920	93,48	1.34	-	ARENA
10	0.6101	94,22	5,78	-	ARENA
10A	1.0578	50.7459	46.3076	1.8888	ARENA LIMOSA
11	0.7716	36.1115	61.2522	0.9323	LIMO- ARENOSO
12	0.6167	75.7743	20.5871	3.0209	ARENA
13	0.0457	51.4504	31.9438	16.5603	ARENA - LIMOSA
14	3.6512	27.7248	66.4058	2.2185	LIMO - ARENOSO
14A	4.9931	73.9761	17.0911	3.3921	ARENA
15	5.1692	83.3874	10.1832	1.2605	ARENA
16	1.7147	91,99	6.4	-	ARENA
16A	1.1007	67.6705	8.7784	22.862	ARENA
17	0.4265	33.1065	63.5176	1.0000	LIMO-ARENOSO
18	-	63.3815	33.7961	2.627	ARENA - LIMOSA
19	-	60.6462	35.3801	3.9737	ARENA - LIMOSA
20	0.1675	25.0341	71.4064	3.3921	LIMO - ARENOSO
20A	6.0506	90.2432	3,6	-	ARENA
21	4.8295	86.8539	8.32	-	ARENA

Tabla III.- Principales parámetros estadísticos de los sedimentos superficiales de fondo (Pedernales, abril, 2013).

PEDERNALES (AÑO 2013)			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS			
ESTACIÓN	DIÁMETRO MEDIO (PHI)	GRADO DE CLASIFICACIÓN (Desviación Estándar) (PHI)	GRADO DE SIMETRÍA
1	5.06 (Limo grueso)	1.48 (mal clasificado)	-0.1197 (Asimétrico hacia los tamaños gruesos)
2	2.43 (Arena fina)	0.48 (Bien clasificada)	-0.4194 (Muy asimétrica hacia los tamaños gruesos)
2A	2.72 (Arena fina)	1.65 (Mal clasificada)	-0.0195 (Casi Asimétrica)
3	3.72 (Arena muy fina)	0.93 (Moderadamente clasificada)	0.4192 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
4	3.63 (Arena muy fina)	0.66 (Moderadamente bien clasificada)	3.5799 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
4A	2.74 (Arena fina)	1.44 (Mal clasificada)	-0.4322 (Muy asimétrica hacia los tamaños gruesos)
5	4.56 (Limo grueso)	1.06 (Mal clasificado)	-0.2389 (Asimétrico hacia los tamaños gruesos)
6	5.42 (Limo medio)	0.37 (Bien clasificado)	1.289 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
7	2.44 (Arena fina)	0.62 (Moderadamente bien clasificada)	0.4109 (muy asimétrica hacia los granos finos)
8	4.31 (Limo grueso)	0.94 (Moderadamente clasificado)	0.6411 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
8A	4.68 (Limo grueso)	1.82 (Mal clasificado)	0.1095 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
9	2.48 (Arena fina)	1.42 (Mal clasificada)	-0.2642 (Asimétrica hacia los tamaños grueso)
10	2.12 (Arena fina)	-0.05 (Muy bien clasificada)	1.2182 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
10A	4.09 (Limo grueso)	1.82 (Mal clasificado)	0.1095 (Muy asimétrico hacia los tamaños finos)
11	4.00 (Limo grueso)	1.03 (Mal clasificado)	0.5271 (Muy asimétrico hacia los tamaños finos)
12	3.60 (Arena muy fina)	0.23 (Muy bien clasificada)	0.7164 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
13	3.71 (Arena muy fina)	0.21 (Muy bien clasificada)	1.6383 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
14	3.72 (Arena muy fina)	1.38 (Mal clasificada)	0.2012 (Asimétrica hacia los tamaños finos)
14A	3.16 (Arena muy fina)	1.94 (Mal clasificada)	0.2603 (Asimétrica hacia los tamaños finos)
15	2.05 (Arena fina)	1.58 (Mal clasificada)	-0.4958 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
16	2.81 (Arena fina)	0.89 (Moderadamente clasificada)	0.3515 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)

16A	3.63 (Arena muy fina)	1.43 (Moderadamente bien clasificada)	0.2962 (Asimétrica hacia los tamaños finos)
17	3.77 (Arena muy fina)	0.51 (Moderadamente bien clasificada)	0.5150 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
18	3.89 (Arena muy fina)	1.07 (Mal clasificada)	0.6174 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
19	3.40 (Arena muy fina)	0.09 (Muy bien clasificada)	0.9521 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
20	4.00 (Limo grueso)	0.48 (Bien clasificado)	2.2393 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
20A	0.84 (Arena gruesa)	1.04 (Mal clasificada)	-0.1713 (Asimétrica hacia los tamaños gruesos)
21	2.53 (Arena fina)	1.31 (Mal clasificada)	-0.4226 (Muy asimétrica hacia los tamaños gruesos)

Geomorfología regional

En la parte norte de Pedernales se observan colinas bajas que llegan hasta la misma playa rectilínea; cerca de dicha población, las colinas son medianamente altas (mayores de 10 metros), y forman acantilados sub-verticales, en cuyas bases se forman pequeñas cuevas por la socavación del oleaje. Los depósitos coluviales, y que se ubican entre la playa y las colinas, son frecuentes. Coluviales son aquellos

materiales meteorizados y transportados por la acción de la gravedad (PMRC, 1988).

Las huellas de pequeños paleo-deslizamientos son abundantes. Las corrientes de resaca son notorias en la desembocadura del río Pedernales, en cuyas vecindades se observan cordones (barreras) litorales que limitan un ambiente lagunar (PMRC, 1988).

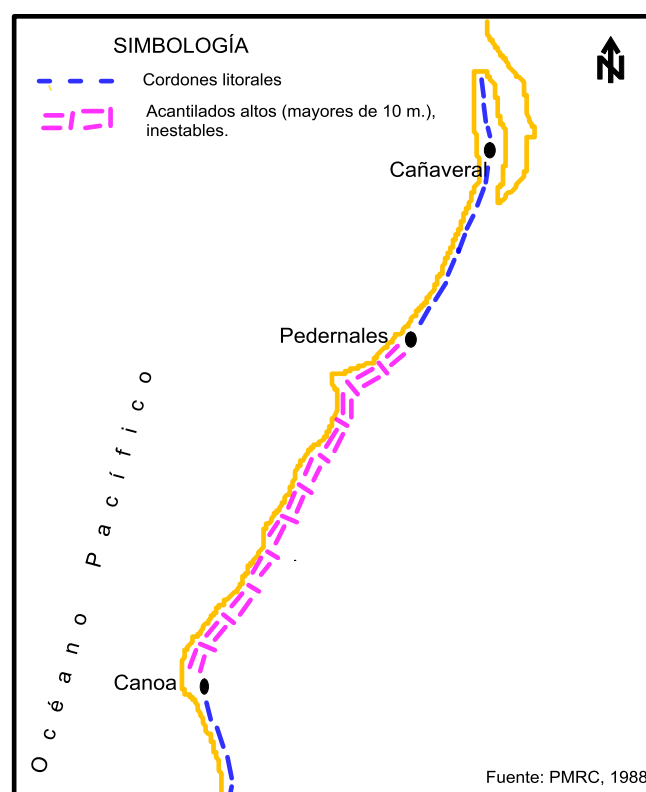


Figura 2.- Tipos de costa desde Cañaveral, pasando por Pedernales hasta Canoa.

En la parte sur de Pedernales en cambio, se observan acantilados de alturas variables, de bajo ángulo. Las colinas tierra adentro son bajas a medianas, de areniscas-arcillosas, limolitas y micro-conglomerados blandos. La inestabilidad de los acantilados es muy alta (PMRC, 1988).

Geología Regional

Según el Mapa Geológico Nacional del Ecuador, escala 1:1'000.000, publicado por el Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos en 1982, el área de estudio está constituida por varias unidades estratigráficas, conformadas por rocas sedimentarias de ambiente marino, de edad Terciaria; siendo las más antiguas las del Eoceno, con areniscas, lutitas, calizas y arcillas de las Formaciones: San Mateo, Punta Blanca y Zapallo. Las más jóvenes son las del Mioceno, con lutitas limolitas y conglomerados de la Formación Onzole del Grupo Daule.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

a) GEOMORFOLOGÍA DE LA LÍNEA DE COSTA DE PEDERNALES

Punto 1 (Inicio del reconocimiento geológico)

El reconocimiento geológico se inició en un sector de la playa, de la parte norte de Pedernales, (Coordenadas: 605610mN y 10256mE), siguiendo un rumbo aproximado norte-sur.

En este sector, el acantilado es bajo, de aproximadamente 6 metros de altura, cubierto de vegetación, por lo que no se aprecian las rocas que lo conforman; la playa es bien amplia, de aproximadamente 82 metros de ancho, conformada por arena de grano fino. En dicha playa resalta la presencia de un pequeño canal, con aproximadamente un metro de ancho y unos 20 centímetros de profundidad, que se inicia en el mar, y que se extiende por la playa, casi paralelo a la línea de costa, por varias decenas de metros, donde finaliza, ya que no ingresa tierra adentro, es decir, se localiza en la zona inter-mareal, tal como se ve en la Foto 1; este canal se forma durante el ascenso del nivel del mar por la marea de flujo.

Por la orientación que tiene este pequeño canal, se determina que la corriente litoral proviene del norte, y divide longitudinalmente a la playa en dos sectores con desniveles: playa superior y playa inferior; y por la morfología que presenta, se asemeja a una incipiente flecha litoral, es decir, a una pequeña barrera en la que uno de sus extremos está unido al continente, mientras que el otro extremo forma parte de la desembocadura.

También se observan rocas centimétricas en la orilla del pequeño canal, lo que permite presumir que el oleaje tiene una gran dinámica, capaz de arrastrar material grueso hacia la playa.

Foto No. 1.-
Pequeño canal de marea que,
dando la forma de una incipiente flecha litoral,
se ubica en la zona inter-mareal, en forma paralela
a la playa



Continuando con el reconocimiento geológico, en las coordenadas: 605994mN y 11392mE, el acantilado es bajo, de aproximadamente 6 metros de altura, sigue cubierto de vegetación. Aquí nuevamente se repite el rasgo geomorfológico señalado anteriormente, es decir, un pequeño canal con casi las mismas características señaladas en párrafos anteriores, con la diferencia de que aquí, durante el descenso del nivel del mar, por la marea de reflujo, el agua queda retenida en una angosta y alargada laguna, quedando al descubierto una playa muy irregular.

En la parte superior de la playa hay acumulación de arena gruesa (conchillas de diferentes tamaños, con rocas centimétricas, etc), lo cual se debe posiblemente a que en las mareas de sicigia (en los “aguajes”), se produce la agitación de las olas, las mismas que por su aumento de energía transportan material grueso desde el mar, y lo depositan en la playa; pero una vez que cesa la agitación, dicho material es transportado, tal vez no en un cien por ciento, nuevamente hacia el mar. Cabe señalar que las mareas de sicigia se producen aproximadamente cada 15 días, cuando la posición de los astros (sol, luna y tierra), forman una línea recta, lo que aumenta la atracción gravitacional entre éstos (INOCAR, 1997).

También se observan los llamados “ripple mark”, que son pequeñas ondulitas o estructuras sedimentarias no consolidadas, que indican el grado de agitación de las olas del mar sobre la arena, y se forman por las corrientes oscilantes; cuando el oleaje hace que los granos sean transportados pendiente arriba de la ondulita, pasan su cresta, y se deslizan por la pendiente opuesta; casi inmediatamente el proceso se invierte y los granos son transportados en la dirección opuesta, es decir, hacia atrás, y re-depositados del otro lado; como este proceso se repite, paulatinamente se va formando la ondulita, por el ir y venir de las olas (INOCAR, 2009).

En el punto de coordenadas: 606086mN y 11638mE, continúa observándose una playa bien amplia. Aquí se hizo la primera calicata de unos 35 centímetros de profundidad, en la que se recolectaron 2 muestras: la primera, una arena fina, en una capa de 10 centímetros de espesor; y la segunda, una arena gruesa, en una capa de 20 centímetros (Foto 2). Una vez que se recolectaron las muestras, el hueco fue enterrado. Cabe indicar que las calicatas son perforaciones manuales de poca profundidad, que permiten una observación directa de las diferentes capas del terreno, en este caso de la playa, y determinar su granulometría, mediante la extracción de muestras de las mismas, así como realizar ensayos “in situ” (García, 2008).



Foto 2.- Primera calicata que se hizo en la playa

También en este sector se aprecia una escollera, conocida también como muro de contención o enrocado, conformado por rocas grandes (Foto 3), colocadas en el fondo del mar, hasta levantar una especie muro o rompeolas, acomodadas al pie del talud, y cuya función es proteger del oleaje, la carretera costanera que corre paralela a la playa; tiene unos 6 metros de altura por unos 150 metros de largo. La finalidad de una escollera es aumentar la defensa de la orilla, así como proteger las instalaciones ubicadas en la parte alta, contra la erosión de las olas; su construcción exige mucha habilidad y experiencia, de allí que debe ser llevada a cabo por técnicos especializados en este campo, de lo contrario, la estructura no cumplirá su objetivo,

y será destruida paulatinamente (Naciones Unidas, 1983).

Cabe señalar que la arena está acrecionando el nivel de la parte superior de la playa, lo que a su vez está originando un lento enterramiento de las rocas ubicadas al pie de la escollera, por lo que, de seguirse acumulando la arena, ésta podría servir de plataforma para que las olas, ante un fuerte aguaje, se deslicen hasta la base de la capa asfáltica de dicha carretera, lo que podría traer como consecuencia una posible socavación de la misma. Cabe indicar que “acreción” es el aumento, en volumen, de un cuerpo, por adición de materia exterior; en este caso, la arena que se acumula en la parte superior de la playa (INOCAR, 1998).



Foto 3.- Muro de contención construido para proteger la carretera del choque de las olas

Hacia el otro lado de la carretera, y colindando con ésta, hay unas piscinas camaroneras, cuyos propietarios, para la protección de éstas, han aprovechado las depresiones topográficas, así como los cordones litorales estabilizados (PMRC, 1988).

Un poco más adelante, en la parte superior de la playa se aprecian manchas de material grueso, es decir, rocas centimétricas, conchilla, etc., así como vestigios de arena ferrotitanífera, también conocida como arena “negra”. Esta arena,

al igual que la arena común, la grava y la conchilla, llamados también áridos, cuando se presentan en cantidades importantes, constituyen una fuente importante como materia prima en la industria de la construcción; es por esto que en varios sectores de la costa ecuatoriana, estos materiales son explotados artesanalmente, con o sin la respectiva autorización del ministerio correspondiente (INOCAR, 2006). Cabe señalar que estas excavaciones artesanales ilícitas, incrementan los niveles de erosión o socavamiento en la plataforma litoral.

En este sector también se aprecia un canal de concreto para el drenaje de agua de lluvia; éste atraviesa la carretera y desemboca en la playa; actualmente está seco, pero su desembocadura está parcialmente taponada por arena y palizada, las cuales han sido transportadas y depositadas allí por las olas, durante la marea de flujo; una vez que llueva, la fuerza de la corriente proveniente del continente despejará todo el material acumulado allí, y las aguas drenarán normalmente hacia el mar.

También hay que señalar que a lo largo de la playa se continúa observando los pequeños canales de marea, siempre con una orientación norte.

En el punto de coordenadas: 605994mN y 11340mE, se sigue apreciando el acantilado bajo, y cubierto de vegetación, aunque ya se nota una leve socavación de su base.

Además, se observan claramente los desniveles que presenta la playa, originados por los pequeños canales de marea antes señalados, lo que la transforma en un sector muy irregular (Foto 4). También se hace más notoria la presencia de material grueso en la parte superior de la playa, lo que pone a ese sector en un nivel más alto con relación a la parte inferior, que está cubierta de arena de grano fino.



4.- Playa muy irregular, con presencia de material grueso

Cabe señalar que las playas ecuatorianas están sometidas a ciclos de erosión marina y acreción sedimentaria, en los cuales éstas pierden un volumen considerable de arena en una determinada época, y la recobran en otra (INOCAR, 1996); es por lo tanto normal la presencia de material grueso en estas playas, en determinada época del año, cuando los agentes hidrodinámicos (corrientes, olas, mareas) se presentan con alta energía (INOCAR, 2006).

En este sector se hizo la segunda calicata de aproximadamente 80 centímetros de profundidad; aquí se recolectaron 3 muestras: la

primera, arena gruesa, en una capa de 15 centímetros de espesor; la segunda, arena fina, en una capa de 25 centímetros; y la tercera, arena gruesa, en una capa de 40 centímetros.

Un poco más adelante, en las coordenadas: 605901mN y 11091mE, aproximadamente en el centro de la playa hay un afloramiento de roca limolítica, de color amarillento (Foto 5), que ha estado cubierto por arena, pero debido a la socavación producida por el ya mencionado pequeño canal de marea, la arena fue lavada y transportada a otro sector, dejándola al descubierto.



Foto 5.- Plataforma de abrasión cubierta parcialmente de arena

Este afloramiento rocoso es lo que se denomina plataforma de abrasión, plataforma rocosa o plataforma de erosión, el mismo que se constituye en una prueba evidente del retroceso de los acantilados, y por ende, del avance del mar hacia el continente, ya que, en épocas pasadas, hasta allí se extendían; pero como el fuerte oleaje, y otros agentes de meteorización, lo erosionaran en forma lenta pero continua por un tiempo prolongado, geológicamente hablando, actualmente ha quedado al nivel de la superficie de la playa, eso sí, presentando pequeñas irregularidades, es decir, desniveles del terreno (INOCAR, 2012). Cabe señalar que esta plataforma de abrasión, con la marea de flujo, queda cubierta por el agua de mar.

