



ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO

2019

Volumen 23, Nº 1
ISSN Nº 1390-129 X

Volumen 23, Nº 1
ISSN Nº 1390-129 X

2019

Base Naval Sur. Av. 25 de Julio,
vía Puerto Marítimo.
Apartado postal: 5940
Código postal: 090205
(+593) 4-38-13-440
inocar@inocar.mil.ec
www.inocar.mil.ec
Guayaquil - Ecuador

Revise publicaciones anteriores
en nuestra página web:
<http://bit.ly/InocarActas>



ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO

Volumen 23, Nº 1, 2019

COMITÉ EDITOR

Editor

Patricio HIDALGO Vargas
Capitán de Navío-EM
Director del Instituto Oceanográfico de la Armada

Director de la Publicación

TNNV-SU Leonardo ALVARADO García
Director de Oceanografía Naval-INOCAR

Subdirector de Publicación

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

LISTA DE REVISORES DE LOS ARTICULOS

Nikita Gaibor, Ph.D.
Subdirector del Instituto Nacional de Pesca

Jorman Kuparinen, Ph.D.
Docente Emérito Universidad de Helsinki
Finlandia

Judith Dekinger, Ph.D.
Docente de la Universidad San Francisco
de Quito (USFQ)

Jaimie Rojas, M.Sc.
Investigador de la Fundación La Salle de
Venezuela

Blgo. Roberto Quesquen
Investigador del Instituto del Mar del Perú
(IMARPE)

Blga. Elcira Delgado, M.Sc.
Investigadora del Instituto del Mar del Perú

Vannia Aliaga Nestares, Mg.Sc.
Investigador Meteorológico del Servicio
Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
(Senamhi)

Dra. María Luzuriaga, M.Sc.
Investigador del Instituto Nacional de Pesca

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

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

Dr. Francisco Villamar Fernández
Investigador en Bentos-Poliquetos

Dr. Christian Naranjo, M.Sc.
Investigador del Instituto Oceanográfico de
la Armada.

PRÓLOGO

El Instituto Oceanográfico de la Armada, a través de la Revista Acta Oceanográfica del Pacífico se complace en presentar a la comunidad científica, estudiantes y público en general el presente volumen 23, que contiene los resultados de los proyectos de investigación oceanográfica, meteorológica y artículo de difusión científica.

Esta publicación es producto del esfuerzo de los investigadores de las ciencias del mar, que dedicaron muchos días en analizar, describir, interpretar y generar conocimientos básicos y aplicados, permitiendo contribuir con los avances científicos dirigidos a la comunidad interesada en conocer las relaciones que tienen los diferentes procesos oceanográficos, contaminantes y sus posibles impactos en la fauna marina y estuarina que habita en la zona marino-costera del Ecuador.

El Instituto, como un efecto multiplicador y de difusión del conocimiento fruto del trabajo de los investigadores, brinda a los lectores, la presente edición y ahora más que nunca, debemos estar conscientes que nuestro planeta es dinámico y cambiante, a consecuencia de muchas actividades antropogénicas; es por ello que se formula una reflexión encaminada a la conservación de los recursos vivos que habitan en los océanos, debido a que la biota marina juega un rol esencial para mantener el equilibrio que requiere nuestro planeta.

CPNV-EM Patricio HIDALGO Vargas
Director del Instituto Oceanográfico de la Armada

AGRADECIMIENTOS Y CRÉDITOS

Los autores de los artículos publicados en el volumen 23, número 1, expresan su agradecimiento al señor CPNV-EM Patricio Hidalgo Vargas, Editor de la Revista Acta Oceanográfica del Pacífico y al TNNV-SU Leonardo Alvarado García, Director de la publicación, por brindar su apoyo para difundir los artículos científicos relacionados a las ciencias marinas, con el propósito de contribuir al fortalecimiento de las capacidades y conocimientos de la comunidad científica.

Así también, nuestro reconocimiento y gratitud a los señores investigadores de las instituciones nacionales y extranjeras que conforman la lista de revisores, quienes colaboraron con sus valiosos comentarios y sugerencias para el éxito de los manuscritos, permitiendo mantener el nivel de impacto y aceptación de la revista.

Finalmente, exteriorizamos nuestro agradecimiento a la Blga. Elsa Salazar Litardo quien realizó el levantamiento del texto y la revisión de los artículos, respetando las normas que se solicitan en la instrucción para los autores, previo a la edición y publicación en línea de los artículos, así mismo al Lcdo. Oscar Huayamave Ponce por su colaboración en diseñar la portada de la revista.

Comportamiento de la temperatura y la precipitación del perfil costero ecuatoriano en el año 2018

Behavior temperature and precipitation of the ecuadorian coastal profile in the year 2018

José Reyes Alava¹

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, División de Meteorología jose.reyes@inocar.mil.ec

RESUMEN

Con el fin de ampliar y dar a conocer las características climatológicas de la costa ecuatoriana en el año 2018, se realizó el análisis de la temperatura y de la precipitación acumulada de la serie de datos mensuales del año 2018 y se las comparó estadísticamente con los mismos parámetros del periodo 1981 – 2017, con el objetivo de conocer el comportamiento térmico y pluviométrico anual del perfil costero del Ecuador, tomando como referencia la información climatológica de red de estaciones meteorológicas costeras del Instituto Oceanográfico de la Armada – INOCAR, evidenciándose tendencias de incrementos en las temperaturas y déficit en el periodo pluviométrico del año antes mencionado.

Palabras claves: Temperatura del aire, precipitación, red costera, máxima, mínima.

ABSTRACT

In order to expand and publicize the climatic characteristics of the Ecuadorian coast in 2018, the analysis of the temperatures and the accumulated precipitation of the monthly data series of the year 2018 was performed and that they were statistically compared with the same parameters, from 1981 – 2017 period, with the objective of knowing the annual thermal and rainfall behavior of the coastal profile of Ecuador, taking as reference the climatic information of the INOCAR coastal weather stations network, evidencing trends of increases in temperatures and deficits in the rainfall period of the year mentioned above.

Keywords: Air temperature, precipitation, coastal stations, maximum, minimum.

INTRODUCCIÓN

La costa ecuatoriana presenta dos épocas definidas y se encuentra influenciada por diversos factores meteorológicos como la Zona de Convergencia Intertropical (Cinturón de bajas presiones activa, que resalta la época húmeda), el Alta Semipermanente del Pacífico Sur (Condiciona el clima de la zona tropical) y el Alta de Bolivia (Incursiona masa de aire cargado de humedad en el territorio amazónico); por factores geográficos como La Cordillera de los Andes (Desempeña un papel muy importante en la generación y desplazamiento de masas de aire locales o regionales), factores oceanográficos como las Corrientes Oceánicas (Fría de Humboldt y Cálida del Niño) y factores astronómicos como la incidencia solar (radiación solar que llega en la tierra).

Gálvez y Regalado (2007), analizaron que el clima de la costa ecuatoriana, es seco – tropical húmedo, relacionada con la clasificación climática de Köppen, sustentada por Blandin (1989) y que fue determinada por los principales indicadores como lo son la precipitación acumulada y la temperatura del aire.

Durante el 2018, el comportamiento atmosférico de la costa ecuatoriana se presentó variable y por debajo de su normal, y por tal razón el presente trabajo tiene la finalidad de analizar ese comportamiento a través de los datos obtenidos del monitoreo realizado a dos variables meteorológicas como la precipitación y la temperatura del aire, durante el año antes mencionado, aplicando metodologías estadísticas con resultados ilustrados y numéricos. Considerando que el Ecuador presenta dos características climáticas definidas, con la presencia de zonas donde el comportamiento pluviométrico abundante o escaso y el comportamiento térmico varían dependiendo de la zona y su altitud.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio la constituye el borde costero ecuatoriano, tomando como referencia para el presente trabajo las estaciones meteorológicas del INOCAR, ubicadas en San Lorenzo, Esmeraldas, La Libertad, Guayaquil, Puna y Puerto Bolívar, (Figura 1).

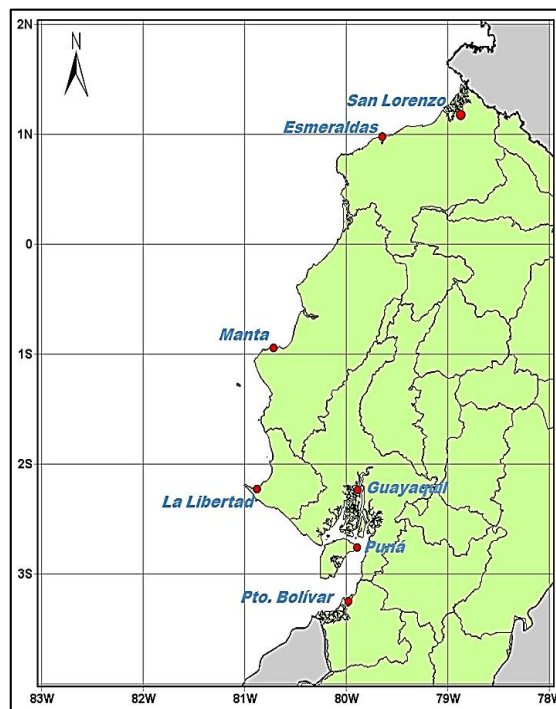


Figura 1: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas del INOCAR.

Figure 1: Spatial distribution of the INOCAR weather stations.

Tabla 1: Localización geográfica y altitudinal de estaciones meteorológicas.

Table 1: Geographical and altitudinal location of weather stations.

Estación	Latitud	Longitud	Altura (m)
San Lorenzo	1°17'29"N	78°50'41"O	4
Esmeraldas	0°59'27"N	79°38'47"O	4
La Libertad	2°11'00"S	79°53'00"O	19
Guayaquil	2°11'00"S	79°53'00"O	4
Puná	2°44'27"S	79°54'38"O	20
Pto. Bolívar	3°15'41"S	80°00'04"O	4

DATOS

Para la elaboración de este trabajo se utilizaron parámetros como las temperaturas superficiales y extremas (máximas y mínimas), más la precipitación acumulada de las estaciones indicadas anteriormente, durante el 2018.

METODOLOGÍA

En el presente trabajo, se integró una base de datos climatológica compilada, de los datos meteorológicos en estudio, y que fueron descargadas desde el Sistema de Información Hidrográfico y Oceanográfico (SIHO) del INOCAR.

Obtenida la información y generadas en archivos de extensión *.txt, se cumplieron con los siguientes pasos:

1. Se revisó la información con el objetivo de identificar datos faltantes y escoger las estaciones principales con información climatológica superior a 30 años.
2. Se crearon archivos Excel de cada una de las estaciones, tabulándose en un rango temporal diario y mensual, identificándose los valores atípicos, que posteriormente fueron eliminados.
3. Se analizó el comportamiento de los dos parámetros indicados anteriormente de seis estaciones meteorológicas del INOCAR, durante el 2018 y que fueron comparados con las normales climatológicas (1981 – 2010), aplicando recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011).
4. Analizada y verificada la información meteorológica en estudio se procedió a generar las gráficas y cuadros estadísticos, utilizando las herramientas estadísticas aplicadas en el programa Microsoft Excel y luego se realizó las referidas comparativas anuales,

mensuales y con sus respectivas tendencias, tomando en consideración que dentro de la información utilizada para la elaboración del presente trabajo, se consideró también los rankings anuales.

RESULTADOS

1. Temperatura

1.1. Temperatura Superficial del Aire

La temperatura media del perfil costero (desde San Lorenzo hasta Puerto Bolívar), durante el 2018, fue de 25.70°C, y se registró climatológicamente superior a su normal con un valor de +0.33°C, (Figura 2).

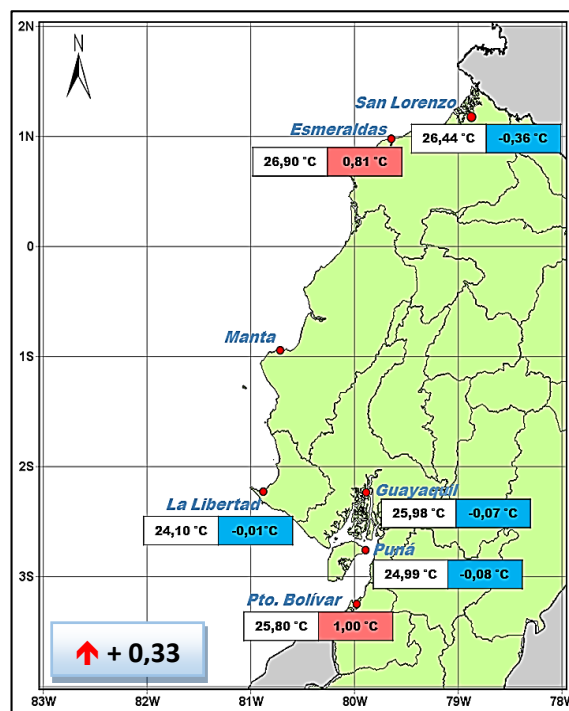


Figura 2: Promedio anual de Temperatura Superficial del Aire de las estaciones meteorológicas del INOCAR.

Figure 2: Annual Average Surface Air Temperature of the INOCAR weather stations.

La estación de Esmeraldas durante el 2018, registró la más alta temperatura promedio, con un valor de 26.90°C, mientras que la estación de La Libertad, registró la más baja

temperatura promedio con un valor de 24.10°C.

Con respecto a las anomalías, durante el año 2018, la estación de Puerto Bolívar registró una anomalía de +1.00°C y la estación de Puná, registró una anomalía de -0.08°C, (Figura 3).

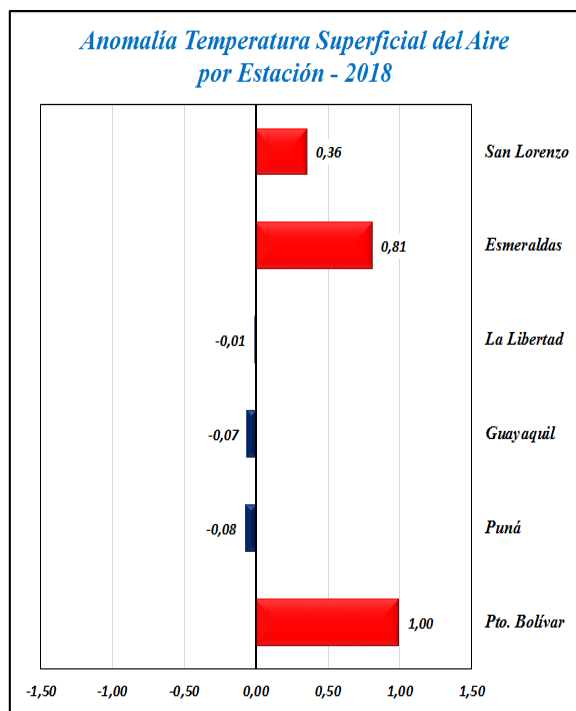


Figura 3: Anomalía de temperatura superficial del aire, durante el año 2018.

Figure 3: surface air temperature anomaly, during the year 2018.

1.2. Temperatura Máxima

La temperatura máxima promedio en el perfil costero continental ecuatoriano durante el 2018, fue 29.62°C, el cual representa una anomalía positiva de +0.74°C, (Figura 4).

En lo que respecta a la diferencia anual entre el promedio normal anual y la temperatura máxima promedio, durante el año 2018, la estación de Puerto Bolívar registro una anomalía de +2.75°C y la estación de Puná, registró una anomalía de -0.35 °C, (Figura 5).

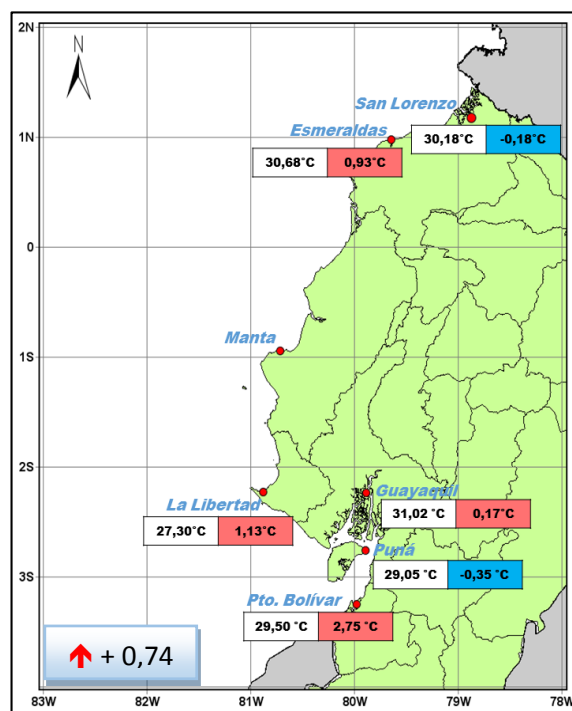


Figura 4: Promedio anual de temperatura Máxima en las estaciones del INOCAR.

Figure 4: Annual average maximum temperature of INOCAR stations.

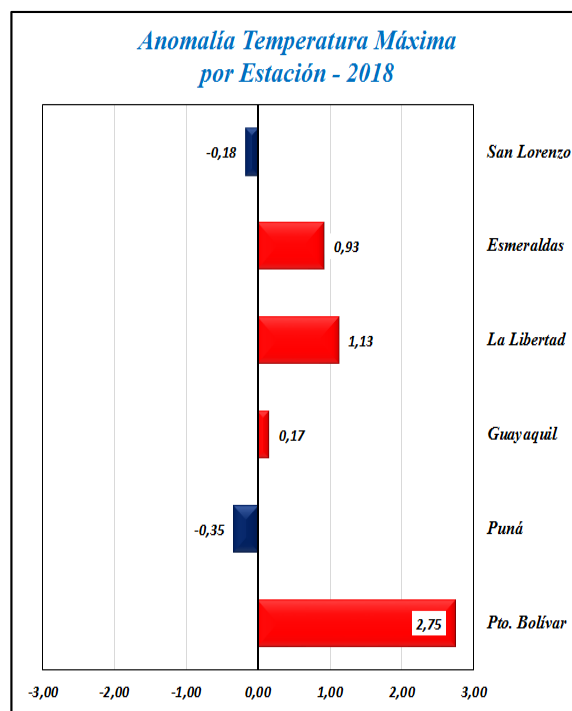


Figura 5: Anomalías de Temperatura Máximas, durante el año 2018.

Figure 5: Maximum temperature anomalies, during the year 2018.

1.3. Temperatura Mínima

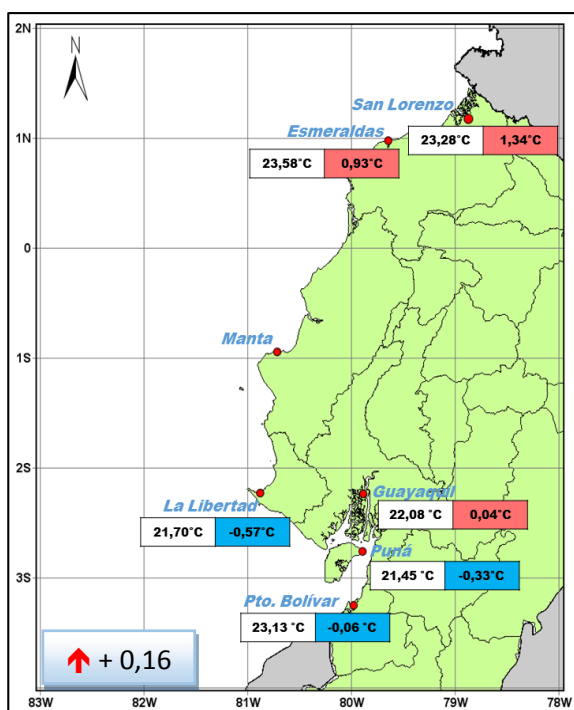


Figura 6: Promedio anual de temperatura mínima en la red INOCAR.

Figure 6: Annual average minimum temperature of INOCAR stations.

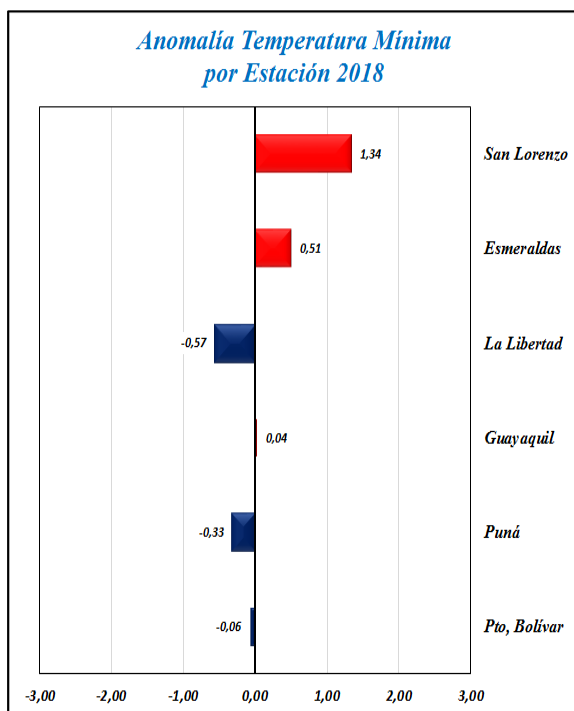


Figura 7: Anomalías de Temperatura Mínimas, durante el año 2018 el año 2018.

Figure 7: Minimum Temperature Anomaly, during the year 2018.

La temperatura mínima promedio del perfil costero continental ecuatoriano durante el 2018, fue de 22.53°C, siendo climatológicamente +0.16°C superior a su normal, (Figura 6).

En lo que respecta a la diferencia anual entre el promedio normal anual y la temperatura máxima promedio, durante el 2018, la estación de Sam Lorenzo registró una anomalía de +1.34°C y la estación de La Libertad, registró una anomalía de -0.57°C, (Figura 7).

1.4. Ranking térmico de la red costera

La temperatura superficial del aire promedio en el 2018, ocupó el puesto doce del ranking (considerados desde 1981), y registrándose el 2015, como el año más cálido, con una anomalía de +1.55°C.

Con respecto a la temperatura máxima promedio, el valor registrado del 2018, ocupó el puesto nueve del ranking de los días más cálidos, considerados desde 1981 y que registró el 2015, como el de mayor registro, con una anomalía de +2.03°C.

Con respecto a la temperatura mínima promedio, el valor registrado del 2018, ocupó el lugar quince del ranking, considerados desde 1981 y observándose que el 2013, se presentó como el más alto, con una anomalía de +3.08°C.

1.5. Tendencia térmica

El comportamiento de la tendencia de la Temperatura Superficial del Aire en la última década (2008–2018), ha evidenciado un aumento considerable de +0.21°C por década. Asimismo, se observó que desde 1995 el comportamiento térmico saltó la neutralidad, (Figura 8).

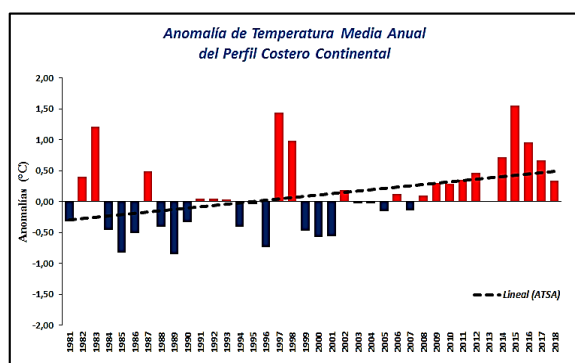


Figura 8: Tendencia de temperatura media anual, en el perfil costero.

Figure 8: Annual average temperature trend, at the coastal edge.

Las temperaturas extremas, tanto como la máxima y la mínima, muestran un incremento progresivo para la temperatura máxima con una tendencia de $+0.33^{\circ}\text{C}$ por década, (Figura 9) y para la temperatura mínima una tendencia de $+0.22^{\circ}\text{C}$ por década, (Figura 10).

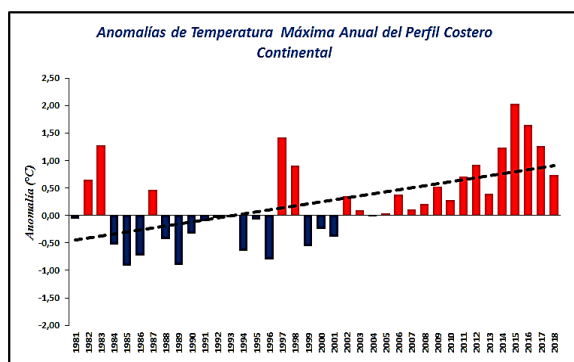


Figura 9: Tendencia de temperatura máxima.

Figure 9: Maximum temperature trend.

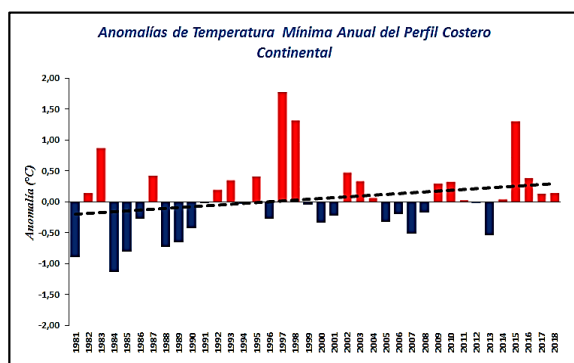


Figura 10: Tendencia de temperatura mínima.

Figure 10: Minimum temperature trend.

2. Precipitación

2.1. Precipitación acumulada en el perfil costero

Durante el 2018, los acumulados de precipitación en las estaciones de la red costera del INOCAR, presentó un comportamiento variable, debido al alto porcentaje de los diferentes acumulados que se observaron por debajo de su normal.

En la estación de San Lorenzo, nueve de los meses registraron acumulados por debajo de su normal y tres registraron acumulados cercanos y sobre de su valor normal. El mes de mayo de 2018, registró un acumulado de 612.90 mm, (Figura 11).

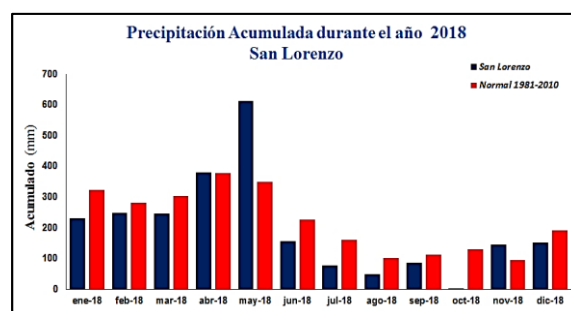


Figura 11: Lluvia en San Lorenzo, durante el año 2018.

Figure 11: Rainfall in San Lorenzo, during the year 2018.

En la estación de Esmeraldas, el 92% de los meses registraron acumulados por debajo de su normal y el 8% registraron acumulados sobre de su valor normal. Mayo de 2018, registró un acumulado de 92.60 mm, (Figura 12).

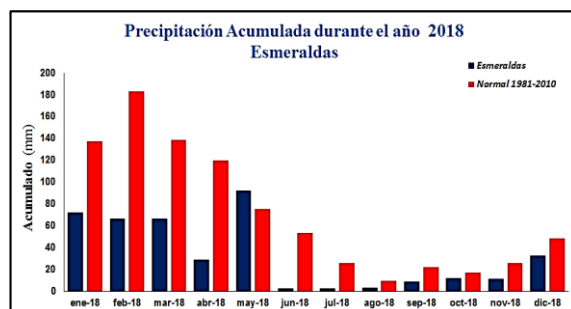


Figura 12: Lluvia en Esmeraldas, durante el año 2018.

Figure 12: Rainfall in Esmeraldas, during the year 2018.

En la estación de La Libertad, diez de los meses registraron acumulados por debajo de su normal y dos registraron acumulados cercanos y sobre de su valor normal. Febrero de 2018, registró un acumulado de 215.80 mm, (Figura 13).

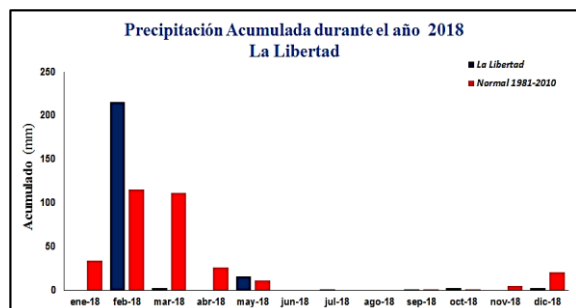


Figura 13: Lluvia en La Libertad, durante el año 2018.

Figure 13: Rainfall in La Libertad, during the year 2018.

En la estación de Guayaquil, ocho de los meses registraron acumulados por debajo de su normal, tres registraron acumulados sobre de su valor normal y un mes no registró valores de precipitación. Febrero de 2018, registró un acumulado de 425.10 mm, (Figura 14).

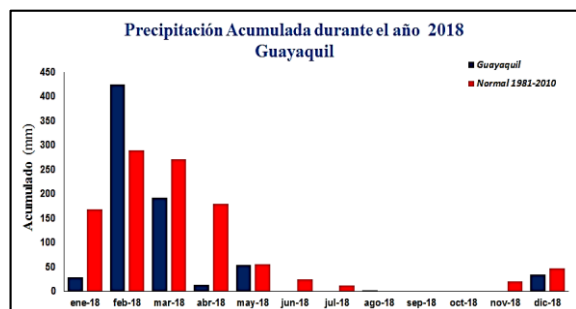


Figura 14: Lluvia en Guayaquil, durante el año 2018.

Figure 14: Rainfall in Guayaquil, during the year 2018.

En la estación de Puná, siete de los meses registraron acumulados por debajo de su normal y cinco no registraron valores de precipitación. Febrero de 2018, registró un acumulado de 150.10 mm, (Figura 15).

En la estación de Puerto Bolívar, diez de los meses registraron acumulados por debajo de su normal y dos meses registraron

acumulados sobre de su valor normal. Febrero de 2018, registró un acumulado de 185.00 mm, (Figura 16).

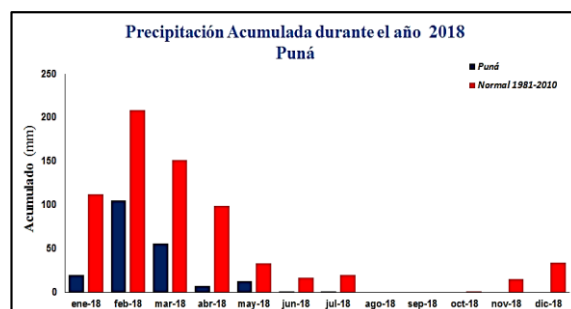


Figura 15: Lluvia en Puná, durante el año 2018.

Figure 15: Rainfall in Puná, during the year 2018.

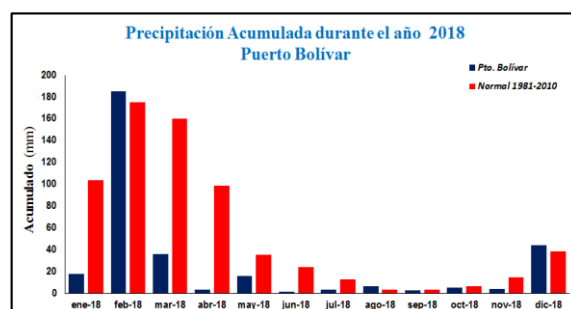


Figura 16: Lluvia en Puerto Bolívar, durante el año 2018.

Figure 16: Rainfall in Puerto Bolívar, during the year 2018.

2.2. Anomalías de Precipitación en el perfil costero

En la estación de San Lorenzo, los meses de abril, mayo y noviembre de 2018, registraron valores de precipitación acumulada con anomalías sobre la normal, (Figura 17).

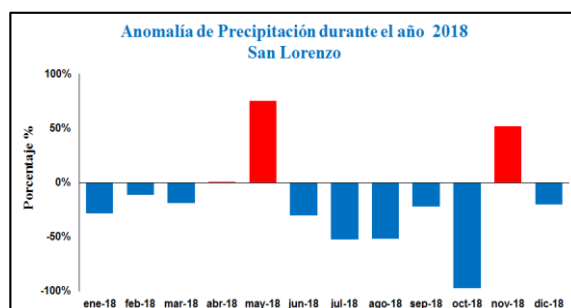


Figura 17: Anomalías de precipitación en San Lorenzo.

Figure 17: Precipitation anomaly in San Lorenzo.

En la estación de Esmeraldas, el mes de mayo, registró una precipitación acumulada con anomalías sobre la normal, (Figura 18).

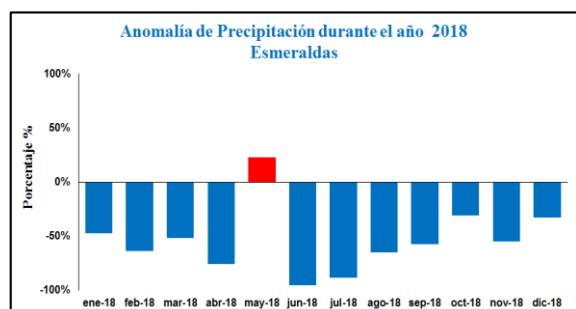


Figura 18: Anomalías de precipitación de Esmeraldas.

Figure 18: Precipitation anomaly in Esmeraldas.

En la estación de La Libertad, los meses de febrero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre de 2018; registraron precipitaciones acumuladas con anomalías sobre la normal y los meses restantes registran anomalías por debajo de su normal, (Figura 19).

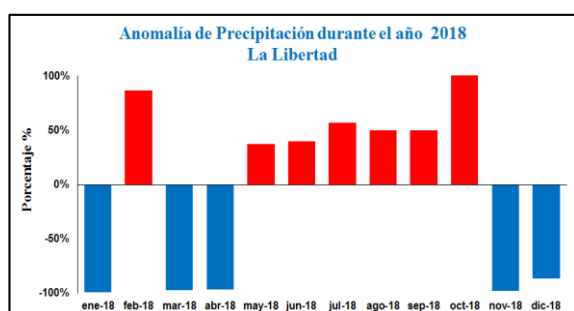


Figura 19: Anomalías de precipitación de La Libertad.

Figure 19: Precipitation anomaly in La Libertad.

En la estación de Guayaquil, los meses de febrero y agosto, se registraron precipitaciones acumuladas con anomalías sobre la normal, (Figura 20).

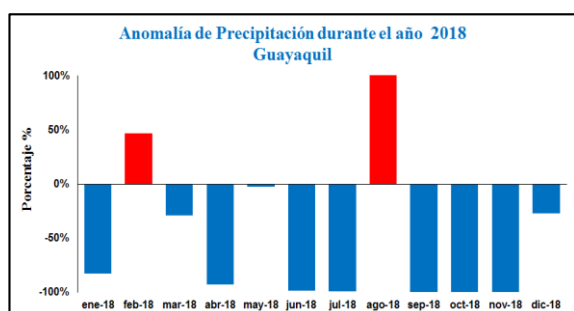


Figura 20: Anomalías de precipitación de Guayaquil.

Figure 20: Precipitation anomaly in Guayaquil.

En la estación de Puná, se observó durante el periodo en estudio, precipitaciones acumuladas con anomalías por debajo de su normal, (Figura 21).

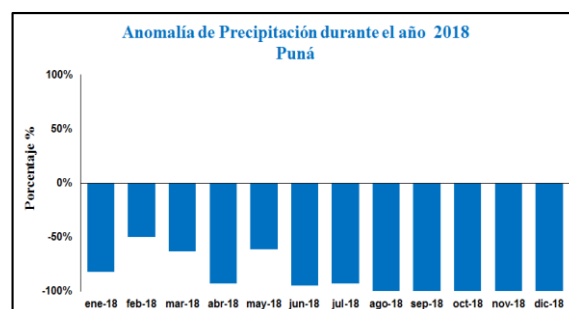


Figura 21: Anomalías de precipitación de Puná.

Figure 21: Precipitation anomaly in Puná.

En la estación de Puerto Bolívar, los meses de febrero, agosto y diciembre de 2018, se registraron precipitaciones acumuladas con anomalías sobre la normal, (Figura 22).

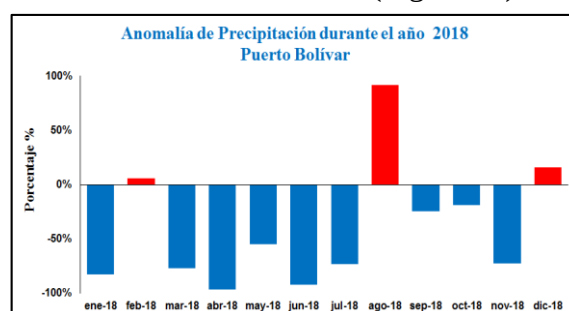


Figura 22: Anomalías de precipitación de Puerto Bolívar.

Figure 22: Precipitation anomaly in Puerto Bolívar.

2.3. Ranking de precipitación de la red costera

En el 2018, la estación de San Lorenzo, cerró con un acumulado promedio anual de 199.49 mm, ocupando el puesto veinticinco en el ranking de precipitación, la estación de Esmeraldas, cerró con 67.54 mm, ocupando el puesto catorce en el ranking de precipitación de los últimos 38 años.

La estación de La Libertad, cerró con un acumulado promedio anual de 3.23 mm, ocupando el puesto treinta en el ranking de precipitación, la estación de Guayaquil, cerró con un acumulado promedio anual de 39.93 mm, ocupando el puesto treinta y cuatro en el ranking de precipitación.

La estación de Puná, cerró con un acumulado promedio anual de 16.97 mm, ocupando el puesto treinta y cuatro en el ranking de precipitación, la estación de Puerto Bolívar, cerró con un acumulado promedio anual de 27.31 mm, ocupando el puesto veinticinco en el ranking de precipitación de los últimos 38 años.

2.4. Tendencia Pluviométrica

En la zona norte de la costa ecuatoriana, analizando el comportamiento de precipitación, se observó en San Lorenzo una tendencia decreciente a partir del año 1999, manteniéndose este patrón hasta el 2018, (Figura 23).

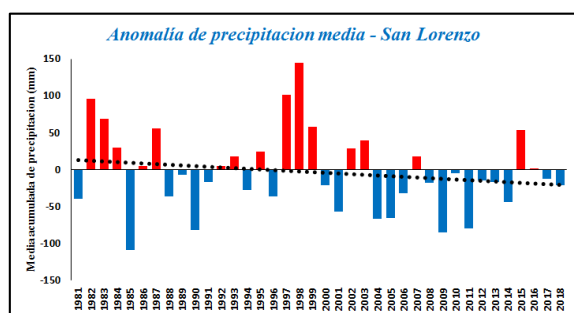


Figura 23: Anomalía de precipitación media de San Lorenzo (1981-2018).

Figure 23: Average precipitation anomaly of San Lorenzo (1981-2018).

En Esmeraldas, se mantiene la tendencia decreciente a partir de 1993 y sigue manteniéndose este patrón hasta el 2018, (Figura 24).

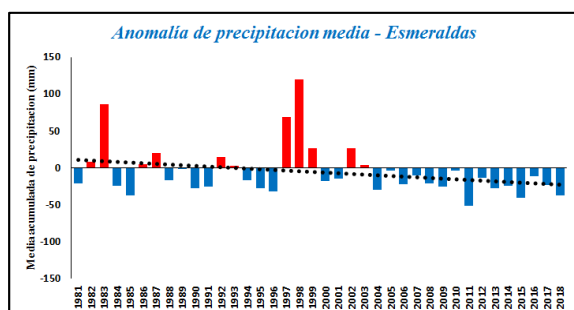


Figura 24: Anomalía de precipitación media de Esmeraldas (1981-2018).