Aquí en este sector, el acantilado tiene una altura de 3 metros, y su cima está cubierta de vegetación; su base, cubierta de limolita, continúa siendo socavada por el oleaje, siendo la evidencia de esto, un escarpe de aproximadamente 1.50 metros de altura; también se aprecia un pequeño lente de arena de un metro de largo por 30 centímetros de espesor; hay material caído al pie del mismo; también se observa vestigio de arena “negra”. También hay, en forma diseminada, rocas decimétricas a centimétricas, las mismas que forman parte del paisaje playero.

En el punto de coordenadas: 605777mN y 10655mE, la playa continúa siendo amplia, baja, pero con desniveles, conformada por arena de grano fino; se siguen apreciando los pequeños canales de marea; también se observan montículos de material grueso (rocas pequeñas, redondeadas, incluyendo conchillas), de aproximadamente 50 metros de largo por 25 metros de ancho, material que posiblemente se acumula durante los ya mencionados aguajes, época en la que hay una mayor agitación de las olas, y en la que parte de la arena que se ha acumulado en el mar, es transportada hacia la playa. Cabe señalar sin embargo, que normalmente sucede lo contrario, es decir, en presencia de agitación marina, las olas acarrean material de la playa hacia el mar, y una vez que pasa dicha agitación, las mismas olas la arrastran hacia la playa (INOCAR, 2000).

En cuanto al acantilado, éste presenta una altura de 5 metros, y un poco más adelante, de 8 metros; la erosión en su base se acentúa, ya que la altura del escarpe socavado alcanza los 4 metros (Foto 6); observándose además, pequeños lentes de arena, ya señalados anteriormente, con 50 centímetros de espesor, e intercalados con lentes de limo de un centímetro de espesor. Este aumento de la altura del escarpe hace presumir que en este sector, la corriente

litoral, complementada por el fuerte oleaje, el que a su vez está influenciado por el viento, está acelerando el proceso erosivo, con el consiguiente retroceso del acantilado, y por ende, el avance del mar hacia el continente. Se debe señalar que las corrientes litorales son las que originan el transporte de arena a lo largo de

la línea de costa; estas corrientes se producen cuando las olas rompen oblicuamente con respecto a la línea costera; por lo general, están limitadas a la zona de resaca y ocupan el primer lugar entre las corrientes que mueven sedimentos de la playa (INOCAR, 2007).



Foto 6.-
Tipo de deslizamiento, caída de
roca y volcamiento

En el punto de coordenadas 605456mN y 9826mE, en la parte superior de la playa hay evidencia de la intervención del hombre en el amontonamiento de arena en una forma de semi-luna (Foto 7), la misma que luego es transportada en vehículo, posiblemente para

utilizarla en construcciones de obras civiles; no se aprecian las excavaciones, pero es posible que las olas se hayan encargado de nivelar la playa, aunque no del todo; el área de extracción es de unos 150 metros a lo largo de la playa.



Foto 7.-
Extracción de arena por método
artesanal, es amontonada para
luego ser transportada

Es conveniente señalar que una extracción anti-técnica e indiscriminada de arena, y en el lugar no apropiado, como en el presente caso, si bien es beneficiosa para la población, ésta, interfiere en los procesos costeros naturales. Al hacer excavaciones en la playa para extraer arena, se altera el equilibrio natural que hay entre el material depositado por las olas, cuando rompe, y el material que es arrastrado hacia el mar, cuando se retira; todo lo cual, sumado al constante golpear del oleaje, puede iniciar un proceso erosivo, sin que se pueda predecir el alcance de sus efectos.

Esta extracción produce cambios que afectan la tasa de suministro, o de pérdida del transporte litoral, y genera modificaciones en la línea costera, las mismas que perduran hasta cuando alcanza una nueva configuración estable; lamentablemente, estos cambios no se observan

de inmediato, por lo que siempre tomará algún tiempo, a veces, un poco más prolongado, que la misma naturaleza se encargue de demostrar, que los cambios hechos por el hombre, producen impactos negativos en la línea de costa (INOCAR, 2009).

Punto 2 (Inicio de la zona poblada de Pedernales)

En este sector, cuyas coordenadas son: 605375mN y 9580mE, la playa es bien amplia ya que tiene unos 186 metros; hay una angosta duna donde están asentadas las viviendas (Foto 8), las mismas que se extienden hacia la parte de atrás, a lo largo y ancho de una pequeña colina. Un poco más adelante, también están ubicados “en primera fila” de la playa, los bares y restaurantes para atención de los turistas.

Foto 8.-
Bares y restaurantes
asentados “
en primera fila”
de la playa



Se debe mencionar que una duna es un depósito de arena, que se forma por acción de fuertes vientos desde la línea de playa hacia atrás, y se extiende paralela a ésta; puede o no tener vegetación; esta última le da estabilidad, es decir, evita que el viento traslade la arena a otros sitios; para que se forme una duna, los vientos deben ser fuertes y tender a soplar en una sola dirección (INOCAR, 2009).

Además, la mejor protección contra la erosión de una zona costera es la preservación de una amplia franja de playa, que esté protegida por una duna frontal que reciba las olas de tormenta. Con la duna respaldando la playa, habría suficiente arena para alimentar la barra que se forma aguas adentro durante las tormentas, la misma que luego, en la época de calma, nuevamente es depositada en la playa, por las olas. Los desarrollos turísticos (hoteles,

restaurantes, centros comerciales, etc.) deben ser construidos atrás de la zona de dunas, en primer lugar, para que no la destruyan (la duna), y en segundo lugar, para que no resulten afectadas estas inversiones en caso de un fuerte oleaje (INOCAR, 2009).

Por lo tanto, es importante que se tome conciencia de que, si bien es cierto que edificaciones con “vista al mar”, y “en primera fila”, resultan económicamente más rentables, especialmente para un negocio, también es cierto que a corto o largo plazo, esto resultará perjudicial por la acción erosiva de los agentes naturales, principalmente el oleaje (INOCAR, 2009).

También en este sector se aprecia que la carretera costanera nuevamente pasa cerca de la playa; hay un canal para la desembocadura de agua de lluvia, que está parcialmente cubierto por arena y basura.

En el punto de coordenadas: 604881mN y 8106mE, se extiende un pequeño enrocado de unos dos metros de alto, construido para reforzar la parte inferior del bajo acantilado sobre el que cruza la carretera; la base de dicho

enrocado está siendo cubierto por arena, por lo que se deduce que este sector está sometido a un proceso de deposición, es decir, acumulación de arena por el empuje de las olas y de la corriente litoral. Además se observa que la duna antes mencionada, se prolonga hasta más allá del área donde están ubicadas las cabañas para atención de los turistas, presentando una anchura de unos 20 metros.

En el punto de coordenadas: 604572mN y 7372mE, la playa es baja, conformada por arena de grano medio; tiene unos 50 metros de ancho; aquí se observan esporádicas acumulaciones de pequeñas rocas de hasta 3 centímetros de diámetro; en su parte superior hay vestigios de arena ferrotitanífera (arena negra).

Aproximadamente a unos 200 metros del punto anterior, desemboca el estero Tachina (Foto 9), el mismo que tiene influencia de las mareas, ya que durante el flujo, el agua de mar ingresa tierra adentro hasta cierta distancia, y sale durante el reflujo; el estero se lo puede cruzar caminando; tiene una anchura aproximada de 6 metros; las orillas se presentan socavadas por el agua, y cuya evidencia es un escarpe de un metro de altura.



Foto 9.- Desembocadura del Estero Tachina

El estero Tachina, así como la mayoría de los esteros que desembocan en la línea costera ecuatoriana, se lo puede catalogar como intermitente, es decir, normalmente por éste no desemboca agua de lluvia, sino el agua de mar que ingresa y sale con la marea; pero en la época invernal, cuando las lluvias son torrenciales, especialmente si está presente un evento “El Niño”, éste erosiona y transporta grandes flujos de agua, arrastrando consigo muchos sedimentos en suspensión y de fondo, afectando muchas veces viviendas, carreteras, puentes, etc. (INOCAR, 2008).

En este mismo sector se efectuó la tercera calicata de unos 50 centímetros de profundidad; se recolectaron 2 muestras: la primera, arena fina, en una capa de 10 centímetros de espesor;

y la segunda, arena gruesa, en una capa de 40 centímetros.

En el sector izquierdo del estero, tomando como referencia a una persona mirando hacia el mar, hay un enrocado de 1.70 metros de altura, y unos 200 metros de largo (Foto 10), para el reforzamiento de la línea de costa, y por ende, la protección de las viviendas construidas en dicho margen; el enrocado paulatinamente va siendo cubierto por la arena, por lo que poco a poco va perdiendo su efectividad, debido a que va disminuyendo su altura, y en caso de producirse un fuerte oleaje, éstas podrían traspasar el enrocado, poniendo en riesgo la estabilidad de las viviendas. Aquí también se observa una duna de unos 30 metros de ancho, la misma que se prolonga por algunas decenas de metros a lo largo de la playa.

Foto 10.-
Muro de protección que va
perdiendo su efectividad
porque está siendo cubierto
por arena



Un poco más adelante, en el punto de coordenadas: 604417mN y 7001mE, se observa que para la construcción de viviendas, los pobladores han cortado la base del acantilado en el carretero, en unos 6 metros de ancho, dejándolo vertical, y el material extraído ha sido colocado encima del enrocado (Foto 11). Se debe indicar que muchos procesos antrópicos, es decir, donde interviene el hombre, como en el presente caso, conllevan riesgos, ya que por ejemplo al saturarse la cima con el agua de lluvia, éste se infiltra, saturando los

estratos, o también debido a movimientos sísmicos, el material que conforma el acantilado, que de paso, es limolita, roca sedimentaria de fácil erosión, podría de repente, por gravedad, deslizarse por la ladera vertical, trayendo consigo alguna consecuencia para sus habitantes. Lo relativamente ventajoso en este caso es que el acantilado es bajo, ya que tiene unos 8 metros de altura; además, la cima está cubierta de vegetación, lo que de alguna manera disminuye la infiltración del agua.



Foto 11.-
Corte del acantilado
para ampliar la
superficie del
terreno, y construir
viviendas

A unos 80 metros del punto anterior aflora sólo la base de un pequeño acantilado, conformada por limolita, de color amarillento, de 1.30 metros de altura; hacia arriba no se aprecian los estratos por cuanto está cubierto por el enrocado y por vegetación.

Un poco más adelante, a unos 150 metros del punto con las últimas coordenadas indicadas, la duna está siendo erosionada por el oleaje, ya que presenta un escarpe socavado de 60 centí-

metros (Foto 12); cabe señalar sin embargo, que el nivel del agua de mar no llega hasta donde se está produciendo la erosión, por lo que se puede deducir que la erosión se produce posiblemente durante las mareas de sicigia, es decir, cuando hay la mayor elevación del nivel del mar; también actúa la corriente litoral, así como el viento, que es más fuerte en este sector, por lo que el golpeteo de las olas es mayor.



Foto 12.-
Escarpe de erosión en
una duna

En el punto de coordenadas: 604324mN y 6724mE, también se aprecia evidencia de la extracción de arena, ya que aquí si hay huecos en la parte superior de la playa, así como

huellas de los vehículos que sirven para amontonarla y luego transportarla. Además, la erosión de la duna antes citada, continúa, y se extiende por unos 250 metros aproximadamente.

En el sector de coordenadas: 604324mN y 6725mE, continúa apreciándose que la playa es baja, con unos 70 metros de ancho, cubierta de arena de grano fino; hay vestigio de arena “negra” en la parte superior de la playa; el bajo acantilado está cubierto de vegetación, por lo que no se aprecian las rocas que lo conforman. La duna, con unos 30 metros de ancho, se extiende por unos 400 metros de largo; aquí, la erosión en ésta, es más acentuada, ya que presenta un escarpe de 0.70 a 1 metro de altura; hacia atrás, está cubierta de vegetación, lo que indica que dicha duna estuvo estabilizada por un tiempo no determinado, es decir, hasta allí no llegaban las olas, lo que permitió el crecimiento de hierba; pero ahora, posiblemente cada cierto tiempo esté sometida a la erosión; esto último se deduce porque cuando

se hizo este reconocimiento geológico, la marca del agua de mar en pleamar, quedó evidenciada en la parte superior de la playa, distante varios metros del escarpe erosionado antes mencionado, lo que significa que al menos en esos días, el agua no estaba llegando hasta este último sector.

En el punto de coordenadas: 604170mN y 6448mE, continúa la extracción de arena, ya que se aprecian huecos de 60 centímetros de profundidad, por 4 metros de largo y 3 metros de ancho (Foto 13); están ubicados en la parte superior de la playa, pero no en la duna, ya que ésta está un poco más atrás, y está cubierta de vegetación, aunque, como ya se indicó, continúa siendo erosionada.



Foto 13.- Excavaciones hechas por el hombre para extraer arena.

A unos 250 metros del punto anterior se aprecia un canal (Foto 14), por donde ingresa agua de mar en la marea de flujo, y llega hasta una piscina camaronera; tiene en su desembocadura unos 20 centímetros de profundidad, y 1.50 metros de ancho; a medida que ingresa hacia tierra va ensanchándose, y a unos 80 metros de la orilla, el estero alcanza unos 30 metros de ancho, sitio en el cual están ubicadas las tuberías que sirven para proveer de agua a la piscina camaronera.

Con marea llena todo este sector es cubierto por el agua de mar.

En la orilla derecha del estero aflora la limolita de color amarillento, con 1.20 metro de altura; mientras que desde su orilla izquierda, la duna sigue haciéndose presente, siempre cubierta de vegetación y con su escarpe erosionado.



Foto 14.- Canal de marea por donde ingresa agua de mar

Un poco más adelante, en las coordenadas: 603771mN y 5723,763mE, la playa, bien amplia, sigue conformada por arena de grano fino. Sobre la duna se aprecian palmeras, las mismas que bordean un pequeño sector de la playa. Cabe señalar que las raíces de estas palmeras juegan un papel importante ante un proceso erosivo, ya que como están entrelazadas en la arena, hacen que estos granos permanezcan adheridos unos a otros, lo que contribuye a disminuir significativamente el socavamiento; pero también se debe indicar que si es fuerte y prolongado el oleaje, la arena es erosionada y transportada hacia el mar, lo que trae como consecuencia la caída de la planta. De allí que es recomendable sembrar este tipo de planta en las dunas, especialmente en la línea de playa, para que en caso de un fuerte aguaje, sean estas palmeras, y por ende sus raíces, las primeras que hagan frente al fuerte oleaje.

En este sector, la parte superior de la playa presenta un mayor declive, ya que tiene una inclinación de 9° , debido a la acumulación de arena.

Algo que resalta en esta área es la presencia de maquinaria pesada, con la que están extrayendo arena de la parte superior de la playa (Foto 15); según la versión de uno de los que allí estaban trabajando, el objetivo era abrir un canal que atravesase la duna, y que facilite el ingreso de agua de mar, durante la marea de flujo, hacia una piscina camaronera ubicada a unos 30 metros de la playa. Se debe indicar que al abrir un canal, a través de la barrera natural hecha por el oleaje, hay la posibilidad de que, ante un aguaje, el agua de mar ingrese con fuerza hacia el interior, causando problemas de socavamiento en las bases o muros de contención de la piscina camaronera, con el consiguiente perjuicio económico para su propietario. En opinión del autor de este informe, y tomando como base las muchas evidencias de extracción de arena que se han observado en todo el recorrido del reconocimiento geológico, esta extracción no tenía dicha finalidad, sino amontonarla y transportarla para ser utilizada posiblemente en la construcción de obras civiles.



Foto 15.- Maquinaria pesada con la que extraen arena de la playa

A unos 80 metros del último sitio de extracción de arena, se inicia la población La Chorrera, puerto pesquero ubicado hacia la izquierda de Pedernales. Aquí se aprecia un muro de contención, de aproximadamente 1.50 a 2 metros de altura, conformado por rocas grandes (Foto 16); se extiende a lo largo de la playa, bordeando la población; dicho muro fue construido en el 2007. Además, se observa que las olas están depositando arena en la base del enrocado, así como también entre los orificios que quedan entre una y otra roca, lo que está disminuyendo

su eficacia en el reforzamiento de la línea de costa, y por ende, de la zona poblada, ya que está perdiendo altura. Esta acumulación de arena permite deducir que este sector está siendo afectado por un proceso de deposición y, tal como ya se indicó en párrafos anteriores, el enrocado, ante un aguaje, podría actuar como una rampa, donde las fuertes olas se deslicen hasta el otro lado de la angosta calle que corre paralela a la playa, y luego choquen contra las viviendas, afectándolas considerablemente.



Foto 16.- Por la acumulación de arena, el enrocado podría estar actuando como una rampa

Cabe señalar que la saliente rocosa denominada Punta Pedernales, protege de las fuertes olas al puerto pesquero La Chorrera, ya que al chocar contra dicho cuerpo rocoso, éstas disminuyen su fuerza, volviéndose el área más calmado, lo

que hace que muchas veces, cuando no pueden embarcarse los pasajeros en Pedernales, se trasladan a la población La Chorrera donde, con menos dificultad, sí lo pueden hacer.

Sin embargo, según los moradores de esta última población, hay ciertas épocas en que el oleaje se presenta extremadamente fuerte, que ha erosionado la playa, de allí que fue necesario construir el antes mencionado enrocado.

Punto 3 (Desembocadura del Estero la Chorrera)

El Estero La Chorrera (Foto 17), está ubicado en el sector de coordenadas: 602933mN y 5220mE; queda hacia el lado izquierdo de la

población del mismo nombre, y presenta una anchura aproximada de 12 metros en su desembocadura; el agua de mar entra y sale de acuerdo a la marea; el estero es estrecho, lo que hace que la corriente aumente su velocidad, y al hacerlo, socava la orilla derecha, dejando un escarpe de erosión de aproximadamente 80 centímetros; además, se divide en dos ramales: el uno, que es el más ancho, y que sale hacia el mar; y el otro, más angosto, que corre paralelo al enrocado, varias decenas de metros, dirigiéndose hacia la población, donde termina.