Figure 24: Average precipitation anomaly of Esmeraldas (1981-2018).

En La Libertad, se mantiene la tendencia ligeramente decreciente a partir del 2002, que se ha ido manteniéndose este patrón hasta el 2018, (Figura 25).

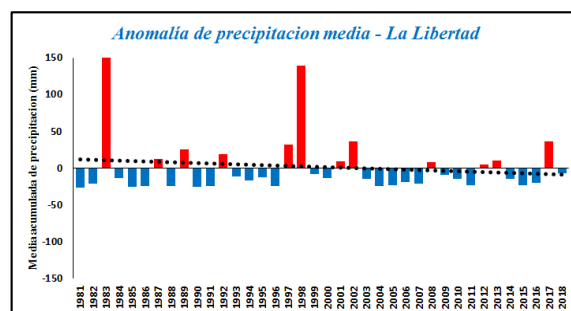


Figura 25: Anomalía de precipitación media de La Libertad (1981-2018).

Figure 25: Average precipitation anomaly of La Libertad (1981-2018).

Guayaquil, se mantiene la tendencia ligeramente decreciente a partir del 2002, que se ha ido manteniéndose este patrón hasta el 2018, (Figura 26).

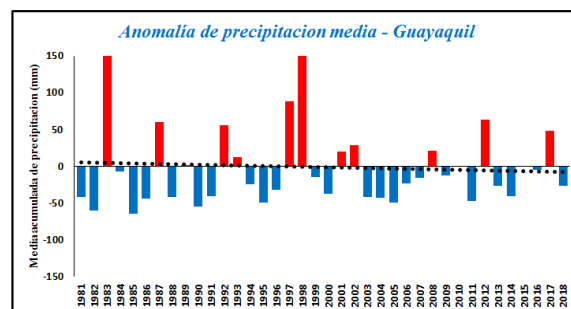


Figura 26: Anomalía de precipitación media de La Guayaquil (1981-2018).

Figure 26: Average precipitation anomaly of Guayaquil (1981-2018).

En Puná, debido a la constante negativa de anomalía en los últimos años, se mantiene una tendencia decreciente, que inició a partir de 1998, que se ha ido manteniéndose hasta el 2018, (Figura 27).

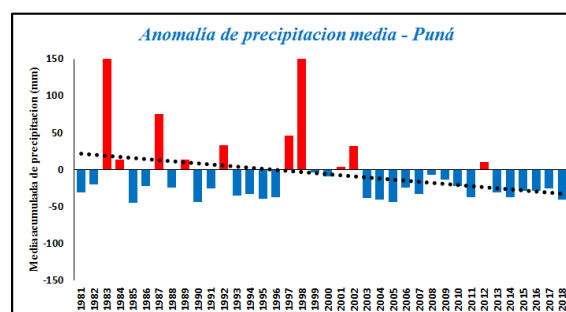


Figura 27: Anomalía de precipitación media de Puná (1981-2018).

Figure 27: Average precipitation anomaly of Puná (1981-2018).

En Puerto Bolívar, desde 1996, se mantiene la tendencia decreciente y se ha ido manteniéndose este patrón hasta 2018, (Figura 28).

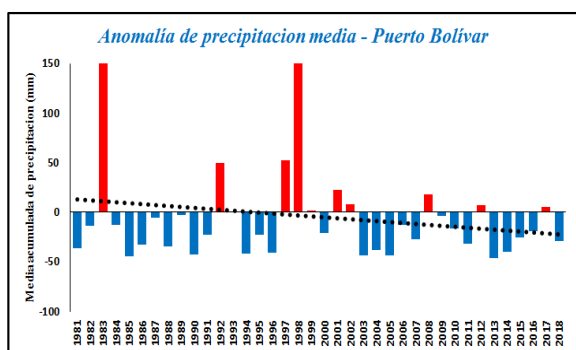


Figura 28: Anomalía de precipitación media de Puerto Bolívar (1981-2018).

Figure 28: Average precipitation anomaly of Puerto Bolívar (1981-2018).

CONCLUSIONES

La temperatura superficial del aire durante el 2018 en el perfil costero ecuatoriano presentó variabilidad con valores que expresan un comportamiento térmico de tendencias netamente positivas que considerablemente superaron su normal histórica, registrándose un incremento anual de $+0.33^{\circ}\text{C}$, ocupando el doceavo puesto del ranking térmico promedio y que tendencialmente este patrón se espera se siga intensificando progresivamente, tomando como base la tendencia decadal de $+0.21^{\circ}\text{C}$.

Con respecto a los valores extremos anuales (máximos y mínimos), tendencialmente mantiene el comportamiento de aumento moderado, con una tendencia decadal de $+0.33^{\circ}\text{C}$ y $+0.22^{\circ}\text{C}$.

El comportamiento pluviométrico del 2018, cerró con déficit, lo que implicó que este año ocupe climatológicamente en las estaciones puestos pasados del ranking 20 de los años más secos, a excepción de Esmeraldas que ocupó el puesto 14 del ranking, considerando para su determinación la utilización de seis estaciones meteorológicas de la red INOCAR, que durante el año en estudio,

presentaron en su gran mayoría anomalías porcentuales por debajo de su normal histórica.

REFERENCIAS

- Blandín, C. (1989). *Análisis y estudios climatológicos en el Ecuador*. Quito.
- Del Salto, M. B., Gálvez, H., & Regalado, J. (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*.
- DGAC, & METEOCHILE. (2019). Informe climático del año 2018. *Reporte anual de la evolución del clima*.
- ERFEN, C. (2018). *Boletines mensuales ERFEN*.
- Gálvez, H., & Regalado, J. (2009). Comportamiento de las precipitaciones en la costa ecuatoriana en el año 2008. *Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 15*.
- INOCAR. (2018). Datos Meteorológicos de la Red INOCAR.
- (OMM), O. M. (2011). *Guía de prácticas climatológicas (OMM-100)*. Ginebra.
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos*. Quito.
- Regalado, J., & Gálvez, H. (2007). Características de las precipitaciones, la temperatura del aire y los vientos en la costa ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 14, 14(1)*. Recuperado el 2019.

Distribución vertical del Fitoplancton en el Parque Nacional Machalilla, Ecuador durante marzo 2015

Vertical distribution of the Phytoplankton in the Machalilla National Park, Ecuador during march 2015

María Elena Tapia ¹ Christian Naranjo ¹

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

RESUMEN

Durante marzo de 2015 frente a la provincia de Manabí, la comunidad de fitoplancton en términos de biomasa celular y muestras en redes, se determinó que, los mayores porcentajes se registraron a nivel de superficie se colectaron y analizaron un total de 27 muestras distribuidas en tres veriles de profundidad. Se elaboraron figuras de distribución de clorofila- a, gráficos de las especies (muestras de red de 50 u) y la relación con los parámetros físicos y químicos.

Las mayores biomásas celulares se observaron en las Estaciones cercanas a la costa localizada en la E-26 a nivel superficial.

Se observaron en los arrastres superficiales las mayores densidades relativas en las estaciones 7 y 27 ubicadas en áreas de las “Estaciones cercanas e intermedias” representadas por las especies Chaetoceros affinis 19.04%, Leptocylindrus danicus 20.92%, Rhizosolenia imbricata 9.54%, C. eibonii 2.42%, y otros 23.27% que son típicas de ambientes costeros y cosmopolita, por lo cual se considera normal para la presente época.

En general debido a la fauna planctónica acompañante, dominaron las Larvas de cifonautas, copépodos, radiolarios, resaltando la presencia de una gran cantidad de huevos de invertebrados, huevos de peces como resultado de la disponibilidad de fitoplancton y de nutrientes existentes en el área, lo que habría favorecido a estas comunidades, debido a que cumplen un rol importante para el equilibrio del ecosistema marino.

Palabras Claves: Distribución vertical, Área protegida, Clorofila, Biomasa, Especies.

ABSTRACT

*Phytoplankton community structure and biomass and physical and chemical variables were determined in front of the Manabi province, Ecuador during March 2015. A total of 27 samples was collected and analyzed from three layers in the surface water. Figures of the chlorophyll-a, the species distribution (50 um net samples) and the physical and the chemical properties were prepared to analyze the relationship between biological and water quality variables. The highest cellular biomass was observed in the surface layers at three stations near to the station 26. The higher relative densities represented by the *Chaetoceros affinis* 19.04%, *Leptocylindrus danicus* 20.92%, *Rhizosolenia imbricata* 9.54%, *Ch. eibonii* 2.42 % were observed in stations 7 and 27 in areas of the “nearby and intermediate stations”. These observations were typical for the coastal areas and therefore we consider that the conditions for autotrophic growth were normal for this time period. In general, due to the accompanying planktonic fauna such as the larvae of kyphonauts, copepods and radiolarians and the presence of a large number of invertebrate eggs, fish eggs highlights the availability of a healthy phytoplankton community and nutrients in the area. The existing phytoplankton community, dominated by large diatoms, a luxurios growth of zooplankton larvae and provide thus a short food chain and a “balanced” marine ecosystem.*

Keywords: Vertical distribution, Protected area, Chlorophyll, Biomass, Species.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Machalilla es la única área protegida del Ecuador continental que incluye una zona terrestre y el área marino-costera adyacente. El área marina del parque es notable por la presencia de los únicos arrecifes coralinos en la costa continental del país, por su alta biodiversidad, por la ocurrencia de algunas especies de gran importancia turística y por la belleza de sus playas y paisajes costeros.

La zona marina del Parque, es un Humedal, declarado como tal en el marco de la “Convención sobre Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas y, los compromisos que el país, en el contexto de dicha Convención, ha asumido para la conservación y uso racional de la biodiversidad marino-costera del Parque”, Ramsar (1971).

Hasta la fecha, el PNM representa la máxima diversidad biológica marina conocida en la costa ecuatoriana, y aunque el número de especies endémicas es bajo, la riqueza faunística excede la de la Reserva Marina de Galápagos. Destaca especialmente la diversidad de los animales invertebrados y, efectivamente, la zona fue señalada hace muchos años por la riqueza de su fauna. Esta diversidad es el resultado de la presencia de sistemas coralinos y rocosos muy especiales (especialmente alrededor de las islas e islotes del Parque) y la presencia de zonas de alta productividad asociadas con el afloramiento de aguas ricas en nutrientes. A pesar de su alta diversidad, el conocimiento de la fauna y flora marina del PNM es pobre y la investigación de esta riqueza es aún incipiente, (MAE, 2007).

Las investigaciones han determinado que en áreas de alta productividad pesquera, el plancton es muy abundante; por lo tanto es necesario conocer la distribución y composición del mismo.

De esta forma se conoce la disponibilidad del alimento, y la trama de la cadena alimentaria o la transferencia de energía entre los diferentes organismos (Parsons, R., M. Takahashi & B. Margrave, 1984).

Gualancañay E., M. Tapia, M. Cruz, C. Naranjo & F. Villamar (2010-2011), mencionaron en un estudio realizado sobre la caracterización en la Bahía de Jaramijó durante el 2008 registró una diversidad de 66 especies distribuidas en 38 diatomeas, 24 dinoflagelados y 2 silicoflagelados.

Naranjo & Tapia (2013), registraron que en Manta la estacionalidad durante el año 2011, no influyó en las medias poblacionales de la abundancia del plancton principalmente a nivel de grupos y especies de zooplancton.

Sin embargo, dentro de una misma época estacional se presentaron diferencias entre una estación que presentó una mayor diversidad de especies y otra estación con una baja riqueza de especies de fitoplancton, lo que permite dejar una ventana a posibles cambios cualitativos y cuantitativos del plancton, a través de un análisis estadístico más profundo a un largo período de tiempo.

Naranjo & Tapia (2014), realizaron un estudio en la Bahía de Pedernales, determinando la posibilidad que los patrones inversos de baja productividad de clorofila-*a* con relación a los máximos valores de biomasa zooplanctónica y viceversa; y que durante las épocas estacionales están 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* que estuvieron alimentándose de especies de diatomeas presentes en el área.

ÁREA DE ESTUDIO

La costa centro-sur de la provincia de Manabí tiene un clima tropical mega-térmico seco, caracterizado por un régimen pluvial anual que oscila entre 500 y 1000 mm. En esta región, la cordillera de Chongón Colonche baja a la franja litoral determinando, de manera muy sutil, el clima. Una llovizna constante (garúa) se hace presente durante los meses de verano, ocasionada por la condensación de masas de aire oceánicas al ser atrapadas por la cordillera.

El piso tropical suroccidental ocupa el tercer lugar en diversidad de fauna del país; luego de los trópicos oriental y noroccidental; sin embargo es una de las zonas menos estudiadas del Ecuador; pocos son los trabajos científicos realizados, siendo la mayoría únicamente inventarios y colecciones de fauna. El suroccidente del país es una zona biogeográficamente interesante, debido a que en ella se produce la unión de la selva húmeda del Chocó, occidente de Colombia y noroccidente del Ecuador, con el desierto que recorre toda la costa del Perú, siendo por lo tanto una zona de transición de especies (Briones, Flachier, Gómez, Tirira, Jaramillo & Chiriboga, 1997).

La presencia de la Corriente Fría de Humboldt que viene del sur ha producido en esta zona características secas tropicales. En esta región de la cuenca, la topografía es ondulada a plana, en los meses secos se presenta una alta nubosidad que disminuye la temperatura (García M., Mena P. & Suárez 1989).

La actividad pesquera industrial es el uso de barcos nacionales y de bandera extranjera asociado con las compañías nacionales, cuyas faenas de pesca están dedicadas principalmente a la captura de atunes, otros peces pelágicos grandes y tiburones. Mientras que la actividad pesquera artesanal es desarrollada por diversas flotas de embarcaciones como barcos, balandras, botes de fibra de vidrio y madera, cuya pesca se caracteriza por la diversidad de especies capturadas y la estacionalidad de ellas en el transcurso del año (INP, 1998).

El sector marino del Parque Nacional Machalilla está impactado por varias actividades humanas. Las más importantes pueden dividirse en tres categorías:

1) Actividades extractivas, 2) Destrucción de hábitat y 3) Contaminación.

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

El monitoreo estuvo distribuido en tres veriles de profundidad, con las siguientes estaciones:

Estaciones cercanas: 4, 8, 27, 12, 16, 26, 20, 25, 15, 11, 7, 24.

Estaciones intermedias: 3, 6, 10, 14, 19, 23, 18, 22.

Estaciones alejadas: 1, 2, 5, 9, 13, 17, 21, (Figura 1).

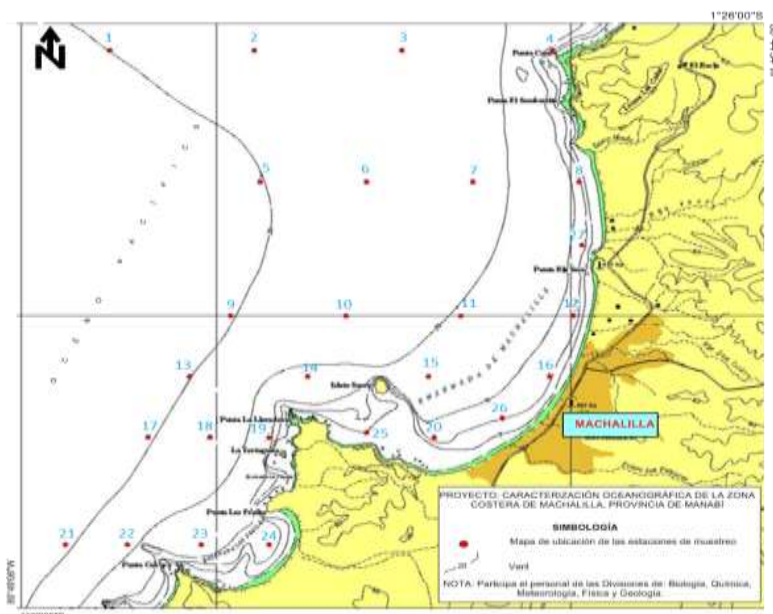


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.
Figure 1. Location of the study area in the Machalilla National Park, during March 2015.

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL:

El material para desarrollar el presente estudio estuvo conformado por los siguientes parámetros:

Clorofila *a*: Se colectaron muestras de agua con la botella Van Dorn en cuatro niveles de profundidad 0-10-20 y 30 m de profundidad. La cantidad de muestras de agua marina fue de 1000 ml, las mismas que fueron filtradas con una bomba al vacío a través de filtros de fibra de vidrio de $0,47\mu\text{m}$ (micrómetros), previamente envueltos con papel aluminio y llevados en refrigeración por 24 horas.

Biomasa celular: La colecta de muestras de fitoplancton para realizar los recuentos celulares se realizaron mediante botellas Van Dorn en las mismas profundidades que la clorofila-*a*. Las muestras fueron obtenidas en frascos de 250 ml y posteriormente se preservaron con solución de Lugol.

Fitoplancton (Red 50 μ): Se obtuvieron muestras de fitoplancton mediante lances de arrastres superficiales y verticales, con redes

simples cónicas de 30 cm de diámetro con una abertura de malla de $50\mu\text{m}$, los arrastres superficiales se efectuaron por 10 minutos a una velocidad de 2 nudos y los verticales fueron por 5 minutos, las muestras fueron preservadas con formaldehído al 4% neutralizado con bórax y para el cálculo del volumen de agua filtrada se utilizaron flujómetros previamente calibrados.

Transparencia (Disco Secchi): Se baja al agua un disco metálico de 30 cm de color blanco hasta que la percepción visual no sea observada, para lo cual se procedió dejar caer en el agua atado a una cuerda medida. Para la lectura de la profundidad, se inició a contar desde los centímetros hasta los metros de izado del Disco Secchi, hasta que llegue a la superficie. Este método determina la incidencia de la luz solar y que guarda relación con la productividad primaria.

MÉTODOS:

La metodología que se emplearon para los análisis de las muestras se menciona a continuación:

La determinación de clorofila-*a*, se realizó una vez que las muestras refrigeradas,

fueron dejadas a reposar a temperatura ambiente por un período de 30 minutos, luego se procesaron y se centrifugaron. Posteriormente las muestras, fueron leídas en un fluorómetro Turner Designs. Las lecturas de las densidades ópticas de clorofila-*a*, se realizaron directamente en el tubo de fluorescencia. Para el cálculo, se emplearon las ecuaciones de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

Para la obtención de la biomasa celular de fitoplancton (cél.L^{-1}), cada muestra fue homogenizada y vertida en una cámara de sedimentación con tubo de 25 ml por un período de 24 horas y examinada en un microscopio invertido a 400 x de magnificación, utilizando el método de Utermohl. Mediante formulación los datos fueron convertidos en aguas superficiales, intermedias y de fondo.

El fitoplancton de red (50 μm), para los análisis de las muestras éstas fueron homogenizadas y se obtuvieron 2 alícuotas,

colocadas en un portaobjeto y sobrepuesto un cubreobjeto de 20 x 20 mm, la lectura se realizó en un microscopio binocular, recorriendo toda el área del cubreobjeto, los resultados son expresados en cél.m^{-3} . Para la determinación de especies se consultaron los trabajos de Jiménez (1983), Pesantes (1983), Zambrano (1983), autores que han investigado las especies del Golfo de Guayaquil; y otros textos como Cupp (1940), Sar, *et al* (2002) y Moreno *et al* (1996). Adicionalmente se anotaron las cianobacterias.

RESULTADOS

Clorofila-*a*

Perfil 1: Conformado por las estaciones cercanas a la costa, a nivel superficial, se registraron altos valores de clorofila-*a* de 4,30-4,35 mg.m^{-3} en las E-20 y E-26 respectivamente. La menor concentración de clorofila-*a* fue de 0,96 mg.m^{-3} en la E-24, (Figura 2).

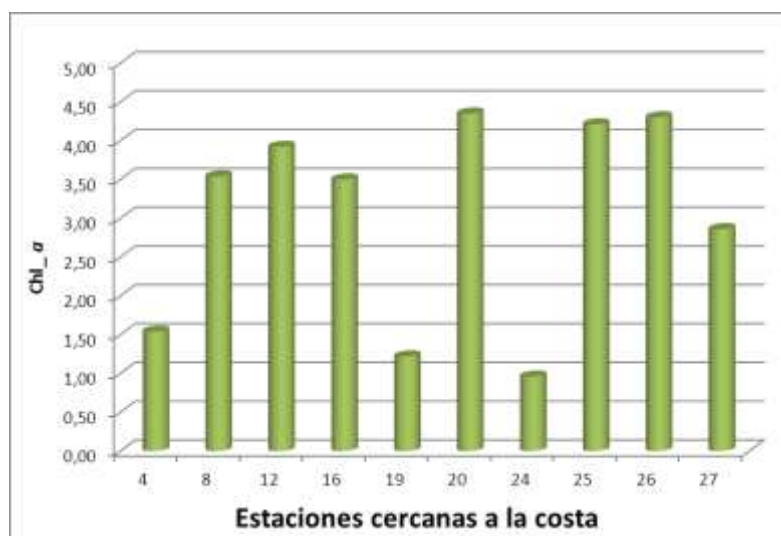


Figura 2. Variabilidad superficial de clorofila-*a* en el Perfil 1 (Estaciones cercanas a la costa) frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 2. Superficial variability of chlorophyll in Profile 1 (Stations near the coast) in front of the Machalilla National Park, during March 2015.

Perfil 2: Agrupó a estaciones intermedias a la costa, donde se registraron dos núcleos importantes de clorofila-*a* en las E-14 y E-15 con valores entre 2,86-3,62 mg.m^{-3} a nivel superficial. En el estrato de los 10 m, se

observaron altas concentraciones de 3,42-3,60-4,97 mg.m^{-3} en las E-7, E-11 y E-15 respectivamente. En el estrato de los 20 m resaltó altas concentraciones de 2,56 mg.m^{-3} E-10 y 2,81 mg.m^{-3} en la E-18, (Figura 3).



Figura 3. Variabilidad superficial y vertical de clorofila- *a* en el Perfil 2 (Estaciones intermedias a la costa) frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 3. Superficial and vertical variability of chlorophyll in Profile 2 (Intermediate stations to the coast) in front of the Machalilla National Park, during March 2015.

Perfil 3: Conglomera a las estaciones alejadas a la costa, se registró disminución de las concentraciones de clorofila-*a*, sobresaliendo el valor de 2.19 mg.m⁻³ E-13 a nivel de superficie. En el estrato de los 10 m, se observó dos núcleos de clorofila-*a* con valores entre 2.33 y 2.97 mg.m⁻³ en

las E-5 y 13 respectivamente. En el estrato de los 20 m se registraron valores altos de clorofila entre 3.71-4.20 mg.m⁻³ en las E-5 y 9 respectivamente. En el estrato de los 30 m se observaron parches de clorofila en las E-5 y E-9 con valores de 2.07 mg.m⁻³, (Figura 4).



Figura 4. Variabilidad superficial y vertical de clorofila- *a* en el Perfil 3 (Estaciones alejadas a la costa) frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 4. Superficial and vertical variability of chlorophyll in Profile 3 (far stations from the coast) in front of the Machalilla National Park, during March 2015.

Biomasa celular del fitoplancton:

Perfil 1: En las estaciones cercanas a la costa, se observó en superficie una muy abundante biomasa celular de 6241 cél.L⁻¹ en toda el área. La mayor biomasa celular se registró en la E-26 con 3122 cél.L⁻¹ y la menor se observó en la E-16 con 127 cél.L⁻¹. Se registró un total de 64 especies. La composición de especies estuvo dada por *Paralia sulcata*, *Melosira nummuloidea*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Skeletonema*

costatum, *Coscinodiscus excentricus* y *Tripos furca*.

A los 10 metros de profundidad se observó una moderada biomasa celular de 608 cél.L⁻¹ en el área de estudio. La mayor biomasa se registró en la E-19 con 306 cél.L⁻¹ y la menor en la E-4 con 302 cél.L⁻¹. Se determinó 31 especies. La comunidad de fitoplancton estuvo representada por *Coscinodiscus excentricus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Guinardia striata*, *Pinnularia brevicostata* y *Tripos furca*, (Figura 5).

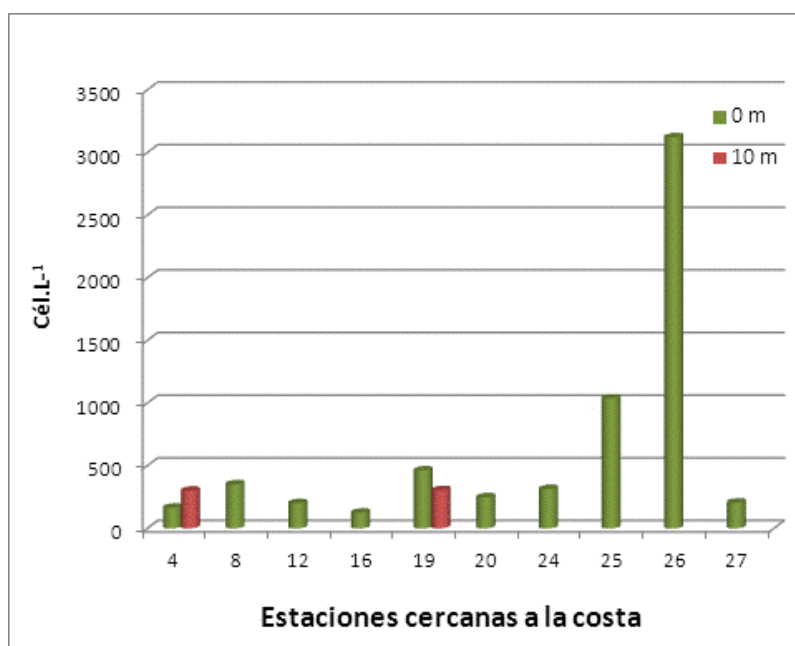


Figura 5. Distribución superficial y subsuperficial de biomasa celular en el Perfil 1 (Estaciones cercanas a la costa) frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 5. Surface and subsurface distribution of cellular biomass of the Stations near the coast in front of Machalilla National Park, during March 2015.

Perfil 2: En las estaciones intermedias a la costa, se observó en superficie una escasa biomasa celular del fitoplancton con 2698 cél.L⁻¹ en toda el área. La mayor biomasa celular se registró en la E-2 con 482 cél.L⁻¹ y la menor biomasa se observó en la E-18 con 90 cél.L⁻¹, encontrándose 70 especies.

La composición de las especies fueron: *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassiosira subtilis*, *Paralia sulcata*, *Coscinodiscus* sp. y *Cyclotella meneghiniana*.

A los 10 metros de profundidad se observó una abundante biomasa celular de 2637 cél.L⁻¹ en toda el área. La mayor biomasa se registró en la E-7 con 585 cél.L⁻¹ y la menor en la E-2 con 87 cél.L⁻¹, registrándose 60 especies, siendo *Coscinodiscus excentricus*, *Guinardia striata*, *Paralia sulcata*, *Lauderia annulata*, *Triadinium polyedricum* y *Tripos furca*.

A los 20 metros de profundidad se observó una abundante biomasa celular de 1362 cél.L⁻¹ en el área.

La mayor biomasa se registró en la E-10 con 310 cél.L^{-1} y la menor en la E-7 con 124 cél.L^{-1} , registrándose 63 especies. La composición de las especies fueron:

Coscinodiscus excentricus, *Thalassionema frauenfeldii*, *Guinardia striata*, *R. imbricata*, *Paralia sulcata* y *Tripos furca*, (Figura 6).

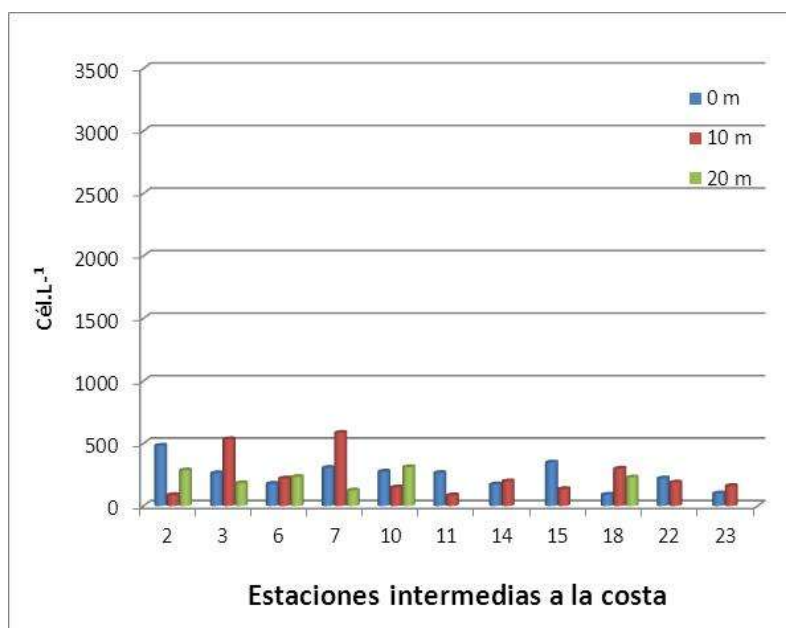


Figura 6. Distribución superficial y subsuperficial de biomasa celular del fitoplancton en las estaciones intermedias a la costa frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 6. Surface and subsurface distribution of cellular biomass of the Intermediate stations to the coast in front of Machalilla National Park, during March 2015.

Perfil 3: En las estaciones alejadas a la costa, se registró en superficie una abundante biomasa celular del fitoplancton de 1376 cél.L^{-1} en el área. La mayor biomasa celular se registró en la E-17 con 331 cél.L^{-1} y la menor biomasa se observó en la E-13 con 75 cél.L^{-1} , encontrándose 48 especies. Destacaron las especies *Coscinodiscus excentricus*, *Thalassiosira subtilis*, *Coscinodiscus sp*, *Paralia sulcata*, y *Tripos furca*, (Figura 7).

A los 10 metros de profundidad se observó una abundante biomasa celular de 1333 cél.L^{-1} , en el área. La mayor biomasa se registró en la E-9 con 390 cél.L^{-1} , y la menor en la E-1 con 69 cél.L^{-1} , registrándose una disminución de microalgas, con 53 especies. Las especies que denotaron abundancia fueron *Coscinodiscus excentricus*, *Paralia sulcata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassiosira subtilis*, y *Tripos furca*.

A los 20 metros de profundidad se observó una abundante biomasa celular de 1619 cél.L^{-1} en el área estudiada. La mayor biomasa se registró en la E-1 con 662 cél.L^{-1} y la menor en la E-5 con 73 cél.L^{-1} , registrándose un total de 47 especies. La composición de las especies estuvo conformada por *Paralia sulcata*, *Coscinodiscus excentricus*, *Skeletonema costatum*, *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassionema frauenfeldii*, y *Tripos furca*.

A los 30 metros de profundidad se observó una abundante biomasa celular de 1090 cél.L^{-1} en el área. La mayor biomasa se registró en la E-13 con 308 cél.L^{-1} y la menor en la E-5 con 62 cél.L^{-1} , registrándose 47 especies, de las cuales sobresalieron: *Thalassionema frauenfeldii*, *Coscinodiscus excentricus*, *Pinnularia brevicostata*, *Paralia sulcata* y *Pleurosigma angulatum*.

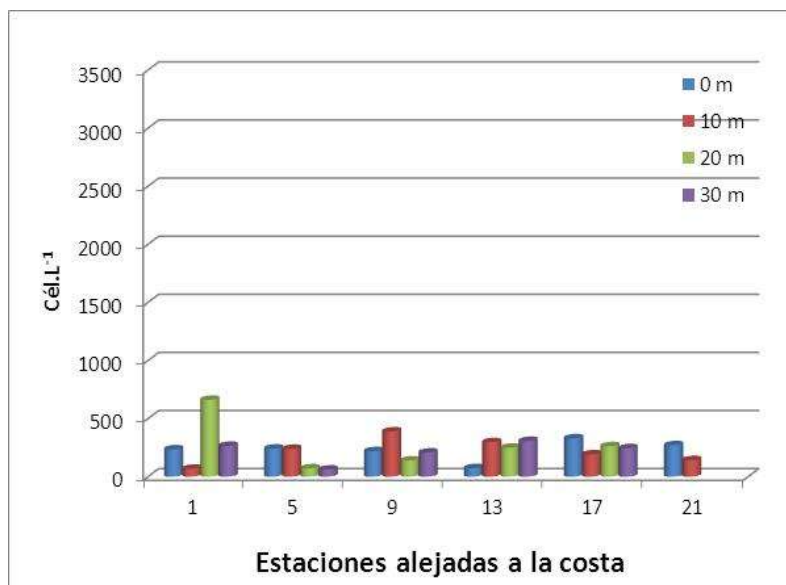


Figura 7. Distribución superficial y subsuperficial de biomasa celular en las estaciones alejadas a la costa frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 7. Surface and subsurface distribution of cellular biomass of far stations from the coast in front of Machalilla National Park, during March 2015.

Abundancia relativa del fitoplancton de red.

Perfil 1: En las estaciones cercanas a la costa se observó 112 especies, conformada por Diatomeas céntricas (49 spp), diatomeas pennadas (21 spp), dinoflagelados (37 spp), silicoflagelado (1 spp), cianobacterias (2 spp) y

clorophytas (2 spp). En orden de abundancia relativa esta área se caracterizó por la presencia de las siguientes especies: *Chaetoceros affinis* 19.04%, *Leptocylindrus danicus* 20.92%, *Rhizosolenia imbricata* 9.54%, *Ch. eibonii* 2.42%, *Tripos furca* 12.60%, *Triadinium polyedricum* 12.21% y otros 23.27%, (Figura 8).

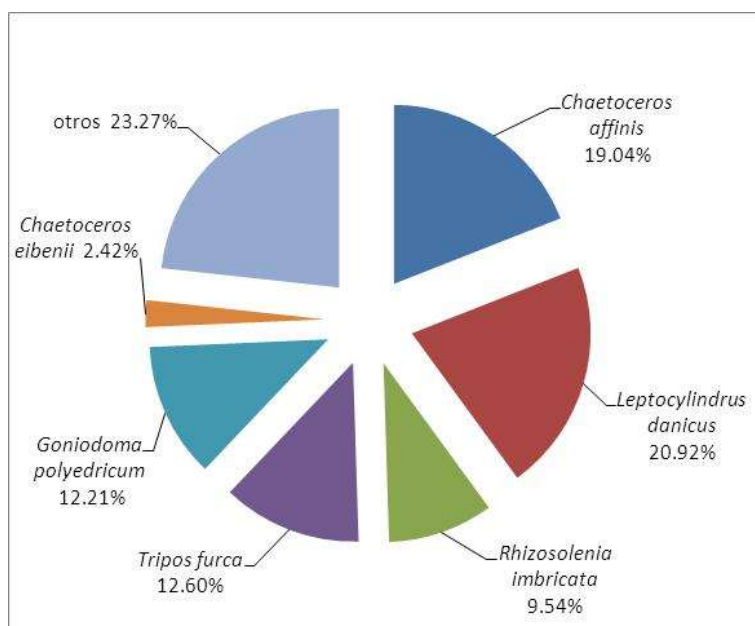


Figura 8. Abundancia relativa del fitoplancton de red en superficie en las estaciones cercanas a la costa frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 8. Relative abundance of surface phytoplankton at stations near the coast in front of Machalilla National Park, during March 2015.

Perfil 2: En las estaciones intermedias a la costa se observó una leve disminución del total de especies, siendo 100 especies distribuidas en: Diatomeas céntricas (48 spp), diatomeas pennadas (11 spp), dinoflagelados (38 spp), silicoflagelado (1 spp), cianobacteria (1 spp) y clorophyta (1spp). Caracterizó esta área las siguientes especies

las que en orden de abundancia relativa son: *Rhizosolenia imbricata* 16.76%, *Chaetoceros affinis* 14.95%, *Leptocylindrus danicus* 10.03%, *Tripos furca* 7.62%, *Cochlodinium catenatum* 4.12%, *Protoperidinium depressum* 4.54% y otros 41.98%, (Figura 9).

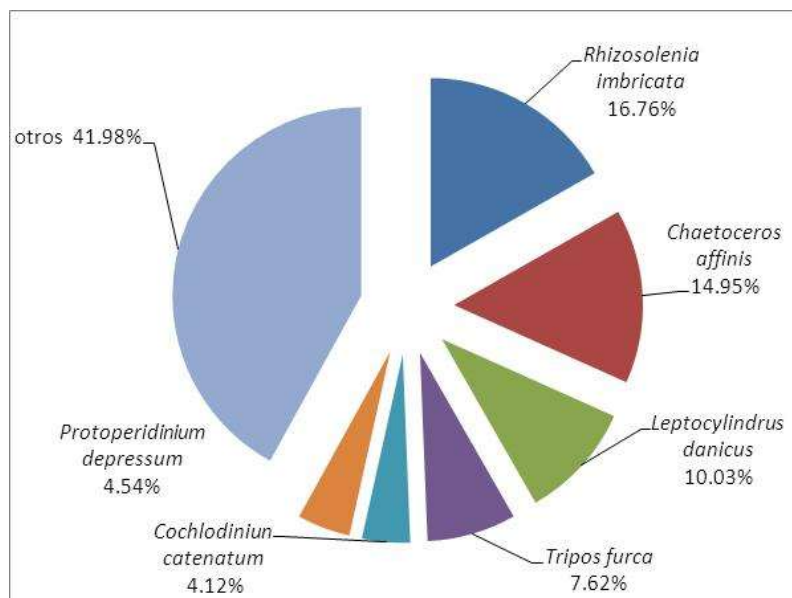


Figura 9. Abundancia relativa del fitoplancton de red en superficie en las estaciones intermedias a la costa frente al Parque Nacional Machalilla, durante marzo de 2015.

Figure 9. Relative abundance of surface phytoplankton of the Intermediate stations in front of Machalilla National Park, during March 2015.

Perfil 3: En las estaciones alejadas a la costa el total de especies continuó disminuyendo, en relación a las estaciones intermedias, llegando a 80 especies distribuidas en: Diatomeas céntricas (39 spp), 7 diatomeas pennadas (7 spp), dinoflagelados (33 spp), silicoflagelado (1 spp). Caracterizando esta

área por las siguientes especies en orden de abundancia relativa: *Cochlodinium catenatum* 21.02%, *Triadinium polyedricum* 12.82%, *Rhizosolenia imbricata* 9.62%, *Tripos furca* 9.08%, *Protoperidinium depressum* 6.84%, *Chaetoceros affinis* 5.16% y otros 35.46 %, (Figura 10).

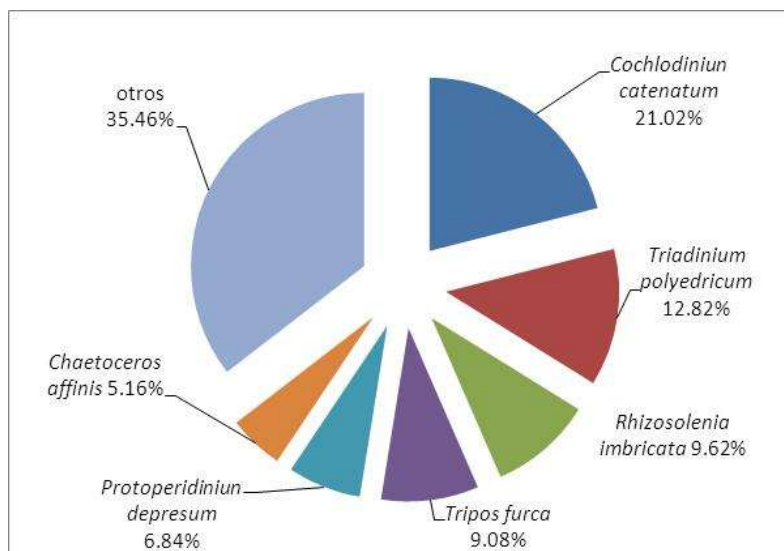


Figura 10. Abundancia relativa del Fitoplancton en la capa superficial de las estaciones alejadas a la costa, durante marzo de 2015- Parque Nacional Machalilla.