Foto 17.- Desembocadura del Estero La Chorrera

Un poco más adelante, en el punto de coordenadas: 602748mN y 5189mE, se aprecia un acantilado de aproximadamente 7 metros de altura (Foto 18), conformado por una lutita amarillenta, bien meteorizada; por la morfología que presenta dicho acantilado, es decir,

casi vertical, se deduce que anteriormente ha sido erosionado, pero que actualmente, por la vegetación que cubre parcialmente su base, se presume que hace algún tiempo no llegan las olas hasta ese sector.



**Foto 18.-
Acantilado cubierto
parcialmente
de vegetación**

A unos 100 metros del punto anterior aflora una plataforma de abrasión (Foto 19), en una playa relativamente baja, cubierta parcialmente de arena de grano fino; dicha plataforma se inicia al pie del acantilado, y se extiende varias decenas de metros mar afuera, con una longitud

aproximada de 100 metros; la roca que aflora es la misma que aparece en el acantilado, es decir, lutita amarillenta, la misma que tiene un rumbo N20°E y un buzamiento de 16°SO. Como ya se indicó, esta plataforma de abrasión es la evidencia del retroceso del acantilado.



19.- La plataforma de abrasión es cubierta poco a poco por el agua

Por ese mismo sector, en la parte superior de la playa, y al pie del acantilado, se aprecia una acumulación de rocas decimétricas (Foto 20), de unos 4 metros de ancho, que se extiende paralelo a la playa por varias decenas de metros; muchas de estas rocas están parcialmente enterradas por la arena; posiblemente provienen de la socavación de las rocas cercanas a Punta Pedernales; son semi-redondeadas, lo que permite suponer que continuamente han sido movilizadas por las olas, hasta ser depo-

sitadas en el sitio donde actualmente se encuentran.

En cuanto al acantilado, su altura va aumentando en forma paulatina, y su ladera, está cubierta de vegetación; aunque un poco más adelante, a sus pies, hay rocas de diferentes tamaños, hasta de 1.20 metros de diámetro, que han caído por gravedad desde la parte alta.



**Foto 20.-
Acumulación
de rocas al pie
del acantilado**

Como parte de la plataforma de abrasión, a unos 200 metros de la acumulación de las rocas decimétricas antes señaladas, resalta la presencia de un pequeño farallón, es decir, un promontorio rocoso conformado por lutita (Foto 21), de aproximadamente 6 metros de altura, el mismo que debido a la erosión, ha sido separado del acantilado principal, y ha



Foto 21.-
Bloque en medio de la
playa, y que es la
evidencia del retroceso
de los acantilados por
la erosión de las olas

En el punto de coordenadas: 602439mN y 5189mE, se aprecia una playa de bolsillo, es decir, una pequeña playa formada por la acumulación de arena al pie del acantilado; tiene 60 metros de largo por 50 metros de ancho, conformada por arena de grano fino.

Aquí se hizo la cuarta calicata de aproximadamente 83 centímetros de profundidad, donde se recolectaron 4 muestras: la primera, arena fina, en una capa de 3 centímetros de espesor; la segunda, arena gruesa, en una capa de 10 centímetros; la tercera, arena fina nuevamente, en una capa de 30 centímetros; y la cuarta, arena gruesa otra vez, en una capa de 40 centímetros.

Un poco más adelante, la plataforma de abrasión continúa, aunque con sectores parcialmente cubiertos de arena. En el acantilado, vertical, de unos 10 metros de altura, conformado por lutita de color amarillento, resalta la presencia de varias cuevas (Foto 22), las

quedado en medio de la playa, convirtiéndose en una prueba evidente de cómo se produce el retroceso de los acantilados en general; sin embargo, a mediano plazo, poco a poco los agentes de meteorización, entre los cuales están: las olas, el sol, la lluvia, el viento, irán disminuyendo su tamaño hasta que desaparezca.

mismas que se han formado cuando las olas en pleamar, lanzan fragmentos de roca, contra la parte baja del acantilado, y provocan pequeñas grietas, las mismas que con el transcurso del tiempo se van agrandando, hasta provocar que pequeños fragmentos empiecen a caer; la erosión eólica también hace su papel, actuando en la parte alta del acantilado, arrancando pequeños fragmentos de roca; por último, también interviene directamente la gravedad, especialmente cuando la ladera tiene una fuerte pendiente (INOCAR, 2009). Este choque continuo de las olas sobre la base del acantilado, hace que el agua cubra dicha base, a la vez que encierra aire dentro de las pequeñas grietas que se van formando; pero el aire, al no tener espacio suficiente, explota hacia adentro, es decir, hacia la roca, agrietándola más, con lo cual paulatinamente la va socavando; estas cuevas son la evidencia del alto grado de socavamiento que generan las olas en este sector (INOCAR, 2001).

Foto 22.-
Una de las cuevas
formadas por la
socavación de las olas



En el punto de coordenadas: 602160mN y 5159mE, la altura del acantilado es de unos 12 metros, vertical, teniendo en la base un conglomerado de 4 metros de espesor; con clastos de hasta 40 centímetros de diámetro, así como pequeñas intercalaciones de arena gruesa; supra-yaciendo al conglomerado hay una capa de lutita amarillenta, bien meteorizada, de aproximadamente 8 metros de espesor.

Un poco más adelante se observa también un pequeño paleo-deslizamiento (Foto 23), es decir, un deslizamiento de la parte superior del acantilado, el mismo que ha ocurrido en una época no determinada, provocado por la inesta-

bilidad del talud, debido entre otras causas a su verticalidad, así como también al conglomerado de la base, que tiene poca consistencia, por lo que es fácilmente erosionado por el agua de mar, al chocar las olas, dando como resultado el agrietamiento, desprendimiento y deslizamiento de un gran sector de la parte superior del acantilado, junto con la vegetación existente. La evidencia de este proceso natural es la presencia de dos áreas bien definidas, ubicadas a diferente altitud; la una, que es la parte superior, fija; y la otra, la parte inferior, que es la que se ha deslizado, y cuya cima está cubierta de vegetación, separadas las dos, por un escarpe casi vertical y sin vegetación.



Foto 23.- Deslizamiento de la parte superior del acantilado

Prosiguiendo con el reconocimiento geológico, en el sector de coordenadas: 602037mN y 5220mE, el acantilado mantiene su altura, es decir, de unos 12 metros, está bien meteorizado, fracturado; aquí también continúan apareciendo las cuevas, pero de menor dimensión, si se comparan con las cuevas señaladas en párrafos anteriores.

Aquí resalta la acreción que ha sufrido la parte superior de la playa de este sector (Foto 24), lo que ha hecho que se presente un poco más alto, con respecto a la parte inferior, por lo que tiene una inclinación de 5 grados. La arena, conjuntamente con basura y restos de árboles, que han sido depositados por las olas en esta parte de la playa, ha cubierto casi totalmente la plataforma de abrasión.



Foto 24.- Se aprecia la acreción de la parte superior de la playa

En este sector se observa además un escarpe de erosión de unos 30 centímetros de alto, de una pequeña duna que está conformada por capas milimétricas de arena ferrotitanífera, intercaladas con capas también milimétricas de arena común, es decir, aquella arena gris que se encuentra en las playas; pero como predomina la primera, el depósito de arena presenta una coloración negruzca. Posiblemente la erosión de la duna tuvo lugar antes del crecimiento de la parte superior de la playa, pero quedó allí como evidencia del socavamiento que producen las olas en la línea de costa.

En el punto de coordenadas: 601635mN y 5466mE, está ubicada Punta Pedernales (Foto 25), la mayor saliente rocosa del área de estudio; está conformada por un acantilado de unos 12 metros de altura, vertical a los lados, bien meteorizado, fracturado; se aprecia en la base, un estrato de limolita, de color amarillento, de unos 8 metros de espesor, el mismo que se presenta fracturado; subyaciendo a la anterior, está una capa de unos 4 metros de espesor, de lutita, de color amarillo-pardo, con esporádicas inclusiones de material grueso; sobre esta última subyace una capa de limolita, también de color amarillento, de unos 2 metros de espesor.



Foto 25.- Acantilado fracturado, que forma parte de Punta Pedernales

Cabe señalar que un acantilado va alcanzando su verticalidad, a medida que su base va siendo socavada por el oleaje y por la corriente litoral; el material socavado es transportado hacia mar adentro; al no tener el soporte de la base, el material de la parte superior, por gravedad, se desliza hacia abajo, cayendo a sus pies, e interviniendo nuevamente las olas y la corriente litoral, para el acarreo del material caído; la repetición en forma continua, de todo este proceso, es lo que hace que el acantilado retroceda, o lo que es lo mismo, el mar avance hacia tierra.

Sin embargo, en este sector se aprecia que la parte superior de la playa está en una etapa de acreción, lo que hace que parte de las rocas de la plataforma de abrasión que afloran en este sector, queden cubiertas; en cambio en la parte inferior, frente a la punta, afloran rocas pequeñas y grandes de dicha plataforma, evidenciando el retroceso del acantilado.

A medida que avanza el recorrido del reconocimiento geológico, la altura del acantilado alcanza unos 20 metros; hay una playa de unos 57 metros de ancho, conformada por arena de grano fino; siguen observándose pequeñas manchas de rocas de la plataforma de abrasión, ya que el resto está cubierto por la arena.

Pasando Punta Pedernales, en el punto de coordenadas: 601419mN y 5220mE, la playa es baja, amplia, conformada por arena de grano fino; en su parte superior hay vestigio de arena “negra”, así como también restos de árboles amontonados por el oleaje.

El acantilado continúa vertical, bien meteorizado, fracturado, con una altura aproximada de 15 metros; a sus pies se han acumulado los llamados conos de derrubios (Foto 26), es decir, material más fino, suelto, que se acumula en la base del acantilado, como producto de la erosión eólica; y toma la forma de un cono boca abajo, debido a que, como el agente que desencadena la caída de los clastos es la gravedad, los granos gruesos se sitúan en la parte ancha del cono, mientras que la fina, en orden decreciente se ubica hacia el ápice (punta) del cono; posteriormente con la subida del nivel del mar, en la marea de flujo, el material es transportado por las olas y corrientes, hacia mar adentro, distribuyéndolo a lo largo de la zona costera. Cabe señalar que la erosión eólica es el desgaste que puede ocasionar el viento, a las rocas, o bien a la remoción del suelo (INOCAR, 2012).



Foto 26.-
Conos de derrubios, es decir,
material suelto acumulado al
pie del acantilado

Un poco más adelante, desaparece el acantilado, y en cambio aparece una duna de unos 300 metros de largo, por 10 metros de ancho, la misma que está cubierta, aparte de la arena, por restos de árboles; éstos últimos, utilizados por los pobladores como leña para hacer fuego; hay sectores de la duna que están siendo socavados, evidenciado por un escarpe de erosión, vertical, de 1.50 metros de altura, ubicado al pie del acantilado. A continuación reaparece el acantilado, sub-vertical, de limolita amarillenta, con una altura aproximada de 12 metros.

En el punto de coordenadas: 601140mN y 4022mE, la playa tiene unos 70 metros de ancho; hay material caído al pie del acantilado, y como éste es vertical, se producen pequeños

derrumbes, es decir, el desprendimiento repentino, por efecto de la gravedad, de bloques aislados de roca, tal como se observa en la (Foto 27), en el que hay otro bloque a punto de caerse. La caída de estos bloques comienza con la presencia de varias grietas, que se originan debido a varios factores entre los cuales están: la socavación que producen las olas en la base del acantilado, la misma que en forma lenta, pero continua, lo va haciendo retroceder; la lluvia, la misma que satura el material sedimentario que conforma los estratos; la erosión eólica que paulatinamente va desprendiendo fragmentos de roca, etc; todos estos procesos naturales conllevan a que el mar vaya avanzando, con el consiguiente retroceso del acantilado.



Foto 27.-
Tipo de
deslizamiento por
caída de roca y
volcamiento de
estratos

La presencia de este material suelto, caído desde la parte alta del acantilado, hace suponer que el oleaje es fuerte en esta área, lo que hace que socave en forma continua su base; más aún, siendo el material que lo conforma, de origen sedimentario, está meteorizado, fallado, fracturado, todo esto lo hace más fácilmente erosionable; una vez que socava y el material se desliza hacia abajo, las olas lo transporta mar adentro, donde las corrientes marinas lo distribuyen, sea en suspensión o arrastrado por el fondo, siendo ésta, una de las formas de la naturaleza, de cambiar las características sedimentológicas del fondo marino, y por ende, su morfología (INOCAR, 2009).

A unos 200 metros del punto con las últimas coordenadas indicadas, sobre un terraplén que tiene un pequeño muro de contención o enrocado, se aprecian los restos de una vivienda que aparentemente fue destruida hace algún tiempo por un fuerte oleaje, posiblemente durante un Evento El Niño 1982-1983 y/o 1997-1998 (Foto 28), cuando éstas llegaban hasta ese sector. La posición de estos restos, que están separados de la playa por una duna de unos 30 metros de ancho, permite suponer que cuando se produjo el daño en la vivienda, ésta estaba “en primera fila” de la playa, ya que en esa época posiblemente no se había formado la duna que actualmente hay, lo que facilitó que las olas impactaran directamente sobre dicha estructura, provocando su destrucción.

Foto 28.-
Restos de una vivienda
destruida
posiblemente durante
un evento El Niño



En el punto de coordenadas: 601017mN y 3593mE, se aprecia una amplia playa, conformada por arena de grano fino, en la que también se observan acumulaciones alargadas de material grueso. La playa es irregular, y se debe a la presencia de un pequeño canal de marea, con lagunas de agua; se extiende paralelo a ésta, y la divide en forma longitudinal, en dos sectores; este rasgo geomorfológico es casi similar al que ya se mencionó al principio de este informe.

Punto 4 (Desembocadura del Río Coaque)

El reconocimiento geológico concluyó en el sitio donde finaliza el río Coaque (Foto 29),

ubicado en las coordenadas: 600924mN y 3347mE; en su desembocadura tiene una anchura aproximada de 50 metros; en su orilla izquierda se ubica una franja arenosa que está a un nivel más elevado que la orilla derecha; en esta última se aprecia gran cantidad de material grueso, en la que sobresalen rocas hasta de 20 centímetros de diámetro; tiene influencia de la marea, lo que significa que con el flujo ingresa el agua de mar hacia tierra, y con el reflujo sale, mezclada, el agua que proviene del continente, con el agua salada.



**Foto 29.-
Desembocadura
del Río Coaque**

El rasgo geomorfológico más sobresaliente de este río es la flecha litoral que forma parte de su desembocadura (Foto 29), es decir, de una lengua de arena cuya característica es que está conectada al continente por uno de sus extremos, y que se ha formado por la interacción de varios factores, entre los cuales están: el ingreso y salida del agua por la desembocadura, la corriente litoral, el oleaje y el transporte de arena. La formación de esta flecha litoral posiblemente se inició de la siguiente manera:

- La corriente marina que llega a la desembocadura del río, y que transporta la arena que ingresa con la marea hacia tierra, cuando sale hacia el mar, se frena al chocar con las olas; este encuentro hace que se anule la velocidad de ambas, lo que facilita la deposición de la arena en el fondo, dando lugar a la formación de un banco arenoso, alargado, el mismo que se inició en la desembocadura del río; al principio dicho banco estuvo cubierto por el agua de mar, pero poco a poco fue acreciendo hasta que afloró, y lo hizo en la dirección que tiene la corriente litoral, en este caso hacia el norte, y siempre paralelo a la línea de costa (INOCAR, 2009).

b) SEDIMENTOLOGÍA DE LA ZONA SUBMARINA FRENTE A PEDERNALES

A partir de los trabajos de Folk (1957), innumerables son los investigadores que bus-

can, en las distribuciones granulométricas, así como en el análisis de los parámetros estadísticos, criterios para la identificación de los ambientes sedimentarios.

Considerando lo anterior, se ha elaborado una distribución en base a la textura, la misma que, según Folk (1957), da una mejor definición del tipo de sedimento de cada muestra.

Según Carranza (1980), hablar de textura de un sedimento es referirse al tamaño de los granos que lo conforman, así como a la proporción con la que estos diferentes tamaños de grano intervienen en dicho sedimento, el mismo que depende de varios factores, entre ellos su origen y su tamaño inicial.

La nomenclatura utilizada para referirse a la textura de los sedimentos es la siguiente (De Miró, 1972):

- Cuando el porcentaje de la fracción que predomina, en este caso “la arena”, (tomándola como ejemplo para esta explicación), llega al 75% o más del total de la muestra, va como nombre de la textura del sedimento, y se escribe simplemente “arena”.
- Cuando el porcentaje de arena está entre el 50 y 75%, ésta también va como nombre de la textura del sedimento, pero va acompañado de un adjetivo, y se escribe “arena-limosa”, si es que este último es el que le sigue en porcentaje.

- Cuando el porcentaje de arena está entre el 25 y 50%, ésta va como adjetivo, acompañando a la fracción predominante, y si dicha fracción es limo, se escribe: “limo-arenoso”.
- Cuando el porcentaje de arena es menor al 25% del total de la muestra, ésta no se menciona, y se escribe solamente “limo”, si es que esta fracción es la que predomina entre las demás.

Como ya se señaló anteriormente, con los resultados del análisis granulométrico, y tomando en cuenta la nomenclatura anterior, se elaboró el mapa de textura (Figura 3), cuyos porcentajes están indicados en la Tabla II.

En este mapa, en el que se ha graficado la distribución aproximada de los sedimentos superficiales de fondo, se aprecian cuatro tipos de material sedimentario, los cuales en orden de predominancia son: arena, limo-arenoso, arena-limosa y limo, los mismos que a continuación se exponen:

✓ Arena

Según la clasificación textural, el material sedimentario que predomina en la zona costera de Pedernales es la arena (Figura 3), con porcentajes comprendidos entre 67.67 y 97.09 % de dicho material (Tabla II); la mayoría son de grano fino (de 2 a 3 Phi), mal clasificadas, y son asimétricamente positiva, aunque también las hay asimétricamente negativa (Tabla III); el porcentaje restante está conformado por grava, limo y arcilla. La arena se ubica en la parte más exterior de la zona de muestreo, y se extiende en una amplia franja en forma de una “L”, con una orientación noreste-suroeste, es decir, paralela a la línea de costa, cubriendo casi la mitad del área de estudio (Estaciones: 2, 2A, 3, 4, 4A, 9, 10, 14A, 15, 16, 16A, 20A y 21); también se aprecia que hay arena en la zona de la orilla, frente a la población de Pedernales (Estaciones: 7 y 12).

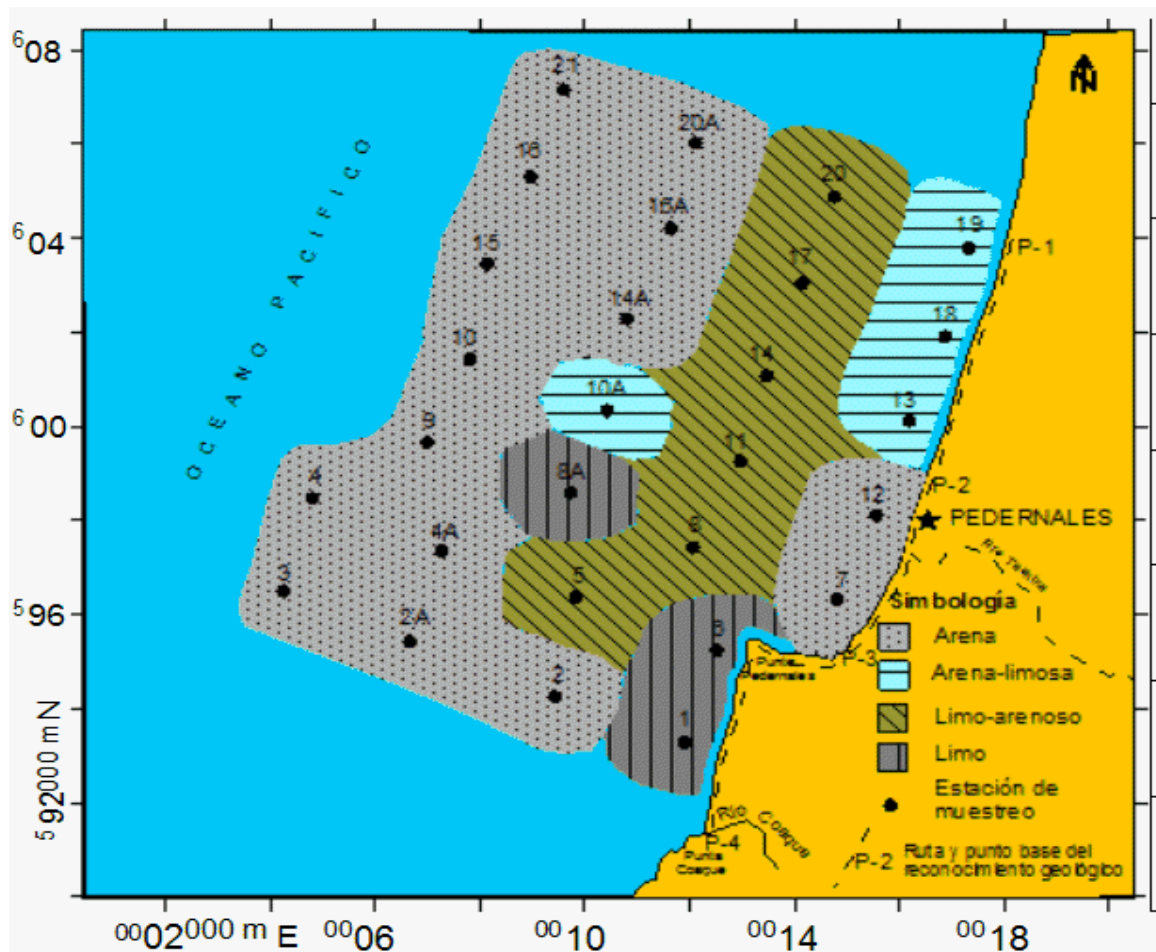


Figura 3.- Mapa de distribución aproximada de los sedimentos superficiales de fondo, según su textura (Pedernales, abril, 2013).

Con relación al origen de las arenas de la parte exterior del área de estudio, éstas podrían provenir del mar, y de ser así, constituyen las huellas dejadas por la última Transgresión Holocena, que comenzó hace unos 18.000 años, en la que comenzó a migrar la línea de costa hacia tierra, y aún lo está haciendo en la misma dirección (De Miró, 1972).

Dichas arenas han sido encontradas en casi todas las plataformas continentales del mundo, y las han denominado “Arenas Transgresivas Basales”, porque son la base, o el punto inicial de las nuevas capas de sedimentos que se depositaron, debido a la transgresión marina; también son denominadas “Arenas Relictas”, que quiere decir que estos sedimentos no tienen ninguna relación con las condiciones ambientales de los sedimentos actuales (De Miró, 1972). Cabe señalar que el término “transgresión” indica la migración de la línea de costa en dirección a tierra, por lo que a medida que esta línea (de costa) fue migrando y avanzando, las arenas se fueron depositando siempre en un ambiente costero, y así fueron cubriendo la plataforma continental.

En cuanto a las arenas ubicadas cerca de la orilla, frente a la población de Pedernales, posiblemente también provengan del mar, transportadas por las corrientes litorales y por la marea de flujo, y son las que hacen que este material sedimentario llegue hasta la playa, ya que cuando la energía de una ola rompe en la orilla, agita los sedimentos del fondo de la zona de rompiente, y los deja en suspensión, e inmediatamente son transportados hacia la zona de playa, donde se derrama en forma de espuma y luego, por la corriente de resaca, son acarreadas en vaivén, hacia el mar. Cabe señalar que se denomina resaca al movimiento de retroceso de las olas cuando llegan a la orilla. También aportan arena, las dunas, así como los acantilados presentes a lo largo de la línea de costa del área de estudio, los mismos que están conformados por material sedimentario, muy inestables, fracturados, con fallas, meteorizados, por lo que son de fácil

erosión, ya que además están constituidos por rocas blandas entre las cuales están: arcillolitas, lutitas y areniscas, con finas intercalaciones de yeso, lo que los hace aún más inestables; dicho material es arrastrado por las corrientes y olas hacia mar adentro, distribuyéndolo cerca de la playa (INOCAR, 1992).

La mala clasificación que presentan las arenas de la parte exterior, es decir, que no ha habido selección por tamaños, indica que posiblemente las corrientes las mantienen en continuo movimiento, lo que hace que se produzcan mezclas con granos de diferentes tamaños; en cambio, las arenas ubicadas cerca de la costa son muy bien clasificadas, es decir, hay una tendencia a presentar un único tamaño, y se debe a que las corrientes en ese sector, por su gran dinámica, se convierten en buenos clasificadores de los granos de arena.

Con relación a la predominancia de arena con asimetría positiva, es decir, presentan exceso de material fino, esto hace presumir que esos sectores están sometidos a acreción, posiblemente porque las corrientes son relativamente moderadas. En cambio en aquellos sectores arenosos con asimetrías negativas, es decir, con exceso de material grueso, estarían sometidos a erosión, debido posiblemente a que la dinámica de las corrientes es suficiente para el lavado continuo de una parte del material limo-arcilloso que pudiera depositarse, y por lo tanto esta arena se mantiene con escaso porcentaje de dichos tamaños de grano.

✓ **Limo-arenoso**

A las arenas, le sigue en predominancia las mezclas de limo y arena (Estaciones: 5, 8, 11, 14, 17 y 20) (Figura 3), en el que el primero tiene un mayor porcentaje, comprendido entre 59.25 y 71.40% de dicho material (Tabla II), teniendo además arcilla pero en menor proporción; son mal clasificados; mayoritariamente son asimétricos positivos (Tabla III), es decir, presentan un exceso de material fino; y se ubican en una franja angosta, con una

orientación noreste-suroeste, es decir, paralela a la línea de costa. Cabe señalar que las corrientes marinas y de marea son las encargadas de movilizar estos sedimentos, lo que da como resultado el que obtenga una mala clasificación de los mismos.

✓ **Arena-limosa**

A los tipos de sedimentos anteriores, le siguen las mezclas de arena y limo (Estaciones: 13, 18 y 19) (Figura 3), en el que la primera tiene un mayor porcentaje, comprendido entre 51.45 y 63.38% de dicho material (Tabla II), incluyendo un menor porcentaje de arcilla; son polimodales, es decir, están conformados por varios tamaños de grano; son asimétricos hacia los tamaños finos (Tabla III), y se localizan en la parte noreste del área de estudio, en una pequeña franja paralela, y cerca de la línea de costa. También hay un pequeño parche de este material (Estación 10A), ubicado en la parte central del área.

✓ **Limo**

El material limoso es el sedimento menos predominante ya que se presenta en dos pequeños parches; el primero, conformado por las Estaciones 1 y 6 (Figura 3), con porcentajes que van desde 61.95 y 70.84% de dicho material (Tabla II), y se ubica frente a Punta Pedernales, extendiéndose hacia el sur; y el segundo, constituido por la Estación 8A, con 78.55% de limo, ubicado en el centro-sur del área; está mezclado con arena y arcilla, pero en menor proporción.

Con relación a la procedencia de este sedimento limoso, incluyendo la arcilla, posiblemente provienen de la erosión que produce el oleaje, especialmente en la época de aguaje, donde la base de los acantilados del sector es socavada debido a que está conformada por rocas sedimentarias, fracturadas, meteorizadas, inestables, por lo tanto erosionables. Aquí también interviene la gravedad, ya que al haber sido socavada la base, el material de la parte

alta, cae y se acumula al pie del acantilado formando los llamados conos de derrubios, el mismo que luego es transportado en suspensión por las mismas olas y por las corrientes litorales y frontales, hacia el mar, y si éste, está en calma, se depositará en el fondo; pero si está agitado, el material limoso, incluyendo arcilla, seguirá siendo transportado en suspensión mar afuera, hasta el momento en que se presenten las condiciones apropiadas para su deposición (INOCAR, 1992).

Debido a que el terreno es montañoso y húmedo, esto ha determinado la existencia de varios ríos, entre los cuales están: el Tachina, el Cojimies, entre otros; y son los que, junto a otros pequeños esteros, los que también aportan limo y arcilla del continente. Normalmente estos ríos permanecen secos, por lo que se los conoce como intermitentes, pero ante lluvias torrenciales, como por ejemplo las que se presentan ante un evento El Niño, se convierten en verdaderos sistemas de drenaje, con un gran caudal, que hace que erosione el fondo, así como las orillas por donde atraviesan, arrastrando por ende, considerables volúmenes de sedimentos de fondo y en suspensión, siendo ésta, una de las causas que originan los cambios de las características sedimentológicas y morfológica del lecho marino y de los ríos.

CONCLUSIONES

➤ **Geomorfología de la línea costera de Pedernales**

Los acantilados del área de estudio son bajos a relativamente altos, conformados por rocas sedimentarias, siendo las más jóvenes las formaciones rocosas del Mioceno, con lutitas, limolitas y conglomerados, bien meteorizados, correspondientes a la Formación Onzole, del Grupo Daule. La mayoría de los acantilados están cubiertos de vegetación.

Las playas son amplias, conformadas principalmente por arena de grano fino, en la que se aprecian zonas de acreción, especialmente en

su parte superior; aunque también hay zonas de erosión, en donde las olas, corrientes y mareas, entre otros, por la dinámica de sus movimientos, están cambiando la geomorfología de la línea de costa.

En la playa resalta la presencia de plataformas de abrasión, las mismas que se presentan parcialmente cubiertas de arena, y que son la evidencia del lento retroceso de los acantilados, debido a la erosión del oleaje. También son notorios pequeños canales de marea que corren varias decenas de metros paralelos a la playa.

También hay que indicar que la base de una escollera o muro de contención, conformado por rocas grandes, para proteger la carretera costanera del oleaje, está siendo enterrada por la arena, por lo que, de continuar la acumulación de este material, ésta podría servir de plataforma para que las olas, ante un fuerte aguaje, se deslicen hasta la base de la capa asfáltica de dicha carretera, lo que podría traer como consecuencia una posible socavación de la misma.

➤ **Sedimentología de la zona submarina frente a Pedernales**

El sedimento predominante en la zona costera frente al cantón Pedernales son las arenas, de grano fino, mal clasificadas, con asimetrías positivas, las mismas que se ubican en el lado oeste, en una amplia franja, es decir, en el lado más exterior del área de estudio.

También hay presencia, en menor proporción, de otros tipos de sedimentos; pero de éstos, el que más resalta es una mezcla de limo y arena, localizada en una franja paralela a la línea de costa.

Las arenas posiblemente provienen del mar, por lo que se constituyen en la evidencia de la última Transgresión Holocena que tuvo lugar hace 18.000 años, en la que se produjo el inicio de la migración de la línea de costa hacia tierra. También hay aporte de arena del continente,

desde las dunas, así como de los acantilados ubicados a lo largo de la línea de playa.

El material limo-arcilloso también provendría de la socavación de los acantilados; pero además, del arrastre originado por los ríos y esteros en el interior del continente, durante los últimos eventos El Niño que se han presentado en el país.

En cuanto a alguna variación en la distribución de sedimentos en los meses estacionales, en el área de estudio, no se la puede determinar, debido a que no se ha realizado otro muestreo en épocas anteriores, para comparar los resultados.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento al CPNV-EM Humberto Gómez Proaño, Director del INOCAR; así como al TNNV-SU Carlos Perugachi Salamea, Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo. Así también agradece al Dr. Kervin Chunga M. Ph.D, por su invalorable contribución en la revisión, comentarios y sugerencias a este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

De Miró M., 1972.- Curso de Geología Marina. Pág. 133-134

Carranza A., 1980.- Ambientes Sedimentarios Recientes de la Llanura Costera Sur del Istmo de Tehuantepec; An. Centro Ciencias del Mar y Limnología; Univ. Nac. Auton. Méjico. Pág. 42-48.

Folk, R., 1957.- Petrology of Sedimentary Rocks. Ed. Hemphill's book Co., EE. UU. Pág. 170.

Folk, R. L., 1969.- Petrología de las Rocas Sedimentarias. Instituto de Geología de la U.N.A.M.; México. Pág. 80 – 110.

García F., (2008).- Estudios Geotécnicos. Escuela Politécnica Superior Huesca, España. Pág. 7-9.

INOCAR, 1992.- Reconocimiento geológico de las áreas preseleccionadas para la construcción del nuevo Faro Manta. Pág. 2-6.

INOCAR, 1996.- Reconocimiento Geológico de la playa ubicada al sur de la Puntilla de Santa Elena. Pág. 3.

INOCAR, 1997.- Informe sobre el primer reconocimiento de las zonas costeras, que han sido más afectadas por el fenómeno “El Niño”, en las Provincias del Guayas y Manabí. Pág. 3.

INOCAR, 1998.- Informe sobre el Segundo Reconocimiento de las Zonas Costeras que han sido más afectadas por el Fenómeno “El Niño”, en las Provincias del Guayas y Manabí. Pág. 4.

INOCAR, 2000.- El efecto “El Niño” 97-98 y sus efectos en las costas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 10, No. 1-2000. Pág. 181.

INOCAR, 2001.- Reconocimiento Geológico-Oceanográfico del área de la Base Naval de Salinas, para determinar la factibilidad de la construcción de un muelle en la mencionada base. Pag. 9.

INOCAR, 2006.- Geomorfología del área comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Ancón. Pag. 1-14.

INOCAR, 2007.- Estudio de las Características Sedimentológicas de la Zona Costera comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Ancón, en la Provincia del Guayas, Ecuador.

Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 14, N0. 1, 2007. Pág. 186.

INOCAR, 2008.- Caracterización Sedimentológica Superficial de la Zona Costera de Monteverde. Pág. 3.

INOCAR, 2009.- Geomorfología de la zona de playa comprendida entre Data de Villamil y Posorja; y sedimentología del área de las Boyas 8a y 9, en el Canal Exterior (Área de los Goles) de ingreso al Puerto Marítimo de Guayaquil. Pág. 1-29.

INOCAR, 2009.- Informe sobre el reconocimiento geológico de la Isla Jambelí, en la Provincia de El Oro, afectada por procesos de erosión. Pág. 1-51.

INOCAR (2009).- informe sobre el reconocimiento geológico del área donde está ubicado el Santuario de Santa María de la Fíat, en Olón, Provincia de Santa Elena, afectada por la desestabilización del acantilado. Pág. 1-28.

INOCAR, 2012.- Caracterización Geomorfológica y Sedimentológica de la Bahía de Jaramijó, en la Provincia de Manabí. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 17; No. 1, 2012. Pág. 205-220.

Krumbein W., Sloos L., L., 1963.- Estratigrafía y Sedimentación. Segunda Edición traducida al español; Pág. 116.

Naciones Unidas, 1983.- Tecnologías para el control de la erosión costera. Pág. 1-142.

PMRC, 1988.- Grandes Rasgos Geomorfológicos de la costa ecuatoriana. Pág. 1-31.

EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES TOTALES DE SELENIO EN AGUA, SEDIMENTO Y TEJIDOS DE PECES DEL RÍO CATATUMBO, VENEZUELA DURANTE LOS AÑOS 2001-2002

Julio Torres^{1*}
 Marinela Colina¹
 Miriam Sanquiz²
 Hendrick Avila²
 Sandra Barrera²
 Yulixis Cano¹
 José Morales¹
 Zulay Rivas²

RESUMEN

La cuenca binacional del río Catatumbo compartido por las Repúblicas de Colombia (70%) y Venezuela (30%), constituye un cuerpo de agua de vital importancia para el Lago de Maracaibo, debido a que aporta el 60% de agua dulce que este recibe. Las diferentes actividades agropecuarias e industriales que se desarrollan en ambos países, contribuyen con el proceso de contaminación de este reservorio de agua. En este estudio, se evaluó los niveles de concentración de selenio en agua, sedimento y tejidos de peces del río Catatumbo y sus afluentes. Durante el período de muestreo de Enero a Noviembre de 2001-2002, se captaron 48 muestras de agua, 24 de sedimento y 87 de peces. Se utilizó el procedimiento recomendado por la BCR para determinar la distribución de selenio en sedimentos. También se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua. Los valores mínimos - máximos en el río Catatumbo y sus tributarios fueron: agua caudal 6,61-2701,46 m³.s⁻¹, oxígeno disuelto 3,82-7,29 mg.L⁻¹, conductividad 14,33-296,00 μ hom.cm⁻¹, temperatura 24,17-30,98 °C y selenio 0,31-1,33 μ g.L⁻¹; selenio en sedimento 0,14-0,59 μ g.g⁻¹ y tejido muscular de peces Se <0,54-4,80 μ g.g⁻¹. Los resultados indicaron que de las 6 estaciones evaluadas en el río Catatumbo y sus afluentes, la más cercana al Lago de Maracaibo presentó los mayores valores de selenio.

Palabras claves: selenio; agua, sedimento, tejidos de peces; río Catatumbo.

Evaluation of selenium concentrations in water, sediment and fish from the Catatumbo river, Venezuela during the years 2001-2002

¹ Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Química. Laboratorio de Química Ambiental. Maracaibo 4011. Zulia. Venezuela.
 E-Mail: jtorres11912@yahoo.com

² Laboratorio Ambiental del Instituto para el Control y la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (I.C.L.A.M), Maracaibo, Venezuela.

* Autor en Correspondencia

ABSTRACT

The Catatumbo river bi-nacional basin, shared by Venezuelan and Colombian republics in percentages of 70% and 30% respectively, is a water body of vital importance for Lake Maracaibo, because it supplies 60% of the fresh water. The diverse agricultural and industrial activities developed on Venezuelan and Colombian republics, contributes to the contamination process of this water reservoir. Through this study were evaluated the concentration level of selenium in water, sediment and fish muscle tissue from the Catatumbo River and tributaries. During the sampling period from January to November 2001-2002, 48 water, 24 sediment and 87 fish samples were collected. The sequential extraction procedure achieved by the BCR was used in order to determine the selenium in sediment samples. Physicochemical parameters were also measured. The minimum-maximum values in the Catatumbo river and tributaries were: (water) flow 6.61-2701.46 m³.s⁻¹, pH 5.99-7.97, dissolved oxygen 3.82-7.29 mg.L⁻¹, conductivity 14.33-296.00 μ hom.cm⁻¹, temperature 24.17-30.98 °C and Se 0.31-1.33 μ g.L⁻¹; (sediment) Se 0.14-0.59 μ g.g⁻¹ and tissue muscle fish Se <0.54-4.80 μ g.g⁻¹. Results indicated that Catatumbo river and tributary station closer to Lake Maracaibo presented the highest values Se.

Key words: *selenium, water, sediment, tissue muscle fish, Catatumbo River.*

INTRODUCCIÓN

Las concentraciones naturales de metales en ecosistemas acuáticos dependen de su distribución, meteorización y lixiviación en el área de la cuenca. Las actividades humanas, tanto industriales como urbanas, así como las prácticas agrícolas, pueden incrementar la carga de metales pesados y nutrientes en los ecosistemas acuáticos (Álvarez et al., 2012). La mayoría de los metales liberados al ambiente llegan a los sistemas acuáticos a través de descargas directas, precipitación húmeda o seca y erosión. Los sedimentos pueden incorporar y acumular los metales que llegan al ambiente lacustre, y cambios en sus condiciones físico-químicas pueden movilizar y liberarlos a la columna de agua. Estos aportes pueden transferirse a través de la cadena trófica a los peces, otros animales piscívoros y al hombre, e involucrar aspectos sanitarios y de preservación ambiental (Rizzo et al., 2010; Torres, 2012).

El selenio es un micronutriente esencial de gran importancia para los seres humanos y animales en diversas funciones metabólicas, sobresaliendo su potente acción antioxidante y su capacidad para regular el mecanismo de la glándula tiroides (Lavilla et al., 2007; Raatz et al., 2013; Yamashita et al., 2013). La deficiencia de este elemento ha sido implicada en la causa de varias enfermedades que incluyen cáncer, esclerosis y distrofia muscular (Karadas, 2014). Sin embargo, no se habían reportado efectos directos sobre la salud humana hasta principios de los años 70, cuando en China se descubrió que la enfermedad de Keshan (degenerativa del corazón) y la de Kashin-Beck (osteopatía, deformación ósea), las cuales estaban estrechamente asociadas a geoambientes deficientes de selenio (Johnson et al., 2000).

Por razones geológicas, Finlandia es un territorio con baja disponibilidad de selenio. Por ello, en la década de los 60 se estableció que la alta incidencia de enfermedades en los animales en ese país era causada por la baja

ingesta de este elemento. Luego de establecer una política de suplemento de selenio en los alimentos, al final de los años 70 estas enfermedades fueron eliminadas (Koivistoinen y Huttunen, 1986).

Investigaciones sobre el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) indicaron que la estructura del virus de inmunodeficiencia tiene cuatro genes, tres de los cuales utiliza el selenio para su función (Taylor et al. 1994). Se supone que el agotamiento del selenio en el organismo puede accionar el crecimiento del virus, lo que realza los síntomas del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) y debilita el sistema inmunológico (Rayman, 2000). El selenio es un constituyente esencial de la enzima glutatona peroxidasa (GPx) que actúa como antioxidante y previene la degeneración del tejido (Rayman, 2000). La función de esta enzima es mantener los niveles de peróxido de hidrogeno en las células adecuadamente bajos, disminuyendo el daño potencial por parte de los radicales libres (Tosiani, 2008).

En aguas naturales el selenio se encuentra en cuatro estados de oxidación: selenato (VI) como el oxianión selenato (SeO_4^{2-}), selenito (IV) como el anión selenito (HSeO_3^- y SeO_3^{2-}), el selenuro (-II) como biselenuro (HSe^-) y el selenio elemental (Se^0) presente como coloide en una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos. Las formas orgánicas de selenio son análogas con los sulfuros e incluyen ácidos seleno aminos y sus derivados, metilselenuro, metilselénico, ésteres, metilselenonas, iones metilselenonio, entre otros (Torres, 2004).

Muchas de las transformaciones del selenio, se dan por intervención microbiana y mediante diferentes procesos de metilación, los cuales tienen significancia biológica y ambiental (Torres, 2004). El selenato tiene una baja afinidad de absorción para sólidos inorgánicos comunes, y en consecuencia tiende a exhibir una alta movilidad. El selenito está fuertemente adsorbido, especialmente por óxidos de hierro y manganeso, hay un incremento en la

adsorción con decrecimiento del pH, como se esperaba para un oxianión.

Estudios realizados en el reservorio Kesterson (USA) y el Valle de San Joaquín (USA) que están contaminados con selenio, se encontraron concentraciones en las aguas superficiales entre 200 - 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$ y 140 - 1400 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (WU, 2004); mientras que las concentraciones reportadas en el Lago Key (Canadá) estuvieron entre 5,2 - 62,2 $\mu\text{g.g}^{-1}$ en sedimento superficial (Muscatello et al., 2008). El intervalo adecuado de concentraciones de selenio en agua para la protección de la vida acuática desarrollado por Estados Unidos, Canadá, Australia, Sudáfrica y Venezuela se encuentra entre 1 - 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (ANZECC 1987; CCME 2005; Department of Water Affairs and Forestry 1996; Gaceta Oficial de la República de Venezuela 1998; Lemly 2002; OMS; USEPA 1987). El valor máximo permitido de selenio en sedimento es de 2,00 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Lemly 2002), mientras que en suelos esta reportado que por debajo de 11 $\mu\text{g.g}^{-1}$ es deficiente y produce serios trastornos de salud por deficiencia en los alimentos que de allí se derivan, mientras que por encima de 900 $\mu\text{g.g}^{-1}$ resulta tóxico (Yang y Xia, 1995).

Existe un número importante de estudios realizados que indican que cuando los niveles de concentración de selenio en tejidos de peces están por encima de 4 $\mu\text{g.g}^{-1}$ puede producirse inhibición del crecimiento, daño tisular en los principales órganos, alteración de la reproducción o incluso la muerte (Lemly, 2002).

En Venezuela hasta el presente en el río Catatumbo y sus afluentes no se han estudiado las concentraciones totales de selenio en agua, sedimento y tejidos de peces. El río Catatumbo es el principal afluente al Lago de Maracaibo y es refugio de fauna silvestre y aves, reservorio de especies acuáticas y posee valores paisajísticos singulares. En la cuenca del río Catatumbo y sus afluentes se desarrolla una importante producción agrícola, industrial y petro-

lera. Además el río constituye un valioso recurso en la actividad económica de pesquería artesanal realizada en la localidad, que pudiera ser afectada si la contaminación de selenio alcanzará a la biota a través de las aguas y los sedimentos contaminados (Romero-González et al., 2001; Ledo et al., 2004; Rivas et al., 2005; Torres et al., 2006; Rivas et al., 2009). Por lo antes expuesto, se plantearon en este estudio los siguientes objetivos: i) evaluar las concentraciones de selenio total en agua, sedimento y tejidos de peces y ii) Fraccionamiento del selenio en el sedimento aplicando el procedimiento de la BCR (*Bureau Community of Reference*).

ÁREA DE ESTUDIO

El sistema hidrográfico del río Catatumbo constituye una cuenca binacional, la cual es compartida por la República de Colombia y la República Bolivariana de Venezuela en porcentajes del 70 % y 30 %, respectivamente. Nace al este de la Cordillera Oriental de Colombia, en el Departamento del Norte de Santander y abarca un área de 25.565 Km^2 hasta la desembocadura del río en el Lago de Maracaibo, de los cuales 16.243 Km^2 , pertenecen a Colombia. Geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas 72°45'00"y 73°26'19" de longitud este y entre 7°46'30" y 9°31'05" de latitud norte. Como se puede observar en la Figura 1 en el presente estudio se seleccionaron 6 estaciones de muestreo, las cuales reflejan los problemas derivados por aportes de contaminación de la cuenca alta proveniente de Colombia, la explotación agrícola, pecuaria y el aporte del río Catatumbo al Lago de Maracaibo. Se realizaron 4 campañas para la recolección de las muestras de agua, sedimento y peces en las fechas siguientes: 30/01 al 01/02/2001 (época de sequía), 22/05 al 24/05/2001 (época de lluvia), 20/08 al 22/08/2002 (época de sequía), 6/11 al 08/11/2002 (época de lluvia).

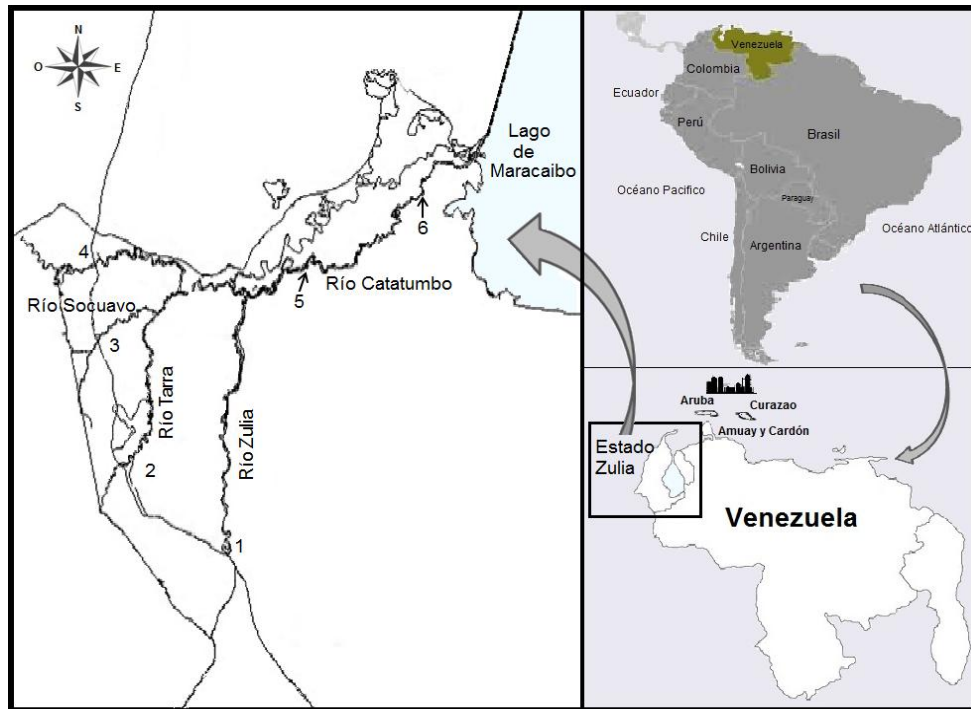


Figura 1. Ubicación de las estaciones de recolección de muestras: 1. (RZPV: Río Zulia, Puente Venezuela); 2. (RTPP: Río Tarra, Puente Perú); 3. (RSPP: Río Socuavo, Puente Paraguay); 4. (RCPE: Río Catatumbo, Puente Ecuador) 5. (RCSB: Río Catatumbo, Sector Borrachera) y 6. (RCST: Río Catatumbo, Sector Tasajeras).

Las muestras de agua fueron captadas a nivel superficial del río Catatumbo en botellas de polietileno y preservado con ácido clorhídrico. Las muestras de sedimento superficial se recolectaron con una draga tipo Ekman de dimensiones 15,2 cm x 15,2 cm, con 2 Kg de capacidad. Para la captura de peces se utilizó embarcaciones alquiladas, pescadores de la zona y redes con distintos diámetros de malla (3'', 2'', 1'') a fin de capturar además de organismos comerciales, organismo de talla pequeña y especie no comerciales de valor ecológico tales como: Coty (*Schizodon fasciatum corti*), Agujeta (*Ctenolucius hujeta hujeta*), Paletón (*Sorubim Lima*), Bocachico (*Prochilodus Reticulatus*), Bagre pintado (*Pimelodus grosskopfiinavarroi*), Viejita azul (*Aequidens pulcher*), Armadillo (*Hypostomus wactwata*), Guabina (*Hoplias malabaricus*), Pampano (*Mylossoma acanthogaster*), Mariana (*Doraops zuloagai*), Corito (*Curimata magdalena*), Manamana (*Potamorhina laticeps*), Dientona (*Cyrtocharax magdaleneae*) y Doncella (*Ageneiosis cancames*). Una vez capturados los peces, sus tejidos musculares fueron extraídos, etiquetados y guardados en bolsas plásticas.

Las muestras de agua, sedimento y tejidos de peces fueron preservadas en refrigeración hasta su traslado al laboratorio. Posteriormente las muestras de sedimento y tejidos de peces se liofilizaron y tamizaron. En total se recolectaron 24 muestras de sedimento, 48 muestras de agua y 87 muestras de tejidos de peces.

MATERIALES Y MÉTODOS

La digestión de los tejidos musculares de peces se realizó pesando 0,200 gr, adicionándole 5 mL de ácido nítrico concentrado y 2 mL de agua desionizada en bombas de alta presión por 6 horas a 110 ± 3 °C. El porcentaje de humedad mínimo de los tejidos musculares de peces fue de 60% y la máxima de 82%. En el caso de los sedimentos liofilizados la digestión fue realizada pesando 0,300 gr adicionándole 5 mL de ácido nítrico concentrado y 2 mL de agua desionizada en bombas de alta presión por 4 horas a 110 ± 3 °C. Las muestras de agua se filtran con papel whatman 0,45 μ m y se les realizó digestión, adicionándole 10 mL de muestra y 2 mL de ácido nítrico concentrado en bombas de alta presión durante 4 horas a 110 ± 3 °C. Se utilizó el método de la BCR

(Community Bureau of Reference) (Davidson et al., 1998), que contiene los siguientes pasos:

Fracción 1: Carbonatos, metales intercambiables.

Se pesaron aproximadamente 3 gramos de sedimento liofilizado y se adicionaron 40 mL de ácido acético ($0,11 \text{ mol.L}^{-1}$) en un envase adecuado. El tubo se colocó en agitación por 16 horas a temperatura ambiente sobre un mecanismo de agitación a 40 revoluciones por minuto (rpm). El extracto fue separado del residuo sólido por centrifugación a 4000 rpm. El líquido se decantó en un envase limpio y almacenado a 4°C para su posterior análisis. El residuo fue lavado con 20 mL de agua desionizada y colocado en agitación por 15 minutos, centrifugado y la solución de lavado fue descartado.

Fracción 2: La fase reducible (óxidos de hierro y manganeso).

Al residuo de la etapa 1, se le agregaron 40 mL de hidroxilcloruro de amonio ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, ajustado a $\text{pH}=2$ con ácido nítrico concentrado). El procedimiento de extracción se repite como en la fracción 1.

Fracción 3: La fase oxidable (materia orgánica y sulfuros).