Figure 10. Relative abundance of surface phytoplankton of far stations from the coast in front of Machalilla National Park, during March 2015.

DISCUSIONES

Se realizó una compilación relativa de las investigaciones desarrolladas en ésta importante área protegida del Ecuador.

Tapia (2007), menciona en un estudio realizado en las estaciones de La Libertad durante 1999 en superficie un total de 113 especies, con un promedio para La Libertad durante el año 2000 de 162 especies, en Manta 1999 un total de 109 especies y para Manta del año 2000 un promedio de 119 especies. En relación con la actual investigación la diversidad ha disminuido ligeramente con 112 especies en las estaciones cercanas a la costa.

Prado & Cajas (2010a), en un estudio realizado en Puerto López encontraron que la abundancia fitoplanctónica por estratos de los 10 m de profundidad fueron las densidades más altas, y fueron menores en superficie, exceptuando en junio que presentó una distribución homogénea en la columna desde la superficie hasta los 30 m. En abril y junio se observó una importante actividad algal hasta los 50 m de profundidad.

Por su parte, en Puerto López se mantiene la condición de baja productividad del fitoplancton y de altas concentraciones zooplanctónicas, lo que refleja la condición de consumo que existe entre estos dos niveles tróficos en este lugar, situación que se confirma con la correlación negativa que existe entre los diferentes grupos, la misma que si bien no es tan alta, está reflejando la dinámica natural del ecosistema.

Gualancañay E., M. Tapia, M. Cruz, C. Naranjo & F. Villamar. 2010-2011, registran en el área de Jaramijó durante la época húmeda una alta concentración de clorofila-*a* con valores de 0.84-1.22 mg/m³ en la fase de flujo y entre 0.82-1.14mg/m³ en la fase de reflujo.

Tapia (2013), registra en un trabajo efectuado sobre el estado actual del fitoplancton en aguas ecuatorianas previo a la prospección sísmica en el litoral ecuatoriano observó que a nivel subsuperficial, la máxima diversidad de fitoplancton se registró en la Región Central de Manabí determinándose un total de 56 especies en dicha área.

Naranjo & Tapia (2014), registran en una investigación realizada en Pedernales mencionan que en la época seca se presentó una mayor diversidad y uniformidad de especies de fitoplancton debido a la abundancia de *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia alata* y así también se presentó una mayor diversidad de especies de zooplancton caracterizados por la presencia de *Penillia avirrostris*, *Evadne tergestina*, *Sagitta peruviana*, *S. minima*, *S. bedoti*, *S. neglecta*, *S. enflata* y *S. bipunctata*, pertenecientes a los grupos cladóceros y quetognatos.

Tapia & Naranjo (2015), en un estudio realizado en Bahía de Caráquez mencionan que para una mejor interpretación de la caracterización en Bahía de Caráquez se lo divide en dos zonas: La primera considerada en el área marino-costera la mayor productividad zooplanctónica y su diversidad se encontró en el perfil 1 (E-3) con valor de 346098 Org/100 m³, y otro segundo parche de una elevada productividad se encontró en el perfil 3 (E-12) con 342792 Org/100 m³ durante reflujo.

CONCLUSIONES

- Se observa en las “Estaciones cercanas” ubicadas en las E-20 y E-26 los mayores núcleos de clorofila, mientras a los 10 m fue en la E-11 correspondiente a las “Estaciones intermedias” como área de alta producción de clorofila. Tanto que a los 20 m de profundidad se registró un núcleo de clorofila localizado en la E-9 correspondiente a las “Estaciones alejadas”.
- Se determina que las mayores biomásas celulares se observaron en las Estaciones cercanas” ubicada en la E-26 a nivel superficial, coincidiendo con el mayor núcleo de clorofila registrado en esta estación.

- Se observaron en los arrastres superficiales las mayores densidades relativas en las E-7 y E-27 ubicadas en áreas de las “Estaciones cercanas e intermedias”. La menor abundancia relativa se registró en la E-6.

- En las muestras de los arrastres superficiales se destaca en las Estaciones cercanas una densidad porcentual de las especies del fitoplancton representadas por *Chaetoceros affinis* 19.04%, *Leptocylindrus danicus* 20.92%, *Rhizosolenia imbricata* 9.54%, *Ch. eibonii* 2.42%, y otros 23.27% que son típicas de ambientes costeros y cosmopolita, por lo cual se considera normal para la presente época.

- Se registraron en los arrastres verticales altas densidades porcentuales en la E-21 ubicada en el área de las “Estaciones alejadas”. La menor abundancia relativa se registró en la E-13, representadas por *Guinardia striata* 35.27%, *Chaetoceros affinis* 8.00%, *Leptocylindrus danicus* 4.53%, *Triadinium polyedricum* 11.53%, *Triplos furca* 9.44%, *Protoperidinium depressum* 6.45% y otros 24.78%.

- En general debido a la fauna planctónica acompañante, dominaron las Larvas de cifonauta, copépodos, radiolarios, resaltando la presencia de una gran cantidad de huevos de invertebrados, huevos de peces como resultado de la disponibilidad de fitoplancton y de nutrientes existentes en el área, lo que habría favorecido a estas comunidades, debido a que cumplen un rol importante para el equilibrio del ecosistema marino.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Sr. CPNV-EM. Patricio Hidalgo Director del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador y al Sr. TNNV-SU Leonardo Alvarado Director de Oceanografía Naval, por las facilidades brindadas para la realización de la presente investigación.

A Elcira Delgado, M.Sc, del Instituto del Mar de Perú y al Dr. Manuel Cruz de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil se agradecen los comentarios y sugerencias de los dos revisores, que sirvieron para elevar la calidad de este trabajo. A la Lcda. Alicia Alvarez por facilitarnos la bibliografía especializada. Así también al Dr. Jorma Kuparinen, de la Universidad Helsinki de Finlandia, por la revisión del trabajo y emitir unas valiosas sugerencias en la redacción del abstract.

REFERENCIAS

- Briones, E., A. Flachier, J. Gómez, D. Tirira, I. Jaramillo & C. Chiriboga. 1997. Inventario de Humedales del Ecuador. I Parte: Humedales lénticos de las provincias de Esmeraldas y Manabí. Eco Ciencia/INEFAN/Convención de Ramsar, Quito: 87- 133.
- 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.
- García M., Mena P. & Suárez 1989. Identificación y Evaluación de Algunos Remanentes sobresalientes de Bosque húmedo en el occidente del Ecuador Manuscrito. Eco Ciencia. Quito.
- Gualancañay E., M. Tapia, M. Cruz, C. Naranjo & F. Villamar. 2010-2011. Caracterización Biológica de la Bahía de Jaramijó en la Costa Ecuatoriana, 2008. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 16 (1): 70-86.
- Instituto Geográfico Militar. 1991. Atlas Geográfico Militar y de Ecuador: 1 – 91.
- Instituto nacional de Pesca y VECEP ALA 92/43. 1998. Diagnóstico de la actividad pesquera artesanal en el Puerto de Santa Rosa, Provincia del Guayas. Boletín Científico y Técnico. Vol. VXi (1): 1-45.
- Jiménez, R., E. Gualancañay y M. Luzuriaga. 1974. Producción primaria y pigmentos fotosintéticos del fitoplancton marino del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2(1):30.
- Jiménez R., 1983. Diatomeas y dinoflagelados del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2(2): 193-282.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2007. Actualización del Diagnóstico del Parque Nacional Machadilla: Elementos prioritarios de la diversidad biológica y cultural. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF). Quito.
- Moreno, J., S. Licea y H. Santoyo. 1996. Diatomns del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur: 1-280.
- Mullin, M. 1993. Webs and scales: Physical and ecological processes in marine fish recruitment. Washington Sea Grant. University of Washington Press: 135.
- Naranjo C., & M, Tapia 2013. Variabilidad estacional del Plancton en la Bahía de Manta, Ecuador durante el 2011. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 18(1):65-74.
- Naranjo & Tapia. 2014. Productividad planctónica en la Bahía de Pedernales, Manabí-Ecuador durante el 2013. Acta Oceanográfica del Pacífico, Volumen 19, No.2, páginas 31-42.
- Parsons, R., M. Takahashi & B. Margrave. 1984. Biological oceanographic processes. Pergamon Press. London: 330.

- Pesantes F., 1983. Los dinoflagelados como indicadores de “El Niño” en el mar ecuatoriano. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 2 (1):85-117.
- PMRC. 1987. Proyecto de manejo de recursos costeros. Ecuador perfil de sus recursos costeros. Fundación Pedro Vicente Maldonado: 71- 126.
- Prado M., y J. Cajas. 2010a. 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.
- RAMSAR. 1971. Generalidades de Galápagos. Plan de conservación y desarrollo selectivo para la Provincia insular: 1-12.
- Sar, E., Ferrario M, Reguera M. 2002. Floraciones Algaes Nocivas en el Cono Sur Americano. Instituto Español de Oceanografía. Primera edición: 167 – 194.
- SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea water. Monographs on oceanographic methodology, 1, UNESCO: 8-9.
- Semina G., 1967. Phytoplankton: In the Biology of the Pacific Ocean: party I, Plankton. Ed. Bogorov V. 7: 27-85.
- Tapia M., 2007. Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento “ La Niña 1999-2000“. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales- Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 14 (1): 37-48.
- Tapia M., & C. Naranjo. 2010-2011. La Clorofila *a* como un indicador Biológico en las estaciones fijas durante el Evento La Niña 2009- 2010. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol.16 (1): 63-69.
- Tapia M., 2013. Composición y distribución del Fitoplancton durante la Prospección Sísmica en la Costa Ecuatoriana, diciembre de 2008. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 18(1):75-89.
- Tapia M., & Naranjo C. 2015. Caracterización del Plancton en Bahía de Caráquez y en el estuario del río Chone, durante marzo de 2012. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Volumen 20 (1): 31-41.
- Tomas C., 1998. Identifying marine Phytoplankton. Academic Press, Florida: 1-858.
- Utermohl H., 1958. Zur Vervollkomnung der Quantitativen phytoplankton Methodic Mitt Inter. Limnol. 9: 1-38.
- Zambrano I., 1983. Tintinnidos del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 443-507.

¿Es *Calanus chilensis* un indicador de la Corriente de Humboldt en el Pacífico ecuatoriano?

Is *Calanus chilensis* an indicator of the Humboldt Current in the Ecuadorian Pacific?

Robert Bucheli¹, Jackelines Cajas¹ & Pamela Hidalgo²

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Pesca (INP)

⁽²⁾ Departamento de Oceanografía, Instituto Milenio de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile

E-mail: rbucheli@institutopesca.gob.ec

Resumen

Se analizó la distribución espacial y temporal del copépodo, *Calanus chilensis* como un indicador de la intrusión de la Corriente Oceánica de Humboldt y Corriente Costera de Humboldt en el Pacífico Ecuatoriano. Se llevó a cabo, utilizando datos recopilados de muestras de zooplancton y de parámetros físicos y químicos de cruceros oceanográficos ejecutados en el Pacífico Ecuatoriano en febrero y julio del 2012 y en marzo del 2013; y en dos estaciones situadas a 10 millas frente a la costa de Manta y La Libertad de Ecuador desde el año 2016 al 2018. Para determinar posibles diferencias significativas de las variables hidroquímicas a nivel espacial (entre localidades) y temporal (entre época húmeda y seca), se realizó a través de un análisis de varianza no paramétrico utilizando la prueba de significancia de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$). También se relacionó las variables físicas y química con la abundancia mediante coeficiente de correlación de Spearman. Las mayores densidades y frecuencias de *C. chilensis*, se observó en la columna de agua entre los 10 y 50 metros de profundidad, principalmente cuando la termoclina fue más superficial, siendo más habitual la especie durante la época húmeda, lo que sugiere que la periodicidad de la especie, en el Pacífico Ecuatoriano, está relacionada con aguas menos saladas (< 35 ups), de temperaturas entre 20 y 21 °C y termoclinas más superficial entre 10 y 30 metros. Se considera a la especie como un posible indicador biológico de la presencia del Sistema de Corriente del Perú en el Pacífico Ecuatoriano, cuyo límite más septentrional podría ser 01° 07' 52", de latitud norte.

Palabras claves: *Calanus chilensis*, copépodos, Sistema de Corriente del Perú, Pacífico ecuatorial

Abstract

The spatial and temporal distribution of the copepod, *Calanus chilensis*, was analyzed as an indicator of the intrusion of the Humboldt Oceanic Current and Humboldt Coastal Current in the Ecuadorian Pacific. It was carried out using data collected from zooplankton samples and physical and chemical parameters of oceanographic cruises executed in the Ecuadorian Pacific in February and July 2012 and in March 2013; and in two stations located 10 miles off the coast of Manta and La Libertad in Ecuador from 2016 to 2018. To determine possible significant differences of hydrochemical variables at spatial (between localities) and temporal (between wet and dry seasons) levels, a non-parametric variance analysis was performed using the Kruskal-Wallis significance test ($P < 0.05$). Physical and chemical variables were also related to abundance by Spearman correlation coefficient. The higher densities and frequencies of *C. chilensis* were observed in the water column between 10 and 50 meters deep, mainly when the thermocline was more superficial, being more habitual the species during the humid epoch, which suggests that the periodicity of the species, in the Ecuadorian Pacific, is related to less salty waters (< 35 ups), of temperatures between 20 and 21 °C and more superficial thermoclines between 10 and 30 meters. The species is considered as a possible biological indicator of the presence of the Peruvian Current System in the Ecuadorian Pacific, whose northernmost limit could be 01° 07' 52", north latitude.

Key words: *Calanus chilensis*, copepods, Peru's Current System, Equatorial Pacific

INTRODUCCIÓN

En el Pacífico oriental, frente a las costas ecuatorianas, se presenta un complejo sistema oceánico en el cual convergen varias corrientes (Conde *et al.*, 2018): la Corriente El Niño que transporta aguas cálidas proveniente de las costas de Panamá, la Corriente submarina de Cromwell con aguas de surgencias de alta salinidad y ricas en nutrientes; la Corriente Ecuatorial del Sur con agua fría y la Corriente de Humboldt (Cucalón, 1989). Esta última se caracteriza por baja temperatura, alta salinidad y alta concentración de nutrientes, corre paralela a las costas de Chile y Perú hasta el Golfo de Guayaquil y las Islas Galápagos al Norte, en el Pacífico Ecuatorial Oriental (Shermann, 1995; Alexander, 1993; UNEP, 2006; Thiel *et al.*, 2007) y se intensifica de julio a noviembre (Cucalón, 1989).

La estacionalidad climática de la costa ecuatoriana se caracteriza por una estación húmeda (diciembre-mayo), con un pico unimodal de temperaturas cálidas (marzo-abril) y una estación seca (junio-noviembre) caracterizada por la ausencia de lluvias y temperaturas más bajas que los experimentados durante la estación húmeda y por la intensificación de la Corriente de Humboldt (Cucalón, 1989; Bendix *et al.*, 2011).

La frecuencia de ocurrencia del plancton en los ecosistemas marinos, reflejan los cambios hidrográficos que ocurren en el ambiente marino, debido a que, su abundancia y distribución está restringida por las condiciones hidrográficas en los ecosistemas. Lo que lo convierten en excelente indicadores de corrientes marinas y masas de aguas (Beaugrand, 2005; Lavaniegos, 2014). Sin embargo, es poco el conocimiento que se tiene de las comunidades planctónicas como indicadores, a pesar de que este conocimiento es esencial para discernir la intensificación de

una determinada masa de agua o corrientes marina.

Calanus chilensis Brodsky, 1959, es un copépodo endémico de la Corriente de Humboldt (Escribano y Rodríguez, 1994; Giraldo *et al.*, 2002), cuya distribución también alcanza las costas de Perú (Brodsky, 1959; Heinrich, 1971; Criales *et al.* 2008; Ayón *et al.* 2008) y Ecuador (Arcos & Fleminger, 1986). Es uno de los copépodos más abundante de la corriente de Humboldt, su abundancia es asociada con centros de afloramiento, reproduciendo continuamente en todo el año (Escribano 1998; Gonzalez & Marin, 1998, Hidalgo & Escribano, 2007, Hidalgo *et al.* 2010, Hidalgo *et al.* 2012, Pini-Pinuer *et al.* 2014). Constituyéndose en un vínculo clave entre la producción primaria y los peces pelágicos pequeños (anchova y sardina) (Giraldo *et al.*, 2002).

En el pacífico oriental, principalmente, en el pacífico ecuatoriano, hay poco estudio sobre la distribución y abundancia de *C. chilensis*. Chen (1986), investigó la distribución vertical de algunos copépodos pelágicos en el pacífico tropical oriental. Arcos & Fleminger (1986), realizaron el seguimiento de especies de copépodos asociados a las diferentes masas de aguas en el Pacífico Ecuatorial Oriental. Tutasi *et al.* (2011), investigaron la distribución de copépodos epipelágicos en el Pacífico ecuatorial oriental durante el débil evento de La Niña de 2001. Marcial (2019), que estudio la comunidad de copépodos epipelágicos en el mar ecuatoriano, observo una alta densidad de *C. chilensis* al sur de Ecuador.

En el pacífico ecuatoriano son pocas las publicaciones sobre especies del plancton indicadoras de masas de agua y eventos oceanográficos entre las más recientes se tiene: Cruz (2012), que relacionó a varios terópodos con masas de aguas, observo a *Creseis acicula* asociada a masas de aguas mayores a 23.0°C,

que incluyen las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y Aguas Tropicales Superficiales (ATS). Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES); Luzuriaga (2015), consideró al foraminífero *Globigerinoides sacculifer*, indicadora del Evento "El Niño" 1997 -1998, en su etapa madura; Prado *et al.* (2015), detectaron que las especies de fitoplancton: *Skeletonema costatum*, *Paralia sulcata* y *Pleurosigma normanii* son indicadoras de condiciones netamente estuarinas.

En esta investigación se hace un análisis de la de distribución espacial y estacional del copépodo *C. chilensis*, como un indicador de la corriente de Humboldt y su límite más norte en el pacífico ecuatoriano.

METODOLOGÍA

El área de estudio fue situada y entre el Ecuador continental y las islas Galápagos a lo largo la costa ecuatoriana (Figura 1B, 1C, 1D y 1E). En dicha área se recolectaron muestras de zooplancton en cruceros oceanográficos y demersal en julio y marzo del 2012, (Figura 1C y 1D) y en el crucero acústico de febrero del 2013 (Figura 1E), y a 10 millas de la costa, (Figura 1B), desde el año 2016 al 2018, mediante arrastres verticales y superficiales, con una red estándar de 30 cm de diámetro de boca y 200 μ m de luz de malla. Las muestras de zooplancton fueron preservadas con formaldehído al 2 %, y depositadas en frascos de plástico de 250 mL previamente rotulados y trasladado al laboratorio para su análisis.

Los datos de temperatura y de salinidad fueron obtenidos usando un CTD (Sea Bird 19), tanto en las estaciones costeras como de los cruceros realizados. Así mismo, se obtuvieron muestras de aguas de las estaciones costeras (Figura 1b) y guardadas

en frascos de 250 ml, para analizar oxígeno, nitrito, nitrato, fósforo y silicato, cuyas concentraciones se determinaron en el laboratorio por medio de técnicas espectrofotométricas estándar descritas por Parsons *et al.* (1984).