Se adicionaron 10 mL de peróxido de hidrógeno ($8,8 \text{ mol.L}^{-1}$), lentamente en pequeñas alícuotas, al residuo de la fracción 2. El tubo centrifugado es tapado y el contenido digerido a temperatura ambiente por una hora con agitación manual. Se continuó la digestión por calentamiento del tubo a 85°C en un baño de agua por una hora. La tapa del tubo se removió y el contenido se evaporó a un pequeño volumen (1-2 mL). Se agregaron otros 10 mL de peróxido en gotas y se repitió el procedimiento de digestión. Al enfriar, el residuo de la mezcla se transfirió a la botella y se adicionaron 50 mL de acetato de amonio (1 mol.L^{-1} , ajustado a $\text{pH}=2$ con ácido nítrico

concentrado). La muestra se agitó, centrifugó y el extracto separado como se describió en la fracción 1. El residuo sólido fue retenido para digestión con agua regia.

Fracción 4: Digestión con agua regia

Al residuo sólido de la fracción 3 se le adicionaron 5 mL de agua regia y 1 mL de agua desionizada. Se introducen en las bombas parr y luego en la estufa por 4 horas a $130 \pm 5^\circ\text{C}$. La muestra resultante se diluyó a 25 mL con agua desionizada.

Análisis de las muestras

Para el análisis de selenio total en tejidos musculares de peces liofilizados se utilizó la técnica analítica de espectrometría de emisión con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) y la espectrometría de absorción atómica con generación por hidruros (HG-AAS) para evaluar las muestras de agua y sedimento liofilizado. Los equipos utilizados fueron: a) ICP-AES Perkin Elmer, modelo Óptima 3000XL y b) Espectrofotómetro Varían 400 Plus.

Las mediciones en sitio (pH, conductividad y temperatura) se realizaron con un equipo YSI modelo 33. La estimación del caudal de agua (aforo) se realizó por el método de sección (Rivas et al., 2006). Los reactivos que se utilizaron en el análisis químico fueron de grado analítico: ácido nítrico, marca Riedel-de-Haën al 65% se utilizó para las digestiones y la preparación de las curvas de calibración a partir de patrones certificados de $1000 \pm 4 \text{ ppm}$ de SeO_2 Merck, agua de alta pureza (Sistema Millipore Milli-Q) para las diluciones de los patrones y muestras.

Análisis estadístico

La correlación entre variables se determinó por análisis de Pearson y la significancia de la diferencia entre medias se realizó mediante la prueba T de Student. La significancia estadís-

tica se estableció a un intervalo de confianza del 95% ($p < 0,05$). Se calcularon los promedios, error estándar, valor mínimo y máximo para cada parámetro.

RESULTADOS

Evaluación de la calidad analítica

La precisión del método analítico para la determinación de selenio total fue verificado a través de materiales certificados de referencia:

para sedimento se utilizaron tres materiales certificados de lago (SL-1) y río (GBW-08301 y SRM 2704), mientras que para los tejidos musculares de peces se utilizaron DORM 2 y DOLT 2 y para agua TM-24.2. En la Tabla 1, se presenta el rango aceptado para la evaluación de selenio total utilizando materiales certificados parecidos a las matrices en estudio. Los resultados indican una adecuada exactitud ($p < 0,05\%$) y dentro del rango analítico permitido para selenio.

Tabla 1. Precisión y rango aceptado para la determinación de selenio total utilizando diferentes materiales certificados

Nombre/Matriz	Valor Certificado	Valor encontrado (Media $\pm$ DE, n=5)	Precisión (%)	Rango aceptado
SL-1 ^a ($\mu\text{g/g}$)	2,90 ^b	2,74 $\pm$ 0,04 ^c	1,45	2,76-3,04 ^d
GBW 08301 ^a ($\mu\text{g/g}$)	0,39 $\pm$ 0,10	0,39 $\pm$ 0,01 ^c	2,56	0,29-0,49
SRM 2704 ^a ($\mu\text{g/g}$)	1,12 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02 ^c	2,04	1,07-1,17
DORM 2 ^e ($\mu\text{g/g}$)	1,40 $\pm$ 0,09	1,38 $\pm$ 0,08 ^g	5,79	1,31-1,49
DOLT 2 ^f ($\mu\text{g/g}$)	6,06 $\pm$ 0,49	6,21 $\pm$ 0,13 ^g	2,09	5,57-6,55
TM-24.2 ($\mu\text{g/L}$) ^h	4,0 $\pm$ 1,7	4,7 $\pm$ 0,10 ^c	2,13	2,3-5,7

^a Material certificado de sedimento; ^b Valor no certificado; Precisión (%)=(DE/Media)*100; Recuperación (%)=(Media valor encontrado/Media valor certificado)*100; ^c HG-AAS; ^d rango aceptado asumiendo 5% de error; ^e Material certificado tejido de pez; ^f Material certificado hígado de pez; ^g ICP-AES; ^h Agua de Lago Ontario; n=número de muestras.

Al aplicarle el procedimiento de extracción secuencial (Davidson et al., 1998) a las muestras certificadas de sedimentos de río y lagos (Material de referencia no certificada para el contenido extraíble de oligoelementos utilizando el procedimiento BCR) se determinó un porcentaje de recuperación entre 82,48-92,30%. Estos valores bajos pueden ser consecuencia del procedimiento utilizado, el cual consiste en cuatro etapas de extracción, lo

cual puede originar pérdida del analito. Se puede observar en la Tabla 2 bajos valores en la concentración de los materiales certificados y los porcentajes de recuperación. Por otra parte, cuando se aplicó el procedimiento de extracción secuencial BCR a los materiales certificados (SRM 2704; GBW 08301 y SL-1), en general se encontró concentraciones de selenio entre 41%-47% primordialmente en la fracción residual (Tabla 2).

Tabla 2. Fraccionamiento de selenio de las muestras no certificadas para distribución

Muestra certificada	Fracción 1 ^a ($\mu\text{g/g}$)	Fracción 2 ^b ($\mu\text{g/g}$)	Fracción 3 ^c ($\mu\text{g/g}$)	Fracción 4 ^d ($\mu\text{g/g}$)	Suma secuencial ($\mu\text{g/g}$)	Digestión ($\mu\text{g/g}$)	Recuperación (%)
SRM 2704	0,15	0,11	0,21	0,41	0,88	0,97	90,72
GBW 08301	0,06	0,06	0,09	0,15	0,36	0,39	92,30
SL-1	0,49	0,32	0,43	1,02	2,26	2,74	82,48

^aFracción 1 (intercambiable)= Lo que más fácilmente puede pasar al agua; ^bFracción 2 (Reducible)= Relacionados a los óxidos de Fe y Mn; ^cFracción 3 (Oxidable)= Materia orgánica y sulfuro; ^dFracción 4 (Residual)= lo menos disponible; Suma Secuencial = Intercambiable + Reducible + Oxidable + Residual; Recuperación (%) =(Suma Secuencial/Digestión)x100

Parámetros fisicoquímicos en agua y sedimento del río Catatumbo

En la Figura 2 se presentan algunos parámetros fisicoquímicos evaluados en agua y sedimento del Río Catatumbo en época seca y lluviosa durante los años 2001 y 2002. Puede notarse

que los mayores valores de pH, oxígeno disuelto (OD , mg.L^{-1}), conductividad ($\mu\text{hom.cm}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y selenio se encontraron en la estación ubicada en el Río Catatumbo sector Tasajeras (RCST) con excepción del caudal ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$).

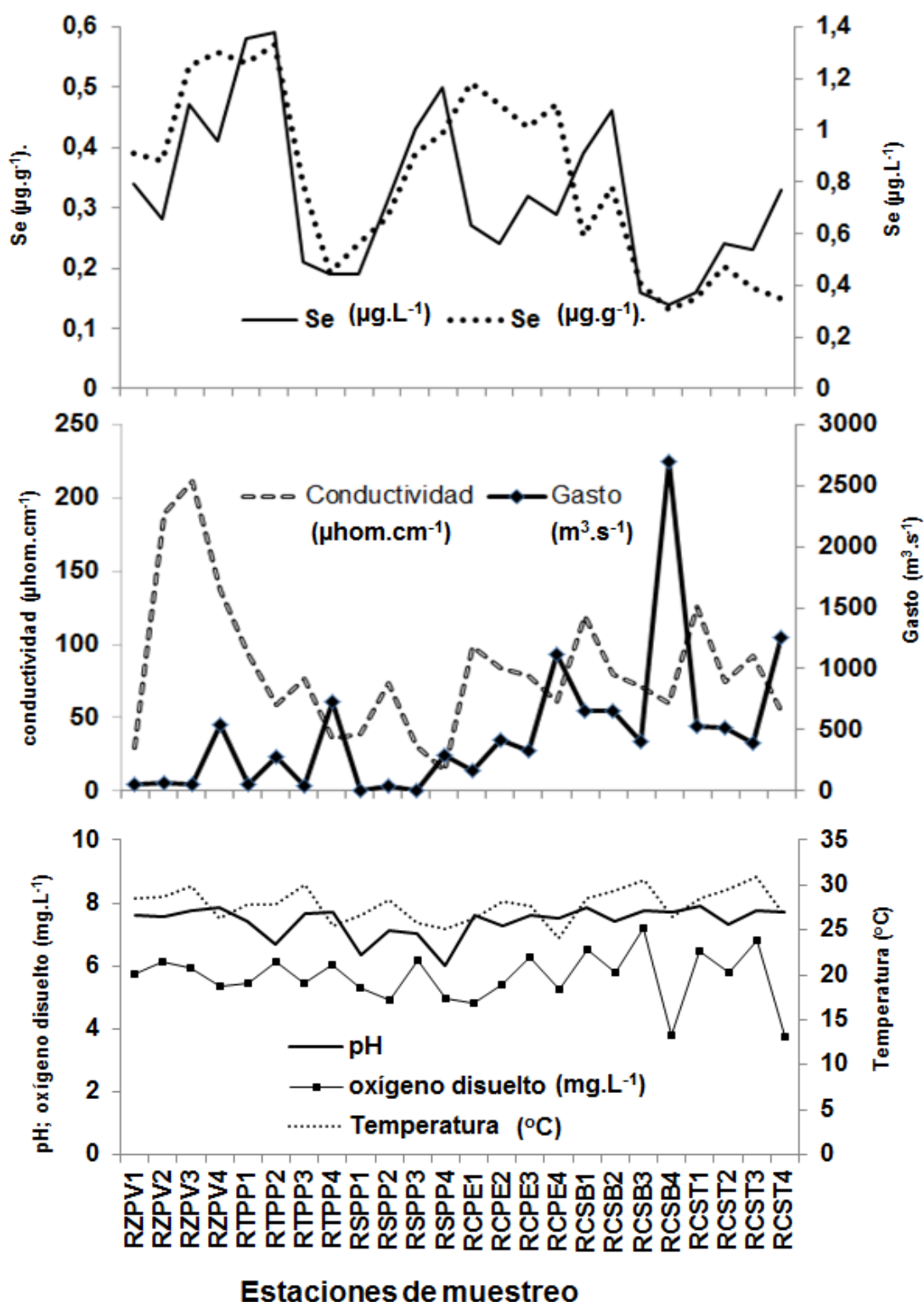


Figura 2. Distribución entre las épocas secas y lluviosas para los sitios de recolección de muestras de los valores de pH, oxígeno disuelto (mg.L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), conductividad ($\mu\text{hom.cm}^{-1}$), gasto ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$), Se ($\mu\text{g.L}^{-1}$) y Se ($\mu\text{g.g}^{-1}$).

Distribución de selenio en sedimentos

Al aplicar el procedimiento secuencial aprobado por la BCR (Davidson et al., 1998) a los sedimentos del río Catatumbo, en general se encontró que está asociado a las etapas en el siguiente orden creciente: residual (15-50 %)>oxidable (20-39 %)>reducible (16-31 %)>intercambiable (2-25 %), como se muestra

en la Figura 3. La fase residual y oxidable es la más importante y el selenio probablemente está relacionado con especies asociados a los silicatos, la materia orgánica y sulfuro. Estas fracciones se consideran no biodisponibles, esto se debe posiblemente a que están asociadas con sustancias húmicas de alto peso molecular que pueden liberar metales, sulfuros y los silicatos son atacados (Okoro et al, 2012).

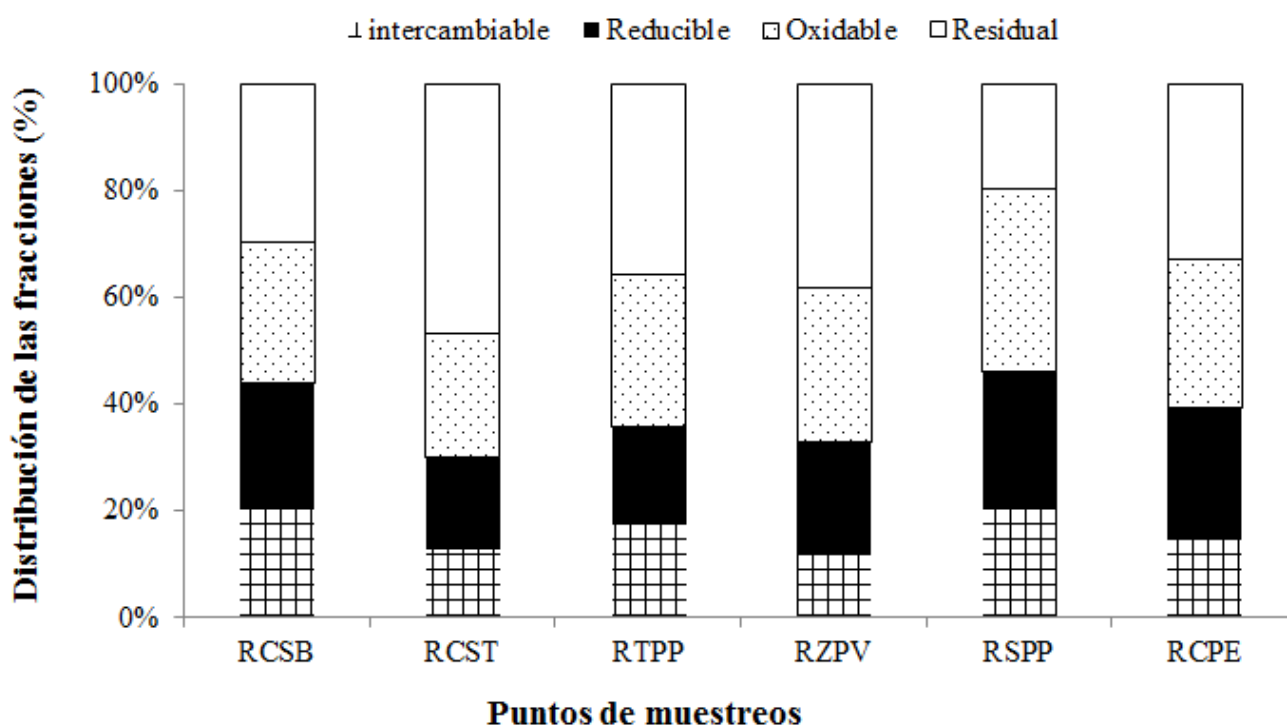


Figura 3. Patrón de fraccionamiento de selenio en el sedimento del Río Catatumbo, Venezuela (n=24) (Davidson et al., 1998).

Niveles de selenio en tejido muscular de peces

En la Tabla 3 se presenta un resumen de las concentraciones medias, mínimas y máximas de selenio en tejidos musculares de 14 especies evaluadas, de las cuales 8 son consideradas herbívoras y omnívoras: Coty, Bocachico, Bagre Pintado, Armadillo, Pampano, Mariana, Corito y Manamana y 6 carnívoras: Dientona, Doncella, Paletón, Viejita Azul, Agujeta y Guabina. En términos generales se capturaron más de tres especímenes lo cual permite sugerir un número de muestras homogéneas. Las concentraciones medias de concentración de

selenio a lo largo de la cuenca del río Catatumbo en orden creciente en las especies: Corito < Bocachico < Doncella < Manamana < Pampano < Dientona < Armadillo < Mariana < Coty < Bagre Pintado < Agujeta < Viejita Azul < Paletón < Guabina. Esta diferencia entre las concentraciones de selenio en las especies evaluadas puede depender a que las mismas tienen diferentes tipos de: alimentación, posición trófica, tiempo de exposición, nutrientes, concentración de otros metales, pH, salinidad, temperatura, entre otros (Holm et al., 2005; Muscatello et al., 2006; Seixas et al., 2007; Karimi et al., 2013).

Tabla 3. Concentraciones medias, mínimas y máximas de selenio en tejidos musculares de 14 especies de peces capturadas en el río Catatumbo y sus afluentes

Especies	n	Habito Alimenticio	Media ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Mínimo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Máximo ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Coty	5	Herbívoro	2,42	<0,54	3,28
Bocachico	10	Detritos y peritito	1,66	<0,54	2,88
Bagre Pintado	3	Coprófago	2,48	<0,54	3,20
Armadillo	11	Detrito y Perifito	2,36	<0,54	3,30
Pampano	5	Herbívoro	2,30	<0,54	3,24
Mariana	6	Omnívoro	2,40	<0,54	3,06
Corito	9	Detrito	1,60	<0,54	2,90
Manamana	12	Detrito	1,88	<0,54	3,52
Dientona	6	Carnívoro	2,34	1,08	3,34
Doncella	4	Carnívoro	1,74	0,97	2,66
Paletón	3	Carnívoro	3,26	2,52	4,64
Viejita Azul	5	Carnívoro	3,20	2,62	4,06
Agujeta	5	Carnívoro	2,82	1,92	3,88
Guabina	3	Carnívoro	3,50	2,40	4,80

DISCUSIÓN

Las concentraciones encontradas de selenio en los materiales certificados de sedimento (SL-1, GBW 08301 y SRM 2704), tejido de pescado (DORM-2 y DOLT-2) y agua (TM-24.2) no se diferenciaron significativamente de los valores certificados; estos resultados están dentro del rango aceptado de las metodologías y técnicas analíticas utilizadas (Tabla 1). En la Tabla 2 se presentan los valores promedios encontrados para selenio utilizando digestión ácida y el procedimiento aprobado por la BCR la exactitud estuvo entre 82,48 - 92,30%, que puede ser considerado como adecuado según lo reportado por otros autores (Tessier et al., 1979, Rauret et al., 1989, Davidson et al., 1994, Fiedler et al., 1994, Davidson et al., 1998, Mester et al., 1998, Fernández et al., 2004, Silveira et al., 2006, Okoro et al., 2012). Además, al aplicar el procedimiento de la BCR a los materiales de referencia de sedimentos no certificadas para el contenido extraíble de oligoelementos, en general se encontró que el selenio primordialmente está asociado a la etapa residual (41 - 47%).

El gasto o volumen de agua sufre un incremento significativo en las épocas lluviosas y

disminución durante las épocas secas. El promedio de gasto para la cuenca del río Catatumbo fue igual a $646,3 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, el máximo fue de $2701,46 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ y se registró en el segundo año de muestreo en la época de lluvia (6-8/11/2002), mientras que el valor mínimo de $6,61 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, se encontró en la época de sequía el primer año. Considerando los valores máximos de gasto se encontró el siguiente orden creciente: RSPP < RZPV < RTPP < RCPE < RCST < RCSB. Con relación al punto de muestreo RCST se observó una disminución del gasto atribuible a los desvíos del mismo a través de algunos caños (Figura 2). Los ríos Zulia, Tarra y Socuavo, presentaron gastos homogéneos, no así para el río Catatumbo-sector Borrachera (RCSB), que presentó el mayor caudal produciendo diferencias significativas ($p < 0,05$). En la Figura 2 se observa un comportamiento similar para todas las estaciones de muestreo, con bajos valores de gasto en la época de sequía y con tendencia a incrementar en la época de lluvia.

Se encontró en general que existe correlación estadísticamente significativa ($p = 0,05$) del selenio en agua captada a nivel superficial y el sedimento con el caudal (Figura 2). La alta turbidez, que se presentó durante la época

lluviosa (Noviembre 2002), originó una alta concentración de partículas y metales en suspensión como consecuencia del arrastre de los sedimentos durante el trayecto de los ríos hasta su desembocadura en el Lago de Maracaibo (Rivas et al., 2006).

El pH máximo fue de 7,86 en la estación río Zulia Puente Venezuela (RZPV) en la época de sequía y el mínimo de 5,99 en el río Socuavo Puente Paraguay (RSPP) en la época de lluvia. El promedio global de pH encontrado en las 6 estaciones fue de 7,42. Este importante parámetro puede originar resuspensión de metales por la disolución de los carbonatos. En términos generales en el presente trabajo se encontró que existe correlación estadísticamente significativa ($p = 0,05$) del selenio ($r > 0,60$, en agua y sedimento) con el pH (Figura 2). Además, el pH favorece la solubilización de los metales del sedimento al agua, causando variación en la concentración y en la especiación de elementos trazas en las aguas y comúnmente carbón orgánico disuelto (Torres, 2012).

El oxígeno disuelto es esencial para el metabolismo de los organismos acuáticos y la descarga de cualquier contaminante produce un impacto negativo, disminuyendo su concentración en el agua, en tal sentido como se puede observar en la Figura 2 el valor mínimo se presentó en la estación RCST y el máximo en la estación RCSB. Esta menor concentración de oxígeno disuelto puede ser debido a que este río es de corriente lenta, poca pendiente, con vegetación acuática (jacintos de agua y lirios acuáticos) que favorecen que su concentración disminuya. Existe correlación estadísticamente significativa ($p = 0,05$) entre las concentraciones de selenio en agua y sedimento con el oxígeno disuelto (Figura 2). Un aumento del contenido de oxígeno promueve la formación de hidróxidos de metales (Torres, 2012).

Al evaluar los parámetros temperatura y conductividad en la Figura 2 se puede observar

que el valor promedio de temperatura del agua fue de $27,40 \pm 2,09$ ($24,17$ - $30,98$ °C), estos valores son similares a los reportados (Torres, 2004). El valor promedio de conductividad fue de $96,50 \pm 84,12$ $\mu\text{hom.cm}^{-1}$, mínimo de $14,33$ $\mu\text{hom.cm}^{-1}$ en el río Socuavo y el máximo es de $296,00$ $\mu\text{hom.cm}^{-1}$, en el río Zulia. Existe correlación estadísticamente significativa ($p = 0,05$) entre las concentraciones del selenio con la conductividad y temperatura. La temperatura puede jugar un papel significativo en la producción de compuestos de selenio por los microorganismos, reducciones de temperatura de 20 a 10 °C y de 20 a 4 °C resultó en el decrecimiento de 25 a 90% en la producción de dimetil selenuro (Y.K et al., 1976). En el presente estudio se encontró una correlación significativa ($p=0,05$) entre las concentraciones totales de selenio en sedimento superficial y agua, lo cual sugiere que este metal se moviliza a través del sedimento hacia la columna de agua y por consiguiente a los diferentes componentes del ecosistema acuático (Figura 2).

Al comparar los niveles de selenio en el agua superficial, el sitio RCST presentó el valor más elevado $1,33$ $\mu\text{g.L}^{-1}$ con respecto al resto de los puntos de recolección de muestras como se puede observar en la Figura 2. El valor promedio de selenio encontrado en aguas del río Catatumbo es menor al valor considerado como criterio de calidad para la protección de la vida acuática desarrollado por Estados Unidos, Canadá, Australia, Sudáfrica y Venezuela (Tabla 4) (ANZECC 1987; USEPA 1987; Dep. Water 1996; GOV 1998; Lemly, 2002; CCME 2005; OMS 2006). Es importante destacar que estos valores deben ser monitoreados constantemente debido a que tienden a bioacumularse, Hoffman et al., (1990) encontró bioacumulación significativa de selenio en los sedimentos, insectos y aves en el Refugio Nacional, a pesar que los niveles de concentración en agua superficial y subterránea estuvieron por debajo de 1 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Tabla 4. Concentraciones de selenio en agua ($\mu\text{g.L}^{-1}$) en otros ecosistemas del mundo

Ecosistema	Media	mínimo-máximo	País	Autor
Valle de San Joaquín		140-1400	EEUU	Wu, 2004.
Reservorio Kesterson	300		EEUU	Wu, 2004
Bahía San Francisco		0,09-0,32	EEUU	Abdullah et al., 1995
Río Salomon		<1,0-25,0	EEUU	May et al., 2008
Lago Belews	10		EEUU	Lemly, 1985
Lago Salton		0,5-2,0	EEUU	Beisner et al., 2009
Rio Sacramento	0,07		EEUU	Cutter y Cutter, 2004
Rio San Joaquín	0,13			
		<2-256	EEUU	
		0,1-54,0	México	
		1-500	Costa Rica	
	10,7		Venezuela	
		ND-1,66	África Sur	
Aguas Termales	<2		Alemania	Floor y Román-Ross, 2012
	<2		Hungría	
		ND-2,17	España	
		0,6-150,8	Italia	
		0,46-0,83	Islandia	
	<6	4,2-23,0	Indonesia	
			Nueva Zelanda	
Áreas Costeras		0,03-0,11	Japón	Abdullah et al., 1995
Océano Atlántico		0,03-0,14		Abdullah et al., 1995
Océano Pacífico		0,075-0,192		Abdullah et al., 1995
Fiordo de Oslo		0,068-0,131	Noruega	Abdullah et al., 1995
Lago Key		<0,1-2,7	Canadá	Muscatello et al., 2008
Promedio de 8 Lagos		0,07-0,44	Canada	Yang et al., 2010
Lago Kalimanci	90,7	6,8-179,0	Macedonia	Vrhovnik et al., 2013
Rios Africa	0,08	0,04-0,17	Burkina Faso	Ouédraogo y Amyot, 2013
Lago de Maracaibo		4,8-8,1	Venezuela	Colina 2001
Río Catatumbo	0,81	0,31-1,33	Venezuela	Este estudio
	2		EEUU	Lemly, 2002
	5		EEUU	USEPA 1987
	10		EEUU	OMS
Criterio de protección para la vida acuática y silvestre	1		Canadá	CCME 2005
	5		Australia	ANZECC 1987
	5		Sudáfrica	Dep. Water 1996
	10		Venezuela	GOV 1998

Los valores de selenio para diferentes ecosistemas acuáticos reportados son inferiores al valor promedio encontrado en el río Catatumbo y algunos criterios de calidad reportados (Tabla 4).

Como se puede observar en la tabla 4 algunos ecosistemas acuáticos de Estados Unidos, México, Costa Rica, Italia e Indonesia presentan niveles de selenio en agua por encima de $10 \mu\text{g.L}^{-1}$ debido a que presentan una fuente

natural antropogénica, como es el caso de las aguas termales de origen volcánico las cuales debido a los mecanismos: hidrotérmicos, procesos de meteorización y sorción con las rocas, la lluvia, la lixiviación de los suelos y las cenizas volcánicas incrementan los valores de este metal (Floor y Román-Ross 2012). En la Tabla 4 se presentan otros ecosistemas acuáticos como lo son: Valle de San Joaquín (EEUU), Reservorio Kesterson (EEUU), Río Salomón (EEUU) y Lago Kalimanci

(Macedonia) los cuales tienen valores elevados de selenio hasta de más de 1000 veces la concentración máxima reportada en este trabajo en el río Catatumbo.

Los niveles de selenio en sedimentos superficiales del río Catatumbo se encontraron por debajo del valor considerado como criterio de calidad para la protección de la vida acuática reportado para la corteza terrestre (Tabla 5).

Tabla 5. Concentraciones de selenio en sedimentos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en otros ecosistemas del mundo

Ecosistema	Media	mínimo-máximo	País	Autor
Lago Treful	0,45		Argentina	Rizzo et al., 2010
Lago Moreno		0,35-0,70	Argentina	Rizzo et al., 2010
Río Pirro		10-22	Costa Rica	Núñez et al., 2012
Lago Kalimanci	1,96	0,60-4,60	Macedonia	Vrhovnik et al., 2013
Lago Key		5,7-62,2	Canadá	Muscatello et al., 2008
Lago Salton		0,58-11,00	EEUU	Beisner et al., 2009
Bahía Cockle	14		Australia	G. Peters et al., 1999
Lago de Maracaibo		0,28-1,89	Venezuela	Colina 2001
Corteza Terrestre	0,083		Europa	Wedepohl, 1995
Río Catatumbo	0,33	0,14-0,59	Venezuela	Este estudio
Guía de calidad de sedimento	2,00			Lemly, 2002

Los niveles de selenio en sedimentos superficiales del río Catatumbo son comparables a los reportados en el Lago Treful y Lago Moreno (Argentina) y el Lago de Maracaibo (Venezuela), mientras el resto presentó valores superiores al valor Guía de calidad de sedimento (Tabla 5). El selenio en suelo y sedimentos cumple un importante rol para la determinación de la concentración en peces, granos, vegetales, forrajes y en el agua de consumo humano. Es por ello que los suelos y sedimentos representan la fuente primaria de selenio para la alimentación humana (Lemly, 2002; May et al., 2008).

Al aplicar el procedimiento secuencial aprobado por la BCR en general se encontró que el selenio está asociado mayoritariamente a la etapa residual (>40%) en las muestras de sedimentos (n=24) del río Catatumbo evaluadas (Figura 3).

Las concentraciones de selenio en los peces recolectados en el río Catatumbo y sus tributarios se muestran en la Tabla 6, tanto carnívoros y no carnívoros. El valor promedio de selenio más elevado $2,81 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ lo presentó las especies carnívoras (Paletón, Viejita Azul,

Guabina y Agujeta, n=26 especímenes capturados) que se encuentran en la parte alta de la cadena alimenticia. Las especies no carnívoras (Mariana, Coty, Bagre Pintado, Pámpano y Armadillo, n=61 especímenes capturados) presentó un valor medio de $2,14 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, estos niveles de concentración probablemente debido a la manera en que estas especies se alimentan de larvas, insectos, detritus, etc. En el caso del sedimento generalmente los niveles de concentración de metales y nutrientes son superiores a los encontrados en la columna de agua (Torres, 2012). Además, las especies pueden acumular entre 100-30.000 veces más metales que la concentración encontrada en agua cuando este valor es menor a $10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Los patrones de acumulación de selenio en peces son comparables a los reportados por otros autores (Colina, 2001; Holm et al., 2005; Seixas et al., 2007; Karimi et al., 2013). El 96,5 % de los 87 peces capturados en el río Catatumbo y sus tributarios presentaron valores promedios menores que el valor guía de calidad para selenio en tejidos de peces de $4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Lemly, 2002), lo cual indica que no hay problemas de contaminación, ni posibles efectos a la salud y reproducción de las especies para este ecosistema de agua dulce (Tabla 6). Solo

el 3,5% de las especies capturadas (Paletón, Viejita Azul y Guabina) presentaron valores máximos por encima a $4 \mu\text{g.g}^{-1}$ de selenio en sus tejidos musculares (Tabla 3). Existe un número importante de estudios realizados por diversos autores que indican que cuando los niveles de concentración de selenio en peces están por encima de $4 \mu\text{g.g}^{-1}$ puede producirse inhibición del crecimiento, daño tisular en los principales órganos, alteración de la reproducción o incluso la muerte. Por ejemplo, Hamilton et al., (1990), observó mortalidad en

el pez *Oncorhynchus tshawytscha* cuando las concentraciones en el tejido excedieron $10 \mu\text{g.g}^{-1}$ y el crecimiento fue afectado cuando las concentraciones se encontraron entre $2-3 \mu\text{g.g}^{-1}$. Los peces pequeños mostraron una inhibición en el crecimiento cuando las concentraciones de selenio se encontraron entre $6-8 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Ogle y Knight, 1989) y fallas en la reproducción a los $16 \mu\text{g.g}^{-1}$ en los embriones y se observó en los ovarios a los $24 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Schultz y Hermanutz, 1990).

Tabla 6. Concentraciones de selenio en tejidos musculares de peces ($\mu\text{g.g}^{-1}$) en diferentes ecosistemas del mundo

Especie	N	Media	mínimo -máximo	País	Autor
Pesttodes Erumei		0,044	0,006-0,117	golfo	Rezayi et al., 2012.
Otolithes ruber		0,060	0,028-0,118	Pérsico	
Anguilla japónica		0,12			
Macruronus novaezelandiae		0,56			
Paralichthys Olivaceus			0,42-0,56		Yamashita et al., 2013
Euthynnus Pelamis		0,62		Japón	
Thunnus alalunga		0,75			
Thunnus orientalis			0,72-0,75		
Scombrops boops		0,77			
Beryx Splendens		1,27			
brook trout	15		0,7-2,6	Canada	Jardine y Kidd, 2011.
blacknose dace	3				
Stizosedion vitreum	80		1,2-10,0	Canadá	Yang et al., 2010
Vimba Melanops	12	1,43	1,30-1,60	Macedonia	Vrhovnik et al., 2013
Carnívoros	33	0,33	0,19-0,67	Burkina	Ouédraogo y Amyot, 2013
No carnívoros	54	0,11	0,06-0,29	Faso	
Especies carnívoras	26	2,81	0,97-4,80	Venezuela	Este estudio
Especies no carnívoras	61	2,14	<0,54-3,52		
Guía de calidad para peces		4,0			Lemly, 2002

Continuación Tabla 6. Concentraciones de selenio en tejidos musculares de peces ($\mu\text{g.g}^{-1}$) en diferentes ecosistemas del mundo

Especie	N	Media	mínimo -máximo	País	Autor
Coryphaena hippurus	30	0,66		EEUU	Kaneko y Ralston, 2007
Thunnus Albacares	50	1,25		EEUU	Kaneko y Ralston, 2007
Makaira nigricans	13	1,98	0,63-5,32	EEUU	Shultz y Ito, 1979
Tetrapturus Audax	30	2,34		EEUU	Kaneko y Ralston, 2007
Alopias spp	10	4,86		EEUU	Kaneko y Ralston, 2007
Isurus oxyrinchos	10	9,01		EEUU	Kaneko y Ralston, 2007
Makaira mazara	50	11,4		EEUU	Kaneko y Ralston, 2007
Striped Bass	23	0,224		EEUU	Karimi et al., 2013
Bluefish	10	0,276		EEUU	Karimi et al., 2013
Summer Flounder	11	0,361		EEUU	Karimi et al., 2013
Killifish	3	0,436		EEUU	Karimi et al., 2013

Scup	14	0,553		EEUU	Karimi et al., 2013
Orangespotted Sunfish	12	12,9	11,0-15,4	EEUU	May et al., 2008
Green Sunfish	16	12,3	6,0-16,1	EEUU	May et al., 2008
White Bass	1	12,2		EEUU	May et al., 2008
Freshwater Drum	6	12,1	10,5-13,2	EEUU	May et al., 2008
Creek Chub	8	11,7	10,4-13,1	EEUU	May et al., 2008
Bluegill	12	11,4	7,9-14,3	EEUU	May et al., 2008
Plains Killfish	1	10,0		EEUU	May et al., 2008
Common Carp	33	9,7	5,8-13,3	EEUU	May et al., 2008
Black Crappie	3	9,5	6,6-11,8	EEUU	May et al., 2008
Black Bullhead	7	9,07	5,5-11,1	EEUU	May et al., 2008
Fathead Minnow	8	8,79	6,2-10,6	EEUU	May et al., 2008
Flathead Catfish	5	8,68	6,5-10,8	EEUU	May et al., 2008
Sand Shiner	5	8,6	7,1-10,3	EEUU	May et al., 2008
River Carpsucker	11	8,31	4,9-11,1	EEUU	May et al., 2008
White Crappie	2	7,52	7,0-8,1	EEUU	May et al., 2008
Central Stoneroller	4	7,45	5,5-12,4	EEUU	May et al., 2008
Channel Catfish	27	7,42	2,8-16,4	EEUU	May et al., 2008
Gizzard Shad	1	6,81		EEUU	May et al., 2008
Longnose Gar	2	3,12	2,7-3,6	EEUU	May et al., 2008
Carp, bullheads, green sunfish			5-10	EEUU	Lemly, 1985
P. glauca	38	0,10	0,02-0,20	México	Sánchez, 2010.
I. oxyrinchus	26	0,14	0,05-0,22	México	Sánchez, 2010.
A. pelagicus	5	0,17	0,15-0,21	México	Sánchez, 2010.
T. audax	6	0,22	0,17-0,28	México	Sánchez, 2010.
C. hippurus	11	0,25	0,16-0,50	México	Sánchez, 2010.
M. nigricans	4	0,29	0,19-10,36	México	Sánchez, 2010.
S. Zygaena	37	0,34	0,11-1,63	México	Sánchez, 2010.
T. Albacares	68	0,50	0,20-1,01	México	Sánchez, 2010.
C. limbatus	8	1,52	0,67-6,06	México	Sánchez, 2010.
Sphyrna Zygaena	10	1,28		Australia	Paul et al., 2003
Pez herbívoro		3,4		Australia	Seixas et al., 2007
Pez carnívoro		9,3		Australia	Seixas et al., 2007
Pez planctívoro		1,08		India	Seixas et al., 2007
Pez Carnívoro		1,64			
Pez Onívoro		0,07 pu		Brazil	Seixas et al., 2007
Pez Carnívoro		0,29 pu			
Labeo senegalensis	10	0,004	0,001-0,006	Ghana	Kwaansa-Ansah et al.,
Clarias Anguillanis	5	0,23	0,092-0,322		2013
Conservas Mar Negro	4	0,96		Turquía	Karadas, 2014
Conservas Truchas	4	3,64			

El robalo rayado (*M. saxatilis*) que se alimentó de carpitas rojas de una zona contaminada por selenio del Lago Belews se encontró concentraciones en sus tejidos musculares de $15 \mu\text{g.g}^{-1}$, lo que originó su muerte en 78 días (Coughlan y Velte, 1989).