En el laboratorio de plancton, de cada muestra de zooplancton, se tomaron submuestras de 25 ml en una cámara Dolphus. Organismos de *C. chilensis* (Figura 2), fueron determinados tomando en cuenta el trabajo de Arcos de 1974 y Arcos de 1975 y a la vez, contados con la ayuda de un estereoscópio microscopio marca Leica con cámara fotográfica integrada (modelo M 125). Luego de los conteos, se estimó las abundancias, las mismas que fueron estandarizadas a 1,0 m³ de agua filtrada. Finalmente se tomó fotografías del individuo completo y partes morfológicas que evidencian su determinación, (Figura 2).

Los especímenes fueron medidos y diseccionados bajo la lupa del estereoscópio microscopio, luego se observó los rasgos morfológicos del último somito torácico y de la P5 de hembras y machos, caracteres morfológicos más útiles para una rápida y precisa identificación de la especie, (Figura 2).

Para determinar posibles diferencias significativas de las variables hidroquímicas a nivel espacial (entre localidades) y temporal (entre época húmeda y seca), se realizó a través de un análisis de varianza no paramétrico utilizando la prueba de significancia de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$). También se relacionó las variables físicas y química con la abundancia mediante coeficiente de correlación de Spearman. Para el análisis estadístico se empleó el programa Rcomamder y Statgraphics plus y para la construcción de los mapas, el programa QGIS 2.18.

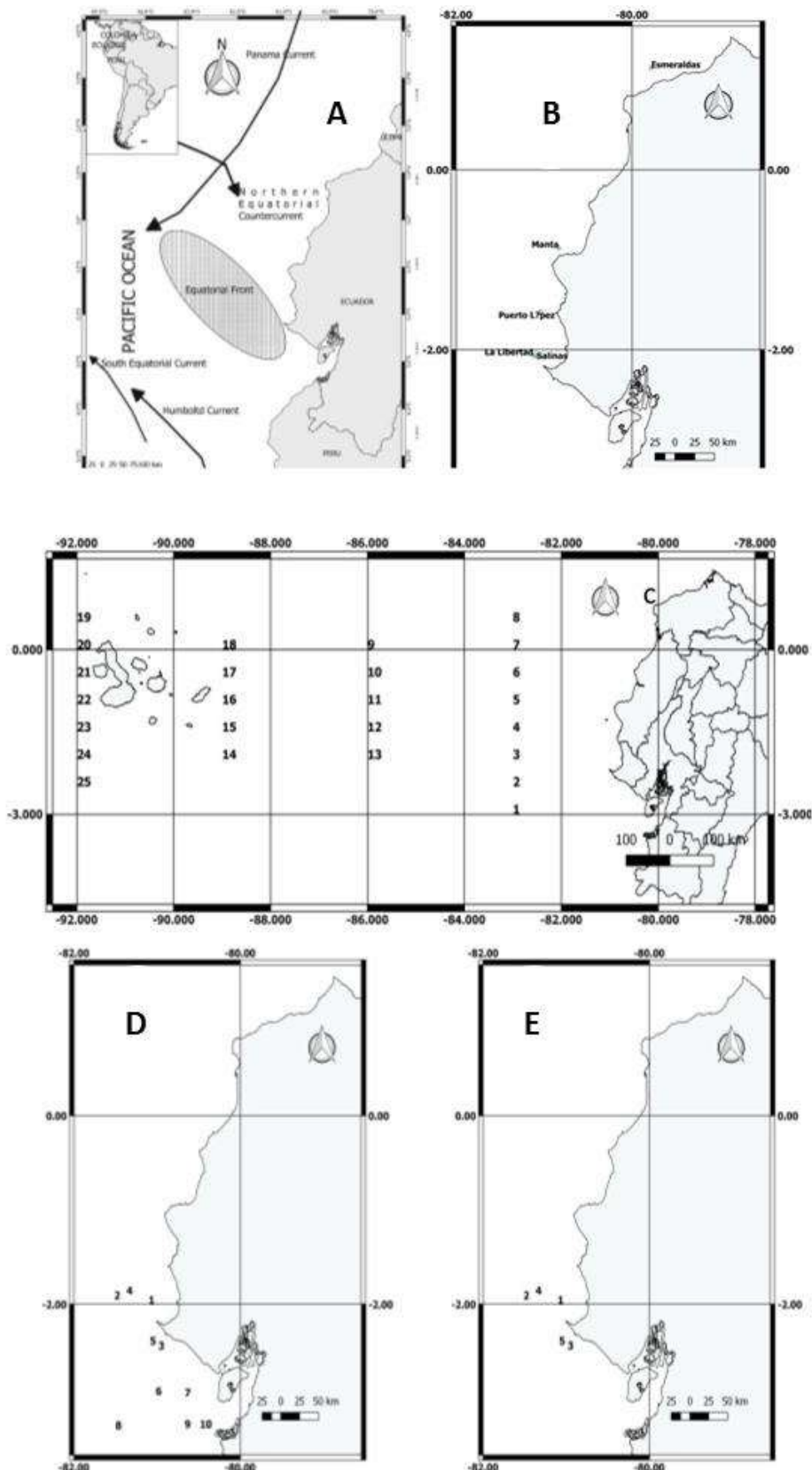


Figura 1. Circulación oceánica (A) y localización espacial de las estaciones a 10 millas de la costa (B), crucero oceanográfico (C), crucero demersal (D), crucero acústico (E), en el Pacífico ecuatoriano.

Figure 1. Ocean Circulation (A) and spatial location of the stations 10 miles from the coast (B), oceanographic cruise (C), demersal cruise (D), acoustic cruise (E) in the Pacific Ecuador.

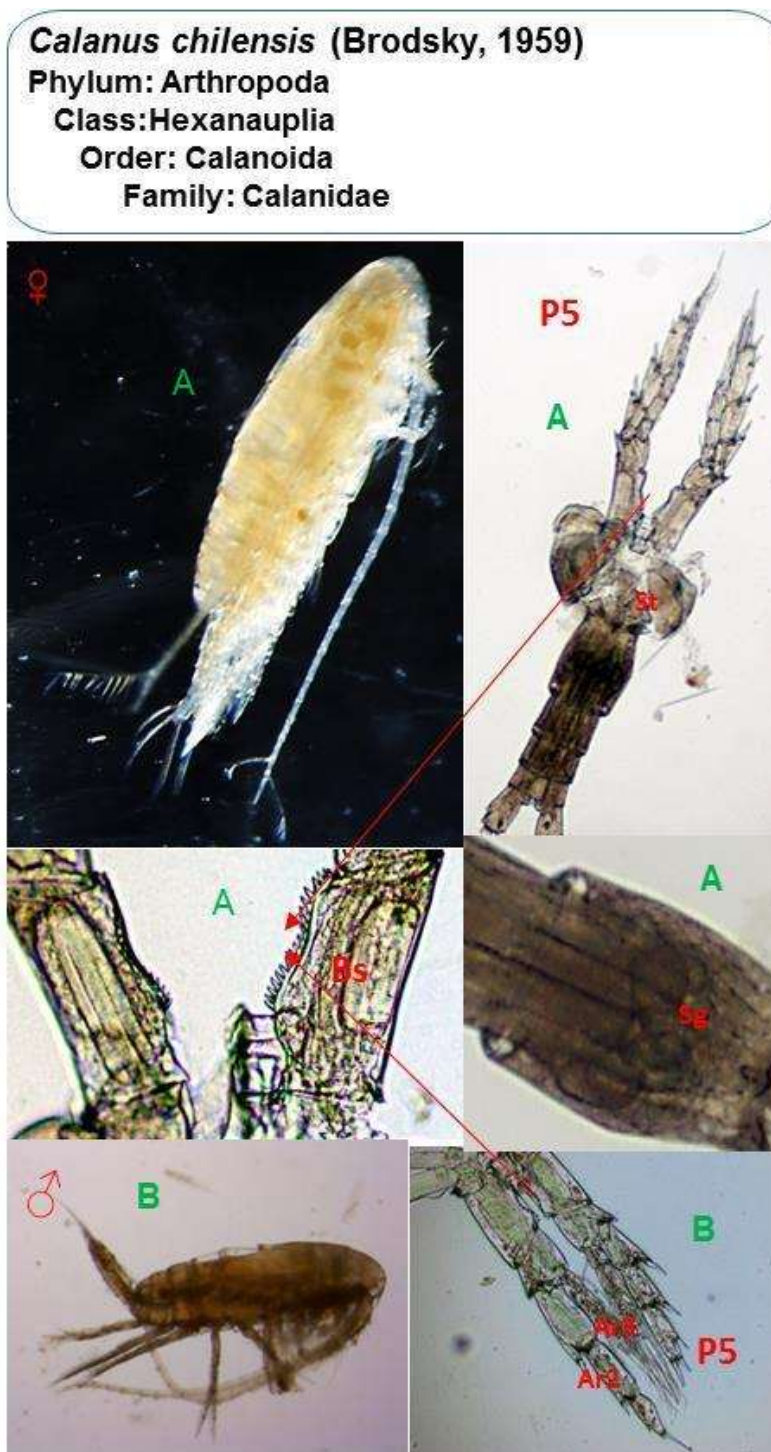


Figura. 2. *Calanus chilensis* (Brodsky, 1959). (A=hembra, B=macho), con las estructuras que permite su identificación. Nomenclatura: Ar3=artejo tres, Ar2= artejo dos, Bs=basipodito, P5=pata quinta, Sg=segmento genital, St=segmento torácico. Hembra, primer basipodito de P5 tiene los bordes acerrados con 19 dientes triangulares como promedio, último segmento torácico presenta bordes distales divergentes. Macho, P5 izquierda el último artejo del endopodito alcanza la mitad del segundo artejo del exopodito.

Figure. 2. *Calanus chilensis* (Brodsky, 1959). (A = female, B = male) with structures allowing identification. Nomenclature: Ar3 = artejo three Ar2 = artejo two B = Basial, P5 = fifth leg, Sg = genital segment, St = thoracic segment. Female, first Basial P5 has the acerrados edges with triangular teeth 19 on average last thoracic segment presents distal edges diverging. Male, P5 left the last joint of the endopodite reaches half of the second joint of the exopod.

RESULTADOS

Variables físicas y químicas en las estaciones 10 millas de Manta y La Libertad

La temperatura superficial del mar (TSM) mostró un gradiente de descenso desde el 2016 hasta el 2018. Los valores oscilaron de 22.53 a 29.16°C, el valor menor fue detectado en junio del 2018 y el valor el mayor en marzo del 2017, ambas temperaturas observadas en La Libertad. A 50 metros a la superficie las temperaturas fluctuaron entre 14.32 y 20.43°C, condiciones térmicas registradas en febrero del 2018 y en abril del 2017 en la estación de Manta, (Figura 3A). Se pudo observar, en la columna de agua, que los meses donde ocurrieron la temperatura más bajas, aconteció en el periodo desde noviembre del 2017 hasta febrero del 2018, y las más elevadas en abril y mayo del 2017, (Figura 3A). Los registros de las temperaturas no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los sitios de monitoreo, (Figura 4A).

La salinidad superficial del mar (SSM), al igual que la TSM, exhibió un gradiente negativo del 2016 al 2018. Oscilo entre 30.75 y 35.00 ups, registrándose el primer valor en marzo del 2017 en Manta el segundo en mayo del 2016 en La Libertad. A 50 metros a la superficie, los valores fluctuaron entre 34.58 y 35.19 ups, la salinidad menor ocurrió en diciembre del 2016 y la salinidad mayor sucedió en septiembre del 2017, (Figura 3B). Se observó una marcada variabilidad mensual, pues los valores más bajos se exhibieron en diciembre del 2016, enero del 2017 y marzo del 2018 y más elevados de mayo a septiembre del 2017, (Figura 3B). Así mismo la salinidad no registró diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$), entre las estaciones de muestreo, (Figura 4B).

El oxígeno disuelto (OD) en la superficie del mar, mostró una tendencia a subir de desde el 2016 al 2018. El rango vario entre 4.32 y 5.59 mg/L, detectándose ambos valores en el mes de marzo, el valor menor fue observado en el 2018 en La Libertad y el mayor en el 2017 en Manta. Mientras a 50 metros a la superficie, el OD se ubicó entre 1.48 y 3.94 mg/L, la concentración menor fue registrada en Manta y la mayor en La Libertad, (Figura 3C). Se observó que concentraciones menores a 2.50 mg/L, ocurrió de abril a octubre del 2016 y de junio del 2017 a febrero del 2018 y luego en julio y agosto del 2018. También se registraron tres picos más abundantes en Manta en noviembre del 2016, en marzo y abril del 2017 y en marzo del 2018 en La Libertad, (Figura 3C). El oxígeno disuelto no fue significativamente diferente ($p>0.05$), entre las localidades (Figura 4C).

El nitrito (NO_2^-) en la superficie del mar, presento una tendencia de crecimiento no bien marcada en las estaciones muestreadas. Sus mínimas concentraciones (0.01 mol/L) se registraron en septiembre y octubre del 2016 en Manta, después en octubre y noviembre del 2017 y mayo del 2018, en ambas estaciones, y el valor más elevados (0.20 mol/L) en junio del 2018 en La Libertad. En el nivel de 50 metros a la superficie, el nitrito oscilo entre 0.03 y 1.12 mol/L, detectándose el primer valor en julio del 2017 en La Libertad y el segundo en febrero del 2018 en Manta, (Figura 3D). La tendencia temporal-espacial del nitrito, exhibió valores altos de diciembre del 2016 a marzo del 2017, luego en enero del 2018 en Manta. En La Libertad, mayores densidades se detectaron en diciembre del 2016, en enero 2017, en mayo del 2017 y luego desde enero hasta marzo del 2018. Las menores concentraciones fueron registradas entre julio y noviembre en Manta y La Libertad, respectivamente, (Figura 3D). El nitrito no fue diferente significativamente ($p>0.05$), entre estaciones, (Figura 4D).

El nitrato (NO_3^-) en la superficie del mar evidencio una tendencia de incremento de las densidades en La Libertad y un decrecimiento en Manta. Osciló entre 0.01 y 2.30 mol/L, observándose la mínima concentración en junio del 2016 y julio del 2018 en Manta y en julio y septiembre del 2016 en La Libertad y la máxima abundancia en octubre del 2016 en la última estación mencionada. A 50 metros a la superficie el nitrato exhibió un rango de 3.64 a 27.81 mol/L, coincidentemente ambas densidades se detectaron en La Libertad en septiembre del 2018 y 2016, (Figura 3E). En ambas localidades se observaron dos curvas de concentraciones más elevadas; la primera fue registrada de abril a octubre del 2016 y la segunda de noviembre del 2017 hasta febrero del 2018. Las concentraciones bajas se detectaron de marzo a septiembre del 2018, (Figura 3E). El análisis ANOVA indico que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), del nitrito entre las estaciones de muestreo, (Figura 4E).

Las concentraciones del fosfato (PO_4^{3-}), en la superficie del mar, registró un gradiente de descenso desde el 2016 al 2018. Presento el valor mínimo (0.01 mol/L) en marzo del 2017 en Manta y La Libertad, mientras el valor más alto (0.57 mol/L) se detectó en octubre del 2016 en la última localidad mencionada. A 50 metros a la superficie, la mínima concentración (0.46 mol/L) se registró en marzo del 2017 en Manta y la máxima (2.36 mol/L) en febrero del 2018 en La Libertad, (Figura 3F).

La distribución espacio-temporal del fosfato, registró concentraciones elevadas, desde abril del 2016 hasta febrero del 2017, en marzo del año último mencionado descendió a su mínimo valor, pero partir de abril empezó aumentar alcanzando su máximo en marzo del 2018, para luego descender en los meses siguientes, (Figura 3F). El análisis ANOVA indicó que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), del fosfato entre las estaciones de muestreo, (Figura 4F).

El silicato (SiO_4) en la superficie del mar mostró un gradiente de ascenso de 2016 al 2018. Osciló entre 0.2 y 11.41 mol/L, registrándose el valor mínimo en diciembre del 2017 en Manta y La Libertad y también en mayo del 2018 en Manta, mientras el valor mayor se detectó en mayo del 2018 en La Libertad. En nivel de los 50 metros a la superficie, las concentraciones se ubicaron en 6.95 y 29.75 mol/L observándose ambos valores en La Libertad el primero en abril del 2018 y el segundo en julio del 2017, (Figura 3G). La variación temporal del silicato observó concentraciones por encima de 13 mol/L de julio hasta octubre 2016 y de noviembre 2017 a marzo del 2018 y algunos picos de concentraciones superiores a 20 mol/L en marzo, mayo, julio y noviembre del 2017 y, en enero, agosto y septiembre del 2018, (Figura 3G). El ANOVA reveló que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), del silicato entre las estaciones de muestreo, (Figura 4G).

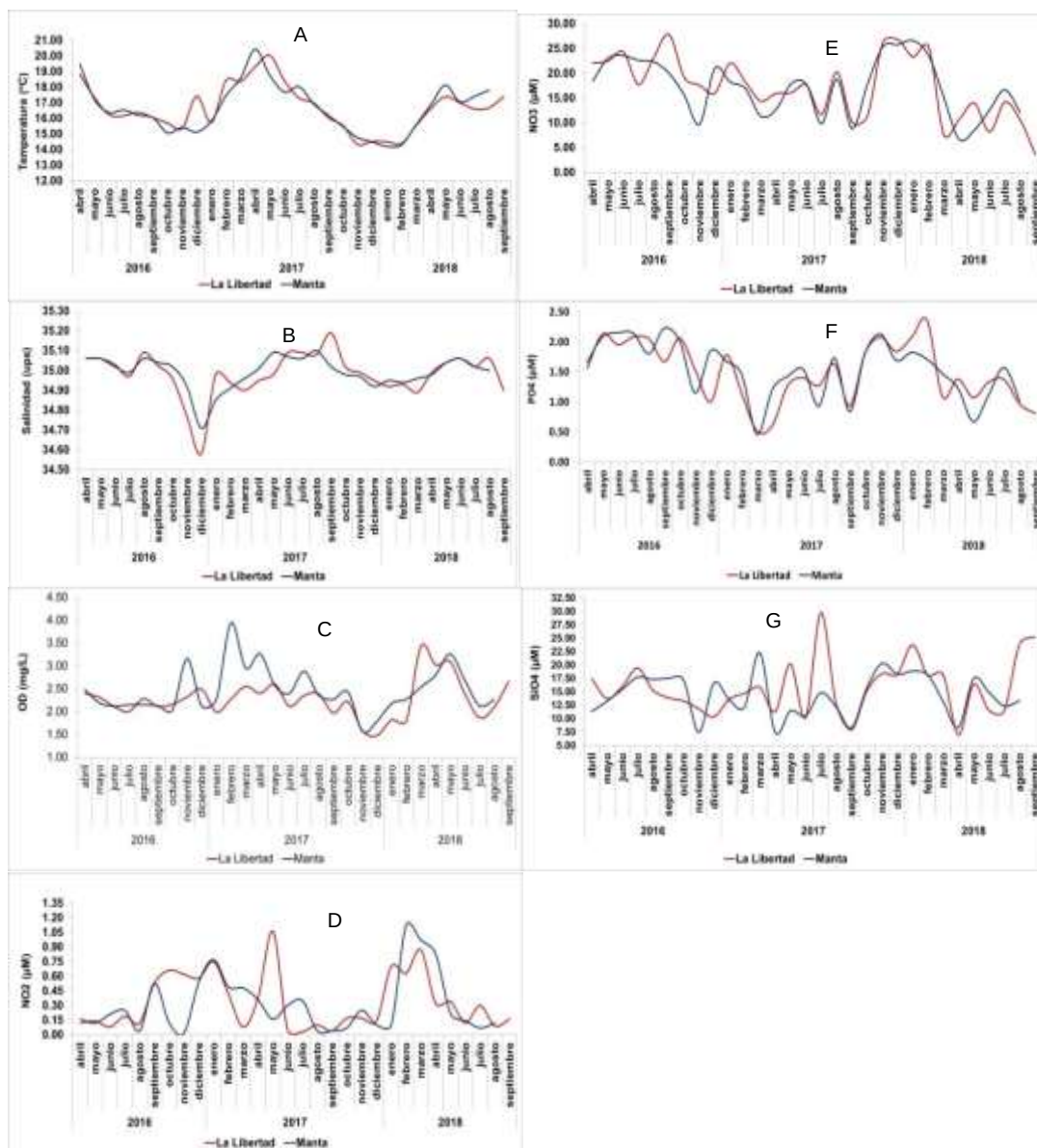


Figura. 3. Variación espacial y temporal de temperatura (A), salinidad (B), nitrito (C), nitrato (D), fósforo (E), oxígeno (F), silicato (G) a 50 metros a la superficie en las estaciones de La Libertad y Manta entre 2016 y 2018.