Lemly, (1985 y 2002) encontró en el Lago Belews una concentración de selenio en

músculo entre $12-16 \mu\text{g.g}^{-1}$ lo que ocasiono efectos teratógenicos en 20 especies de peces y que 16 especies se extinguieran. Coyle et al., (1993) reportó una reducción drástica en la supervivencia de la especie *bluegill* cuando las concentraciones están entre $16-18 \mu\text{g.g}^{-1}$. Lemly, (2002) observó que cuando las concentraciones de selenio en los huevos de los peces son superiores a $10 \mu\text{g.g}^{-1}$ se puede

producir alteraciones en la reproducción. May et al., (2008) estudio 20 especies de peces del Río Salomón y encontró que el 97% de los 195 peces evaluados tenían concentraciones por encima de $4 \mu\text{g.g}^{-1}$. Este estudio realizado de manera integral en agua, sedimento y peces indicó que la cuenca del río Salomón (EEUU) se encuentra contaminado con selenio (May et al., 2008). Los máximos valores encontrados en tejidos de peces en orden decreciente reportado por algunos autores por países es el siguiente: EEUU > Canadá > Australia > Venezuela > Turquía > India > Macedonia > México > Japón > Burkina Faso > Brasil > Ghana > Golfo Pérsico (Tabla 6). En el caso particular de Estados Unidos y Canadá presentan los máximos valores de selenio en peces y la causa es que existen problemas de contaminación antropogénica reportados por diversos autores (Kaneko y Ralston, 2007, May et al., 2008, Yang et al., 2010). En la Tabla 6 se muestran que los estudios realizados por diferentes autores en más de 940 peces capturados el 33,1% presentan concentraciones de selenio por encima del valor guía de calidad de $4 \mu\text{g.g}^{-1}$ y donde las especies carnívoras presentan valores superiores a las no carnívoras.

CONCLUSIONES

El selenio total en agua y sedimento del río Catatumbo se encontró por debajo de los valores reportados para algunos ecosistemas acuáticos y criterios de calidad.

El selenio en el sedimento se encontró mayoritariamente en la etapa residual (<40%) lo que lo hace poco disponible en la interfase sedimento-agua del río Catatumbo.

Solo el 3,5% de las especies capturadas (Paletón, Viejita Azul y Guabina) presentaron valores por encima a $4 \mu\text{g.g}^{-1}$, lo que supone un peligro al éxito reproductivo de estas especies, evidenciando bioacumulación en la cadena alimentaria y un posible peligro a la salud pública.

Los resultados indicaron que la estación más cercana al Lago de Maracaibo presentó las mayores concentraciones de selenio en agua, sedimento y tejidos de peces.

Los resultados de este estudio sugieren que debe continuar realizando el monitoreo de selenio en agua, sedimento y peces del río Catatumbo ya que a pesar que el medio ambiente no se ha visto afectado de manera significativa y se debe controlar para garantizar la salud pública a los residentes de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) por el financiamiento de esta investigación, al Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM) y al Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador por la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

- Abdullah M., Shiyu Z. and Mosgren K. 1995. Arsenic and Selenium Species in the Oxic and Anoxic Waters of the Oslofjord, Norway. Mar. Pollut. Bull. 31 (1-3): 116-126.
- Álvarez M., Aru R., Barrero M., González E., González Y. y Sepúlveda G. 2012. Estudio biogeoquímico del embalse Suata, Venezuela, de acuerdo al contenido metálico de sus sedimentos de fondo, aguas y peces. Av. Cienc. Ing. 3: 103-114.
- ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council). 1987. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Vol. 1: The Guidelines. Australian Water Association, Artarmon, NSW.
- Beisner K., Naftz D., Johnson W., Diaz X. 2009. Selenium and trace element mobility affected by periodic displacement of

stratification in the Great Salt Lake, Utah. *Sci. Total Environ.* 407: 5263-5273.

CCME 2005. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

Colina M. 2001. Determination of nutrients and Heavy metal species in samples from Lake Maracaibo. PhD Tesis. Sheffield Hallam University, Sheffield, Inglaterra. 195 pp.

Coughlan D.J., and Velte J.S. 1989. Dietary toxicity of selenium-contaminated red shiners to striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 118: 400-408.

Coyle J.J., Bucker D.R. and Ingersoll C.G. 1993. Effect of dietary selenium on the reproductive success of bluegills (*Lepomis macrochirus*). *Environ. Contam. Toxicol.* 12: 551-565.

Cutter G., Cutter L. 2004. Selenium biogeochemistry in the San Francisco Bay estuary: changes in water column behavior. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 61 (3): 463-476.

Davidson C., Thomas R., McVey S., Perala R., Littlejohn D., and Ure A. 1994. Evaluation of sequential extraction procedure for speciation of heavy metals in sediments. *Anal. Chim. Acta* 291: 277-286.

Davidson C., Duncan A., Littlejohn D., Ure A. and Garden L. 1998. A critical evaluation of the three-stage BCR sequential extraction procedure to assess the potential mobility and toxicity of heavy metals in industrially-contaminated land. *Anal. Chim. Acta* 363: 45-55.

Department of Water Affairs and Forestry 1996. South African Water Quality Guidelines. Vol. 7: Aquatic Ecosystems. Government Printer, Pretoria.

Fernández E., Jiménez R., Lallena A.M., and Aguilar J. 2004. Evaluation of the BCR sequential extraction procedure applied for two unpolluted Spanish soils. *Environ. Poll.* 131: 355-364.

Floor G., and Román-Ross G. 2012. Selenium in volcanic environments: A review. *Appl. Geochem.* 27: 517-531.

Fiedler H., López-Sánchez J., Rubio R., Rauret G., Quevauviller Ph., Ure A., and Muntau H. 1994. Study of the stability of extractable trace metal contents in a river sediment using sequential extraction. *Analyst* 119: 1109-1114.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Febrero de 1998, Nro. 36.395.

González-Moreno M.J. 2006. Estimación de la ingesta de nutrientes mediante los estudios de dieta total *Endocrinol Nutr.* 53: 300-308.

G. Peters, W. Maher, F. Krikowa, A. Roach, H. Jeswani, J. Barford, V. Gomes, and D. Reible. 1999. Selenium in sediments, pore waters and benthic infauna of Lake Macquarie, New South Wales, Australia. *Mar. Environ. Res.* 47: 491-508.

Hamilton S.J., Buhl K.J., Faerber N.L., Wiedmeyer R.H., and Bullard F.A. 1990. Toxicity of organic selenium in the diet of chinook salmon. *Environ. Toxicol. Chem.* 9: 347-358.

Holm J., Palace VP., Siwik P., Sterling G., Evans R., Baron C., Werner J. and Wautier K. 2005. Development effects of bioaccumulated selenium in eggs and larvae of two salmonid species. *Environ. Toxicol. Chem.* 24: 2373-2381.

Hoffman R.J., Hallock R.J., Row T.G., Lico M.S., Burge H.L. and Thompson S.P. 1990. Reconnaissance investigation of water quality, bottom sediment, and biota associated with irrigation drainage in and near Stillwater

Wildlife Management Area, Churchill County, Nevada, 1986–1987. USGS Water-Resources Investigations Report 89-4105.

Jardine T., Kidd K. 2011. Low concentrations of selenium in stream food webs of eastern Canada. *Sci. Total Environ.* 409: 785-791.

Johnson C., Ge X., Green K., Liu X. 2000. Selenium distribution in the local environment of selected villages of the Keshan Disease belt, Zhangjiakou District, Hebei Province, People's Republic of China. *Appl. Geochem.* 15: 385-401.

Kaneko J.J. and N.V.C. Ralston. 2007. Selenium and mercury in pelagic fish in the central north Pacific near Hawaii. *Biol. Trace Elem. Res.* 119: 242-254.

Karadas Filiz. 2014. Scientific data on selenium status in Turkey. *Agricultural Sciences* 5 (2):87-93. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.52011>

Karimi R., Frisk M., and Fisher N.S. 2013. Contrasting Food Web Factor and Body Size Relationships with Hg and Se Concentrations in Marine Biota. *PLOS ONE* 8: 1-10.

Koivistoinen P., Huttunen J. 1986 Selenium in food and nutrition in Finland. An overview on research and action. *Ann. Clin. Res.* 18: 13-17.

Kwaansa-Ansah E., Asare-Donkor N., Adimado A., Nam D. 2013. Evaluation of mercury and selenium concentrations in the edible tissue of freshwater fish from the Volta Lake in Ghana. *J. Environ. Occup. Sci.* 2(3): 109-118.

Lavilla I., González-Costas J.M., and Bendicho C. 2007. Improved microwave-assisted wet digestion procedures for accurate Se determination in fish and shellfish by flow injection-hydride generation-atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta* 591: 225–230.

Ledo H., Rivas Z., Gutiérrez J., Gutiérrez E., Ojeda J. and Avila H. 2004. Baseline of Ca, Mg, Fe, Mn and Al concentrations in Catatumbo river superficial sediments. *Water Air Soil Pollut.* 155: 117-135.

Lemly A.D. 1985. Toxicology of selenium in a freshwater reservoir: Implications for environmental hazard evaluation and safety. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 10: 314-338.

Lemly A.D. 2002. Procedure for Setting Environmentally Safe Total Maximum Daily Loads (TMDLs) for Selenium. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 52: 123-127.

May T., Fairchild J., Petty J., Walther M., Lucero J., Delvaux M., Manring J., and Armbruster M. 2008. An evaluation of selenium concentrations in water, sediment, invertebrates, and fish from the Solomon River Basin. *Environ. Monit. Assess.* 137: 213-232.

Mester Z., Cremisini C., Ghiara E., and Morabito R. 1998. Comparison of two sequential extraction procedures for metal fractionation in sediment samples. *Anal. Chim. Acta* 359: 133-142.

Muscattello J.R., Bennett P.M., Himbeault K.T., Belknap A.M. y Janz D.M. 2006. Larval deformities associated with selenium accumulation in northern pike (*Esox lucius*) exposed to metal mining effluent. *Environ. Sci. Technol.* 40, 6506-6512.

Muscattello J.R., Belknap A.M., Janz D.M. 2008. Accumulation of selenium in aquatic systems downstream of a uranium mining operation in northern Saskatchewan, Canada. *Environ. Pollut.* 156: 387-393

Núñez J., Corrales J., Campos J., Silva V., Alpizar H. 2011. Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Tecnología en Marcha.* 26 (1): 27-36.

Ogle R.S., and Knight A.W. 1989. Effects of elevated foodborne selenium on growth and

reproduction of the fathead minnow (*Pimephales promelas*). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 18: 795-803.

Okoro H.K., Fatoki O.S., Adekola F.A., Ximba B.J., and Snyman R.G. 2012. A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments. 1: 181. doi:10.4172/scientificreports.181.

Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. Página 157.

Ouédraogo O., Amyot M. 2013. Mercury, arsenic and selenium concentrations in water and fish from sub-Saharan semi-arid freshwater reservoirs (Burkina Faso). Sci. Total Environ. 444: 243–254.

Raatz S.K., Silverstein J.T., Jahns L. and Picklo M.J. 2013. Review: Issues of Fish Consumption for Cardiovascular Disease Risk Reduction. Nutrients 5: 1081-1097.

Rackley D., Clark P., and Craig M. 2006. Review: Complementary and Alternative Medicine for Advanced Prostate Cancer. Urol. Clin. North. Am. 33: 237–246.

Rauret G., Rubio R., and Lopez-Sanchez J. 1989. Optimization of tessier procedure for metals solid speciation in river sediments. Int. Environ. Anal. Chem. 36: 69-83.

Rayman M. 2000. The importance of selenium to human health. Lancet 356: 233-24.

Rezayi M., Esmaeli A., Valinas T., Alavi J. 2012. Selenium Health Benefit Value (SEHBV) in Selected Fish from Persian Gulf (Khuzestan Shores). International Journal of Environmental Protection 2 (9): 30-35.

Rivas Z., Márquez R., Troncone F., Sánchez J., Colina M., and Hernandez P. 2005.

Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del Lago de Maracaibo. Ciencia 13: 68-77.

Rivas Z., Sánchez J., Troncone F., Márquez R., Colina M. and Ledo H. 2006. Evaluación físico química y bacteriológica del agua del río Catatumbo y sus afluentes, estado Zulia-Venezuela. Ciencia 14: 252-262.

Rivas Z., Sánchez J., José, Troncote F., Márquez R., Ledo H., Colina M., and Gutiérrez E. 2009. Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. Interciencia 34: 308-314.

Rizzo A., Daga R., Arcagni M., Catán S.P., Bubach D., Sánchez R., Guevara S.R. and Arribére M.A. 2010. Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. Ecol. Austral 20: 155-171.

Romero-Gonzalez M.E., Zambrano E., Mesa J., and Ledo H. 2001. Fractional phosphate composition in sediments from a tropical river (Catatumbo River, Venezuela). Hydrobiologia 450: 47–55.

Sánchez O. 2010. Bioacumulación y biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos mayores de la costa occidental de baja California sur, México. Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional, México, 105 pp.

Schultz R., and Hermanutz R. 1990. Transfer of toxic concentrations of selenium from parent to progeny in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 45: 568-573.

Seixas T.G., Moreira I., Kehrig H.A. and Malm O. 2007. Distribuição de selênio em organismos marinhos da baía de Guanabara/rj. Quim. Nova 30: 554-559.

Silveira M.L., Alleoni L.R.F., O'Connor G.A., and Chang A.C. 2006. Heavy Metal Sequential

Extraction Method - A Modification for Tropical Soils. *Chemosphere* 64: 1929–1938.

Taylor E., Ramanathan C., Jalluri R., Nadimpalli R. 1994. Basis for new approaches to the chemotherapy of AIDS: Novel genes in HIV-1 potentially encode selenoproteins expressed by ribosomal frameshifting and termination suppression. *J. Med. Chem.* 37: 2637-2654.

Tessier A., Campbell P., and Bisson M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51: 844-849.

Torres J., Colina M., Rivas Z. y Cano Y. 2006. Distribución de As, Pb, Se y V en muestras de sedimento del río Catatumbo, Venezuela. *Ciencia* 14: 273-282.

Torres J. 2004. Especiación Química de As, Pb, Se y V en muestras de agua y Sedimento del Río Catatumbo. 135 pp.

Torres J. 2012. Flujo de nutrientes en la interfase agua-sedimento del sistema acuático tropical: Lago de Maracaibo. Tesis Doctoral. Facultad Experimental de Ciencias, Departamento de Química. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela, 190 pp.

Tosiani T. 2008. Patologías asociadas a la distribución natural de Se, Ca y Mg sobre la corteza terrestre. *Interciencia* 33 (3): 172-178.

USEPA 1987. Ambient Water Quality Criteria for Selenium. EPA-440/5-87-006. Office of

Water, Office of Science and Technology, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Vrhovnik P., Arrebola J., Serafimovski T., Dolenec T., Smuc N., Dolenec M., Mutch E. 2013. Potentially toxic contamination of sediments, water and two animal species in Lake Kalimanci, FYR Macedonia: Relevance to human health. *Environ. Pollut.* 180 (2013) 92e100

Wedepohl K. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59 (7): 1217-1232.

Wu L. 2004. Review of 15 years of research on ecotoxicology and remediation of land contaminated by agricultural drainage sediment rich in selenium. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 57: 257-269.

Yamashita Y., Yamashita M. and Iida H. 2013. Selenium Content in Seafood in Japan. *Nutrients* 5: 388-395.

Yang D., Ye X., Chen Y., and Belzile N. 2010. Inverse relationships between selenium and mercury in tissues of young walleye (*Stizosedion vitreum*) from Canadian boreal lakes. *Sci. Total Environ.* 408: 1676-1683.

Y.K Chau., P.T.S Wong., Silverberg B.A., P.L. Luxon., and G.A Bengert. 1976. Methylation of selenium in the aquatic environment. *Science* 192: 1130-1131.