Figure. 3. Spatial and temporal variation temperature (A), salinity (B), nitrite (C), nitrate (D), phosphorus (E), oxygen (F), silicate (G) 50 meters to the surface stations La Libertad and Manta between 2016 and 2018.

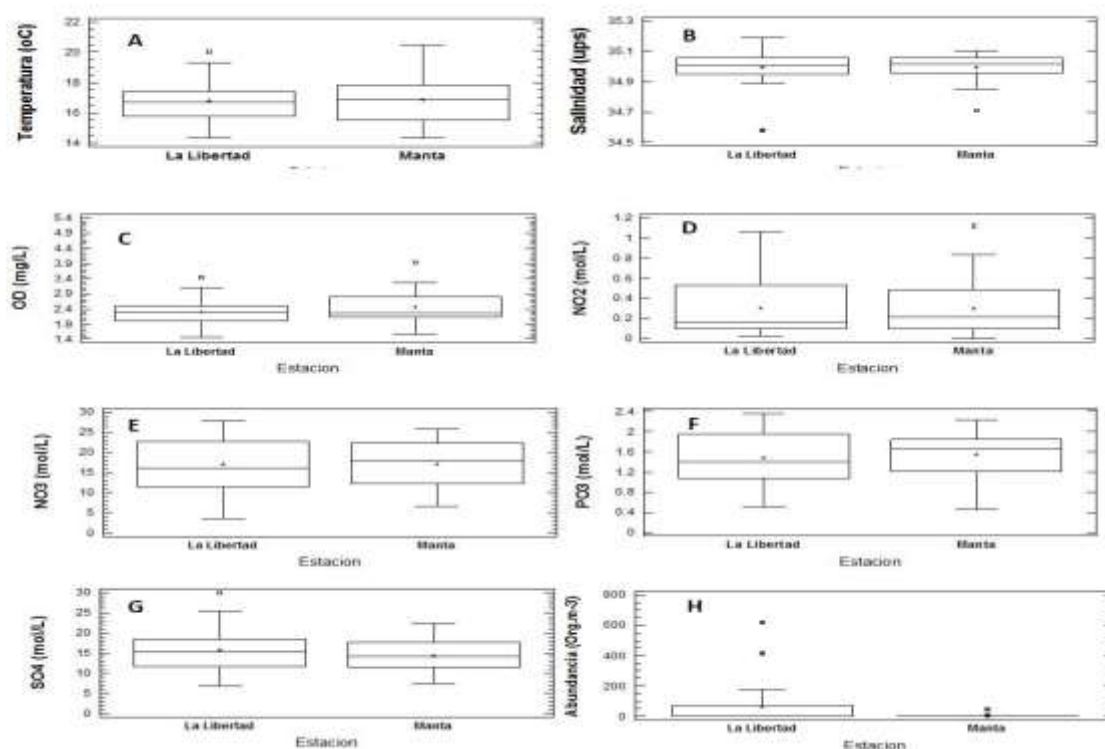


Figura. 4. Distribución espacial a 50 metros a la superficie de temperatura (A), salinidad (B), oxígeno disuelto (C), nitrito(D), nitrato (E), fosfato (F), silicato (G) y abundancia de *Calanus chilensis* en las estaciones de muestreo entre 2016 y 2018.

Figure. 4. Space distribution 50 meters to the surface temperature (A), salinity (B), dissolved oxygen (C), nitrite (D), nitrate (E), phosphate (F), silicate (G) and abundance of *Calanus chilensis* sampling stations between 2016 and 2018.

Puerto López y Salinas

A 50 metros a la superficie en la estación de Salinas se registraron temperaturas entre 16.10 y 19.95°C y salinidad entre 34.70 y 35.07 ups, mientras en la estación de Puerto López la temperatura varió de 19.48 a 19.95°C y la salinidad de 34.40 a 35.06ups. En estas estaciones los muestreos mensuales se realizaron de manera discontinua, sin embargo, se ha considerado estas localidades porque son áreas que también son influenciadas por la rama costera de la Corriente de Humboldt.

Cruceros oceanográficos-pesqueros

Los datos de temperaturas durante el crucero realizado en julio del 2012,

fueron superficiales (0 m) y oscilaron entre 19.4 y 23.8°C. La temperatura a 50 metros a la superficie, en el crucero de febrero del 2012, oscilo entre 14.9 y 15.7°C, y en el crucero de marzo del 2013, entre 13.9 y 18.1°C.

Fluctuaciones temporales y espaciales de la abundancia de *Calanus chilensis*

Las abundancias de *C. chilensis*, no registraron diferencias espaciales y temporales significativas ($p < 0.05$) entre las estaciones (la Libertad y de Manta), sin embargo la mayor densidad se presentó en La Libertad, (Figura 4H), principalmente en la época húmeda.

La abundancia osciló entre 1 y 619 org.m⁻³, detectándose el valor mínimo en mayo de 2018 y el valor máximo en marzo de 2017, ambos valores en La Libertad, (Figura 5H). En La Libertad durante el 2016, *C. chilensis*, alcanzó su máximo valor (74 org.m⁻³) en julio para descender en el mes siguiente hasta diciembre donde se registró el mínimo valor (2 org.m⁻³), excepto octubre, mes en que no se detectó la especie. En 2017, de enero a febrero no se observó al individuo, apareciendo en marzo con una abundancia de

619 org.m⁻³, siendo la más alta de todo el periodo de estudio; de abril hasta noviembre la especie se ausentó reapareciendo en diciembre del mismo año hasta agosto de 2018 con valores que oscilaron entre 5 y 417 org.m⁻³, (Figura 5 H). En Manta, se registró la especie en noviembre y febrero de 2017; en el último mes mencionado *C. chilensis*, obtuvo la máxima densidad (49 org.m⁻³), después se la observó en abril y junio de 2018 con 4 y 10 org.m⁻³ respectivamente, (Figura 5 I).

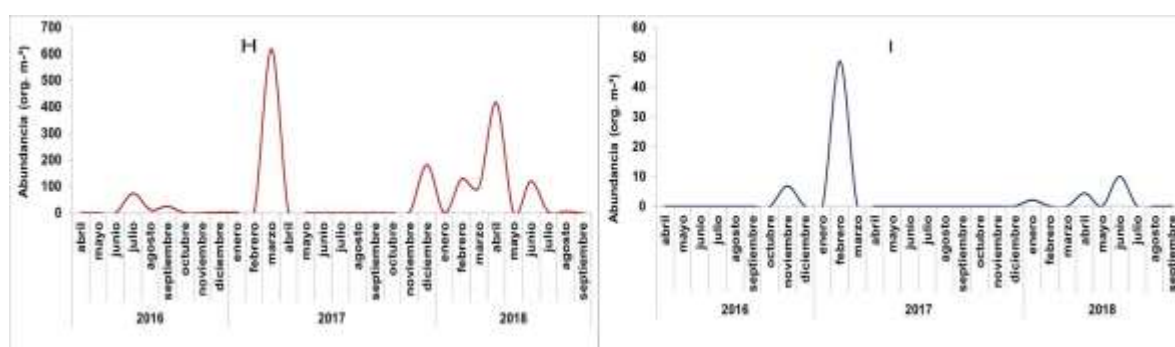


Figura 5. Variación espacial, temporal y abundancias de (*Calanus chilensis*) a 50 metros a la superficie en las estaciones de La Libertad (H) y Manta (I) entre 2016 y 2018.

Figure 5. Spatial, temporal variation and abundances of (*Calanus chilensis*) 50 meters to the surface La Libertad (H) and Manta (I) stations between 2016 and 2018.

A 50 metros a la superficie, en los meses que *C. chilensis* fue concurrente, las mayores abundancias (119 a 619 org. m⁻³) se registró cuando la temperatura osciló de 14.40 a 18.37°C, la salinidad de 34.90 a 35.06 ups, el oxígeno disuelto de 1.48 a 3.02 mg/L, el nitrito de 0.08 a 0.63 mol/L, el nitrato de 10.65 a 26.79 mol/L, el fosfato de 0.51 a 2.36 mol/L y el silicato de 6.95 a 18.09 mol/L, valores observados en la época húmeda.

Relacionando la abundancia de *C. chilensis* con la profundidad de la termoclina, los datos observados en Manta y La Libertad muestran una relación negativa, mientras que con las temperaturas donde empezaba a producirse la

termoclina la relación fue positiva, (Figura 6). En La Libertad, se observó que las mayores abundancias se detectaron cuando la termoclina se encontraba a 10 m de profundidad y la temperatura entre 20 y 21°C, (Figura 6A y 6B). En Manta se divisaron mayor frecuencia de *C. chilensis* en el momento que la termoclina se la encontró a 20 m y temperatura entre 21 y 22 °C, pero con abundancia menores a 10 org. m⁻³ (Figura 6C y 6D). Se resalta que las mayores abundancias de *C. chilensis* y termoclinas menos profunda se presentaron en algunos meses de la época húmeda, especialmente en febrero, marzo, abril y diciembre durante todo el periodo de estudio, (Figura 5).

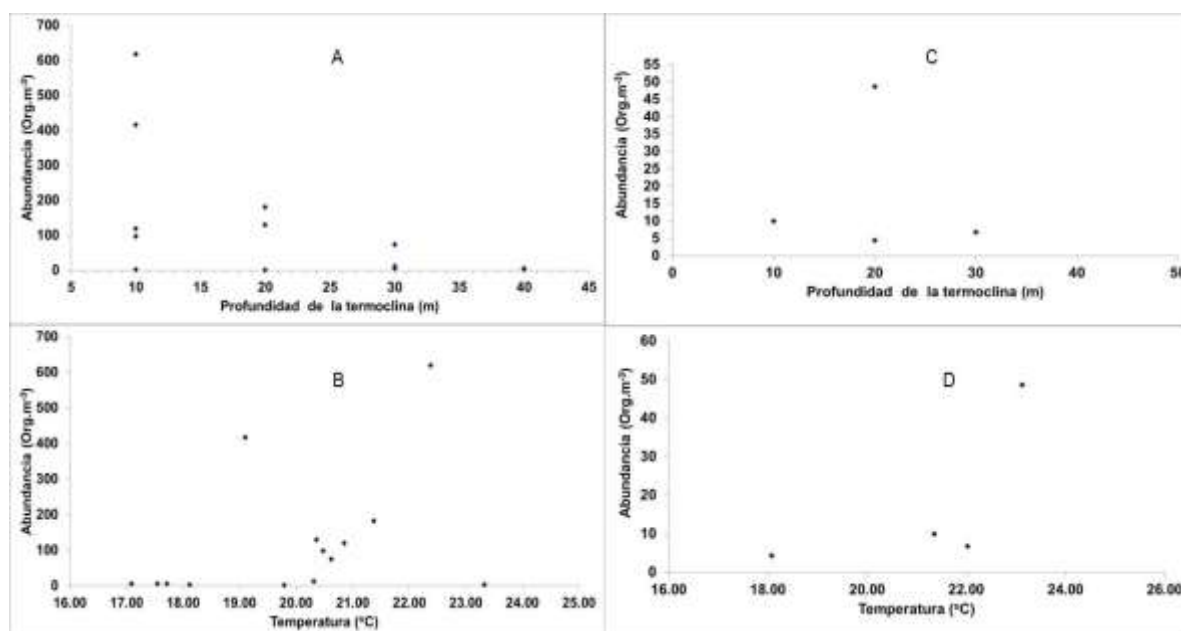


Figura 6. Gráfico de dispersión que relación la abundancias de *Calanus chilensis* con la profundidad de la termoclina (A y C) y abundancias con las temperaturas las cuales cambiaron rápidamente con la profundidad (B y C) en las estaciones de La Libertad (A y B) y Manta (C y D) entre 2016 y 2018.

Figure 6. Graph of the dispersion relation abundances *Calanus chilensis* with thermocline depth (A and C) and abundances with temperatures which change rapidly with depth (B and C) in La Libertad (A and B) and Manta (C and D) stations between 2016 and 2018.

En relación con el coeficiente de correlación de Pearson, la abundancia de *C. chilensis* mostró una relación negativa con fosfato, nitrito, nitrato, salinidad y silicato, pero la

relación fue positiva con oxígeno disuelto y la temperatura. Sin embargo, la mayoría de las correlaciones fueron débiles, (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficiente de correlación de Pearson a 50 metros a la superficie entre las variables física y química y biológica; fosfato (Fos); nitrito (Nit); nitrato (Nitr); oxígeno disuelto (Oxi); salinidad (Sal); silicato (Sil); temperatura (Tem) y abundancias de *Calanus chilensis* (Abundancia C.ch) en las estaciones de muestreo de La Libertad y Mantas.

Table 1. Pearson product-moment correlation coefficient 50 meters to the surface between the physical and chemical and biological variables; phosphate (Fos); nitrite (Nit); nitrate (Nitr); dissolved oxygen (Oxi); salinity (salt); silicate (Sil); temperature (Tem) and abundances of *Calanus chilensis* (C.ch Abundance) in the La Libertad and Manta stations.

Variables	Fos	Nit	Nitr	Oxi	Sal	Sil	Tem
Fos	1						
Nit	0.06	1					
Nitr	0.73	0.04	1				
Oxi	-0.52	0.30	-0.61	1			
Sal	0.31	-0.33	0.21	-0.23	1		
Sil	0.19	-0.12	0.26	-0.40	0.19	1	
Tem	-0.66	-0.19	-0.46	0.46	-0.10	-0.28	1
Abundancia (C.ch)	-0.36	-0.23	-0.19	0.11	-0.12	-0.10	0.28

En la estación de Salinas, se registraron presencia de *C. chilensis* en los meses de noviembre del 2016 y abril del 2017 con 137 y 91 org. m⁻³, respectivamente. Así mismo, se observó una similar tendencia en la estación de Puerto López, hallándose 46 org. m⁻³, en noviembre del 2016 y 9 org. m⁻³ en abril del 2017 y del 2018.

En la estación de Esmeraldas, también se detectó la especie, únicamente, en abril del 2008 con 137 org. m⁻³.

Durante el crucero de marzo del 2012, se registraron abundancias que oscilaron entre

229 y 4114 org. m⁻³, las más altas concentraciones se hallaron en las estaciones 1, 3 y 7, estaciones situadas más próximas al continente, (Figura 1D; 5C). Durante el crucero de julio del 2012 se encontraron densidades de la especie entre 15 y 294 org. m⁻³, y únicamente en las estaciones 18, 20, 23, 24 y 25 situadas en las Islas Galápagos por debajo de la línea ecuatorial, (Figura 1C; 5A). En el crucero de febrero del 2013 la abundancia fluctuó de 549 a 5486 org. m⁻³, registrando sus valores más elevados en las estaciones 1 y 4 ubicadas frente a la Península de Santa Elena, (Figura 1D; 5B).

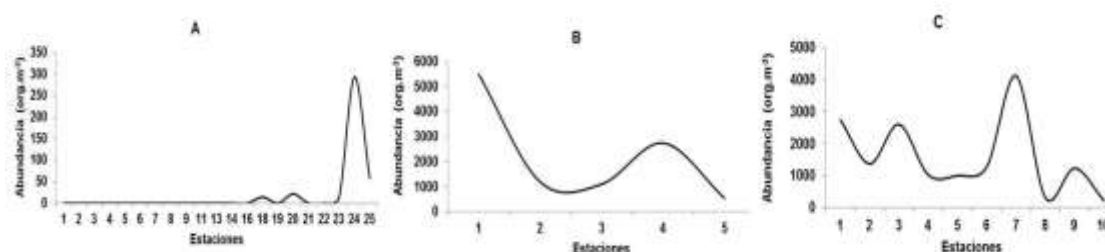


Figura 7. Abundancias de *Calanus chilensis* en las estaciones de los cruceros oceanográficos (A), crucero demersal (B), crucero acústico (C) en el Pacífico ecuatoriano.

Figure 7. Abundances of *Calanus chilensis* stations in the oceanographic cruise (A), demersal cruise (B), acoustic cruise (C) in the Ecuadorian Pacific.

DISCUSIÓN

De las variables hidrográficas analizadas, el silicato fue significativamente diferente entre las estaciones de estudio, evidenciado en las concentraciones, las cuales fueron mayores en la estación de La Libertad, así mismo, lo fue la salinidad y el nitrito entre de época, cuyos valores más altos se registraron en la época húmeda; debido probablemente a la cercanía de las estaciones de muestreo con las desembocaduras de los ríos Guayas y Chone, ocasionado por el drenaje que transporta una gran cantidad de sedimentos que traen consigo nutrientes de origen terrígeno que provienen de zonas agrícolas ubicadas en las riberas de los mismos (Hurtado *et al.*, 2010),

también a las surgencias muy productivas de la corriente de Humboldt (Escribano and Hidalgo, 2000; Ayón *et al.*, 2008; Thiel *et al.*, 2007; Chávez & Messié, 2009).

La mayor ocurrencias y abundancias de *C. chilensis* se produjo cuando la termoclina se la encontró en la superficie, principalmente, a los 10 metros de profundidad y en condiciones de temperatura entre 20 y 21°C, (Figura 6), posiblemente causado por el ingreso de un filamento de aguas frías proveniente de la rama costera de la corriente de Humboldt.

Se resalta que durante el periodo de estudio, la especie no fue frecuente en todos los meses de la investigación, lo que indicaría que la presencia de individuos estaría relacionada cuando se intensifica la Corriente en mayor grado, generando filamento de aguas frías que ingresan hasta las 10 millas frente a la costa al sur del Ecuador.

La abundancia *C. chilensis* se correlaciona de forma positiva con la temperatura, siendo consistente con lo observado por Escribano e Hidalgo, (2000), quienes observaron más abundancia cuando la temperatura fue más elevada. También se relacionó positivamente con el oxígeno disuelto, mientras de forma negativa con la salinidad, fosfato, nitrito, nitrato y silicato como consecuencia de un intenso consumo autótrofo. Sin embargo, la temperatura cálida reportada por Escribano e Hidalgo, (2000), en el pacífico ecuatoriano es considerada como fría (Cucalon, 1989; Hurtado *et al.*, 2010).

En el mar ecuatoriano, hacia el sur del Ecuador, dominan dos ramales de la corriente Ecuatorial del Sur: la corriente Oceánica de Humboldt y la corriente Costera de Humboldt, esta última bordea las costas de Chile y Perú y continúa hacia el norte hasta llegar a costas ecuatorianas (Capítulo I., 2012). En el área bajo estudio la corriente fue evidenciada por los valores de temperatura y de salinidad reportados en este estudio, y que fueron bastante similares a los observados por Ulloa y Vargas. (2015), en la corriente de Humboldt, y además, por la presencia del copépodo *C. chilensis*.

La frecuencia de *C. chilensis* en las estaciones costeras, en la columna de agua a 50 metros a la superficie, se debe a la rama costera de la corriente de Humboldt, que es subsuperficial en su trayecto norte (Andrade *et al.*, 2010). Mientras, la asiduidad de *C. chilensis* en el arrastre superficial, observados en el crucero de Julio del 2012, en las estaciones de las islas Galápagos,

se corresponde a la rama oceánica de la corriente de Humboldt que es superficial (Andrade *et al.*, 2010), por lo que no es extraño la presencia de la especie en las estaciones oceánicas.

La distribución y abundancia de las especies presentó marcadas diferencias latitudinales asociadas a las condiciones oceanográficas, mostrando las mayores densidades al sureste de Ecuador y de las islas Galápagos, coincidiendo con lo observado por Tutasi *et al.*, (2001) y Arcos & Fleminger. (1986). Aunque, el método de muestreo empleado por los investigadores anteriores (arrastrés oblicuos), difirió con la de este estudio (arrastre vertical de 50 a 0 m), las mayores abundancias coincidieron al sur del Ecuador, los mismos investigadores observaron que *C. chilensis*, estaba más asociado con la Corriente del Perú y, el límite de la especie la detectaron en el lado más septentrional de la corriente, al sur del Ecuador, zona influenciada por aguas de características frías entre 20 y 25°C, proveniente de un filamento de la corriente de Humboldt (CPPS, 2014).

Durante la época húmeda es donde se observó mayor presencia de *C. chilensis*, lo que se sugiere que la frecuencia de ocurrencia de la especie, en el Pacífico ecuatoriano, está relacionada con aguas menos saladas (<35 ups), Así mismo, las mínima abundancia o ausencia en la época seca estaría relacionada con aguas más saladas (> 35 ups), aunque en la época húmeda, también se observó mínima cantidad, cuando las concentraciones de salinidad estaban alrededor de 35 ups. Arco y Fleminger. (1986), observaron mayor abundancias de *C. chilensis* en los meses lluviosos con respecto a los meses secos, coincidiendo con este estudio. También coincidió con los valores de temperaturas y salinidad observados en época húmeda y seca de este estudio, y con la distribución de la especie al sur de Ecuador.

Desde 2016 hasta entrada del 2018 se presentaron condiciones oceanográficas y meteorológicas que confirmaron el evento La Niña, pero en fase débil (Ormaza, 2017, 2018).

Los cambios oceanográficos producto del evento, tendrían que notarse en las fluctuaciones en la abundancia de la especie, sin embargo, comparando la información de del crucero de febrero 2013, año de considerado normal (ERFEN, febrero 2013), durante La Niña, las abundancias no fueron superiores al 2013. Esto es consistente con lo observado por Escribano e Hidalgo, (2000), quienes concluyeron, en su estudio, que no hubo una clara asociación de la abundancia de *C. chilensis* con años cálidos (El Niño) o fríos (La Niña).

Esta especie, en zonas subtropicales, parece reproducirse continuamente a lo largo del año, cuya abundancia se asocia con aguas frías y ricas en clorofila *a* (Escribano & Rodríguez, 1994; Escribano, 1998; Gonzalez & Marin, 1998; Giraldo, *et al.*, 2002).

Sin embargo, en el área de este estudio ubicada en zona tropical, no se observó continuamente a la especie a lo largo de los años analizados, (Figura 3H), aunque la disponibilidad de fitoplancton como alimento no es limitante, debido a la alta productividad en el mar ecuatoriano (Cajas *et al.*, 2000; Prado & Cajas. 2010; Coello *et al.*, 2010; Coello & Cajas. 2011).

Posiblemente la especie, al ser llevada por la rama costera de la Corriente de Humboldt hacia el norte del mar ecuatoriano, su avance quede obstaculizado por el encuentro con las aguas cálidas superficiales de la corriente de Panamá o del Niño (Capítulo I, 2012), que se desplaza de norte a sur, cuya termoclina es más profunda (McPhaden *et al.*, 2006); barrera que no le permita que se desplace más al norte, o tal vez migren a mayor profundidad, lo cual fue evidenciado por la

frecuencia de *C. chilensis* en la columna de agua, donde las temperaturas oscilaron 14.21 y 20.56°C y salinidades entre 34.58 y 35.19 ups, (Figura 3 A y 3B).

La información analizada de este estudio y las referencias bibliográficas (Chen. 1986; Arco y Fleminger. 1986; Tutasi *et al.*, 2001; Marcial. 2019), indican que la distribución y abundancia de *C. chilensis*, está estrechamente relacionado con el suministro de agua frías que ingresa a través de la corriente de Humboldt desde el sur de Ecuador, ofreciendo evidencia de que la influencia de la Corriente de Humboldt puede llegar más al norte en el Pacífico ecuatorial.

CONCLUSIÓN

Calanus chilensis es una especie clave que reside en el ecosistema costero y oceánicos de Chile, Perú y Ecuador; su distribución en el Pacífico ecuatoriano, indicaría el límite más norte de la corriente de Humboldt, tanto en su rama costera como oceánica. Estos resultados sugieren que *C. chilensis* podría usarse como un indicador biológico de la presencia de la corriente Humboldt en el Pacífico ecuatoriano, y además determinar los límites norte de la corriente en las aguas del Pacífico Ecuatorial Oriental.

AGRADECIMIENTO

A los profesionales del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR), que participaron en la colecta de muestras de zooplancton y en el análisis e ingreso de datos correspondientes a las variables, físicas, químicas.

REFERENCIAS

- Alexander, L.M. (1993). Large marine ecosystems. *Marine Policy*, 17(3), 186–198.
- Andrade, H., Andrade, H., Andrade, R., Gutiérrez, S., & Oyarzo, J. (2010). Consultoría sobre el estado del medio ambiente marino de Chile. Informe Final. Programa CONPACSE. DIRECTEMAR y OIKOS Chile.
- Arcos, D. (1974). Los copépodos calanoídeos colectados en la región Magallánica por la Expedición "Hero" 72-4b. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, 47, 215-225.
- Arcos, D. F. (1975). Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. Univ. de Concepción.
- Arcos, F. & Fleminger, A. (1986). Distribution of filter-feeding calanoid copepods in the eastern equatorial Pacific. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 27, 170-187.
- Ayón, P., Criales-Hernandez, M., Schwaborn, R. & Hirche, H. (2008). Zooplankton research off Peru: A review. *Progress in Oceanography*, 79, 238-25.
- Ayón, P., Swartzman, G., Bertrand, A., Gutiérrez, M., Bertrand, S., 2008. Zooplankton and forage fish species off Peru: large-scale bottom-up forcing and local-scale depletion. *Progress in Oceanography* 79, 208-214.
- Beaugrand, G. (2005). Monitoring pelagic ecosystems using plankton indicators. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3), 333-338.
- Bendix, J., Trachte, K., Palacios, E., Rollenbeck, R., Göttlicher, D., Nauss, T., et al. (2011). El Niño meets La Nina—anomalous rainfall patterns in the “traditional El Niño region of Southern Ecuador. *Erdkunde* 65, 151–167. Doi: 10.3112/erdkunde.2011.02.04
- Brodsky, K. A. (1959). On the phylogenetic relationship of certain species of *Calanus* (Copepoda) from the northern and southern hemispheres. *Zool. J. Acad. Sci. URSS*, 38, 1537-1553.
- Cajas, L. M. Prado, D. Coello & J. Cajas. (2000). Fitoplancton y mesozooplancton en piscinas camaroneras en la costa ecuatoriana durante el evento del síndrome de la mancha blanca. En “Situación de la problemática del virus “mancha blanca “(WSSV) en el cultivo del camarón en el litoral ecuatoriano durante 1999”. F. Ormaza editor. *Instituto Nacional de la Pesca. Edición Especial*. 57-85 p.
- Capítulo I: Información General de la República del Ecuador. INOCAR (2012). La patria empieza en el mar. 1.1 situación geográfica. https://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_I.pdf.
- Chávez, F.P. & M. Messié. 2009. A comparison of Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. *Progress in Oceanography* 83(1-4): 80-96.
- Chen, Y. Q. (1986). The vertical distribution of some pelagic copepods in the eastern tropical Pacific. *CalCOFI Rep*, 27, 205-227.
- Coello & J. Cajas (2011). Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2010. *Informe interno. INP. Guayaquil-Ecuador* 11 p.

- Coello, D., Cajas, J., Macías, P., and Lindao, J. (2010). Floración algal ocasionada por *Prorocentrum mexicanum* en el canal de Jambelí. *Rev. Ciencias Del Mar Limnol.* 4, 25–33.
- CPPS. (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. Serie Estudios Regionales, 4, 244 p. CPPS. (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. Serie Estudios Regionales, 4, 244 p.
- Conde, A., Hurtado, M., and Prado, M. (2018). Phytoplankton response to a weak El Niño event. *Ecol. Indic.* 95, 394–404. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.07.064
- Criales-Hernández, M. I., Schwamborn, R., Graco, M., Ayón, P., Hirche, H. J., & Wolff, M. (2008). Zooplankton vertical distribution and migration off Central Peru in relation to the oxygen minimum layer. *Helgoland Marine Research*, 62(2 Suppl. 1), 85–100.
- Cruz, M. (2012). Preferencia y rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad de los Pterópodos y Heterópodos frente a la costa ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17(1).
- Cucalon, E. (1989). “Oceanographic characteristics off the coast of Ecuador,” in *A Sustainable Shrimp Mariculture Industry for Ecuador*, eds S. Olsen and L.
- ERFEN. (2013). Condiciones océano atmosféricas en el mar ecuatoriano. *Boletín Científico*, Marzo.
- ERFEN. (2013). Condiciones oceano-atmosfericas se mantienen con tendencia a valores normales en la costa ecuatoriana. *Boletín Científico*, Febrero.
- Escribano R. (1998). Population dynamics of *Calanus chilensis* from northern Chile. *Fish Oceanogr* 7:245–251
- Escribano, R., & Hidalgo, P. (2000). Influence of El Niño and La Niña on the population dynamics of *Calanus chilensis* in the Humboldt Current ecosystem of northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 57(6), 1867–1874.
- Escribano, R., & Rodriguez, L. (1994). Life cycle of *Calanus chilensis* Brodsky in Bay of San Jorge, Antofagasta, Chile. *Hydrobiologia*, 292(1), 289–294.
- Giraldo, A., Escribano, R., & Marin, V. (2002). Spatial distribution of *Calanus chilensis* off Mejillones Peninsula (northern Chile): ecological consequences upon coastal upwelling. *Marine Ecology Progress Series*, 230, 225–234.
- Gonzalez, A., & Marin, V. H. (1998). Distribution and life cycle of *Calanus chilensis* and *Centropages brachiatus* (Copepoda) in Chilean coastal waters: a GIS approach. *Marine Ecology Progress Series*, 165, 109–117.
- Heinrich, A. K. (1971). On the near-surface plankton of the eastern South Pacific Ocean. *Marine Biology*, 10(4), 290–294.
- Hidalgo, P., Escribano, R., Fuentes, M., Jorquera, E., & Vergara, O. (2012). How coastal upwelling influences spatial patterns of size-structured diversity of copepods off central-southern Chile (summer 2009). *Progress in Oceanography*, 92, 134–145.
- Hurtado, M. A., Hurtado-Domínguez, L. M., Hurtado- Domínguez, L., Soto, L., & Merizalde, M. A. (2010). *Áreas costeras y marinas protegidas del Ecuador* (1st ed.). Quito: Ministerio del Ambiente.

- Lavaniegos, B. (2014). Crustáceos planctónicos como indicadores de variabilidad climática y corrientes marinas. Bioindicadores: *Guardianes de nuestro futuro ambiental*, primera edición: 2014, ISBN 978-607-8429-05-9 (edición digital).
- Luzuriaga, M. (2015). Foraminíferos Planctónicos vivos en condiciones normales del mar ecuatoriano y durante el evento “el niño” 1997- 1998. *Acta Oceanográfica del Pacífico Vol. 20 N°1*.
- Marcial, B. (2019). Análisis de la comunidad de copépodos epipelágicos en el mar ecuatoriano (*Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil*).
- McPhaden, M.J., Zebiak, S.E., Glantz, M.H., 2006. ENSO as an integrating concept in earth science. *Science* 314, 1740–1745.
- Ormaza, F. (2017). Posible retorno de la Niña e impacto en las pesquerías de atún en el EPO. *Ecuador Pesquero. Oceanografía*, 23-24.
- Ormaza, F. (2018). Como se desarrollará la Niña 2017-2018. Sus posibles Impactos. *Ecuador Pesquero. Oceanografía*, 17-18.
- Parsons, T., Y. Maita, and C. Lally. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods of Seawater Analysis. *Pergamon Press, Reino Unido*.
- Pino-Pinuer, P., Escribano, R., Hidalgo, P., Riquelme-Bugueño, R., & Schneider, W. (2014). Copepod community response to variable upwelling conditions off central-southern Chile during 2002-2004 and 2010-2012. *Marine Ecology Progress Series*, 515, 83-95.
- Prado, M. & J. Cajas 2010. Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante 2007. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología. INP. Guayaquil-Ecuador* 4(3):59-69 p.
- Prado, M., Trocholli, L., and Moncayo, E. (2015). Cambios estructurales del microfitoplancton en la zona 442 costera de la provincia El Oro-Ecuador en temporada seca. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 54, 139–152.
- Shermann, K., 1995. Large marine ecosystems and fisheries. In: Munasinghe, M., Shearer, W. (Eds.), *Defining and Measuring Sustainability. The Biogeophysical Foundations. The United Nations University and the World Bank*, pp. 207–233.
- Thiel, M., Macaya, E. C., Acuna, E., Arntz, W. E., Bastias, H., Brokordt, K.,...& Dumont, C. P. (2007). The Humboldt Current System of northern and central Chile: oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Oceanography and marine biology: an annual review*.
- Tutasi, P., Palma, S., & Cáceres, M. (2011). Epipelagic copepod distributions in the eastern equatorial Pacific during the weak La Niña event of 2001. *Scientia Marina*, 75(4), 791-802.
- Ulloa, R. y A. Vargas. (2015). *Identificación de Áreas de Alto Valor Para la Conservación de la Ecorregion Humboldt*. Inf. Fin. Proyecto Humboldt Large Marine Ecosystem. *Centro de Investigación y desarrollo de Profesionales Marinos Pacífico Ltda.* 140 pp.
- UNEP. 2006. Humboldt Current. Permanent Commission for the South Pacific (CPPS). *Kalmar, Sweden*. 79p + xv.

Estudio taxonómico, abundancia y distribución del Filum Annelida: Poliquetos, en el área de Puerto Bolívar, Ecuador, durante agosto de 2018

Taxonomic study, abundance and distribution of the Annelida Filum: Polychaetes, in the area of Puerto Bolivar, Ecuador, august 2018

Tania Calderón ¹

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio- Base Naval Sur.
Email: tania.calderon@inocar.mil.ec

RESUMEN

Se identificaron en total 16 especies de poliquetos bentónicos provenientes del área de Puerto Bolívar de la zona submareal y de algunas camaroneras alrededor de la isla Jambelí que pertenecen al canal de Santa Rosa.

De las 13 especies identificadas en el área interna del canal de Santa Rosa, la especie Cossura brunnea de la familia Cossuridae es la especie con mayor densidad poblacional y de mayor frecuencia.

En el área externa se identificaron 16 especies siendo Lumbrineris bassi de la familia Lumbrineridae muy abundante y frecuente en todas las estaciones estudiadas.

En el área de las camaroneras con 9 especies identificadas, siendo el género Capitella sp. de la familia Capitellidae con mayor abundancia y frecuencia.

La mayor diversidad de poliquetos se registró al suroeste del Estero Bravito, con 2.25 bits/ind valor ligeramente alto, donde también se registró la mayor densidad poblacional y la mayor riqueza de especie.

La menor diversidad de poliquetos con 0.45 bits/ind se evidenció en la zona interna del Canal de Santa Rosa con 2 especies identificadas Cossura brunnea y Nephtys singularis.

Estos organismos macrobentónicos son de ambiente marino-estuarino y prefieren vivir en sustratos limo-arenosos.

Palabra Claves: Poliquetos bentónicos, Diversidad, sustrato.

ABSTRACT

In total, 16 species of benthic polychaetes were identified from the Puerto Bolívar area of the subtidal zone and some shrimp farms around Jambelí Island that belong to the Santa Rosa Canal.

Of the 13 species identified in the internal area of the Santa Rosa canal, the species Cossura brunnea of the family Cossuridae is the species with the highest population density and most frequently.

In the external area, 16 species were identified, Lumbrineris bassi of the Lumbrineridae family being very abundant and frequent in all the seasons studied.

In the area of shrimp farms with 9 identified species, the genus Capitella sp. of the family Capitellidae with greater abundance and frequency.

The greatest diversity of polychaetes was recorded located southwest of the Bravito estuary, with 2.25 bits / ind slightly high value, where the highest population density and the greatest species richness were also recorded.

The lower diversity of polychaetes with 0.45 bits / ind was evident in the internal zone of the Santa Rosa Canal with 2 identified species Cossura brunnea and Nephtys singularis.

These macrobenthic organisms are marine-estuarine and prefer to live in silt-sandy substrates.

Keywords: Benthic polychaetes, Diversity, substrate.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un estudio encaminado al conocimiento de la fauna de los anélidos poliquetos que forman parte del ecosistema submareal de la isla Jambelí, canal de Santa Rosa y áreas adyacentes de la provincia de El Oro, contribuyendo con el conocimiento de la diversidad marina regional, especialmente de la fauna de poliquetos bentónicos para tener un marco referencial de las especies existentes.

Este estudio servirá para evaluar proteger y conservar las especies submareales ante posibles cambios ambientales que se vayan produciendo en el futuro.

Los organismos bénticos infaunales se encuentran organizados estructural y funcionalmente en base a gradientes de enriquecimiento orgánico, siendo la disponibilidad de alimentos uno de los factores que ayudan a la composición y distribución de los poliquetos bentónicos influenciados por la interacción de los factores ambientales como la contaminación por efluentes costeros de origen antropogénico (Villamar, 2009).

La zona costera de la provincia de El Oro es parte natural del Golfo de Guayaquil y los vínculos económicos del área tiende a diversificarse en tres direcciones: Guayaquil, norte del Perú y la zona sur del país. Esta diversificación productiva y sus usos dominantes hasta hoy en día en la zona costera son: La agricultura, acuicultura y turismo (Ochoa, E., S, Olsen & L. Arriaga, 2000).

Todos sus bordes costeros pertenecen al Golfo de Guayaquil. Los exteriores miden 77KM. y los interiores que corresponden al Archipiélago de Jambelí son de 259 km. El total de bordes de la provincia corresponde al 11.7% de las costas continentales del Ecuador. El río Jubones es la principal cuenca de drenaje y su importancia radica en su caudal y extensión. Este río desciende abruptamente desde los Andes y drena una zona de alta pluviosidad, por lo que a veces

se constituyen en torrentes destructivos. Esta cuenca cubre 3.000 km² de superficie escalonada, que desemboca en el Océano Pacífico, la altitud está entre 0 y 4000 metros, con una orientación este – oeste. Otros ríos importantes que incluyen al río Siete, Pagua, Estero Guajabal, río Sta. Rosa, Arenillas, Puyango y río Zarumilla).

Las pesquerías en los esteros y los manglares constituyen la base principal de los recursos costeros de El Oro. Otros recursos presentes, aunque en menor cantidad son las playas, patrimonio arqueológico y minerales. Las especies identificadas de poliquetos en las aguas estuarinas y de mar abierto de El Oro son prácticamente las mismas que han sido señaladas para el Golfo de Guayaquil y el estuario del río Guayas.

La actividad económica en el Archipiélago de Jambelí la constituyen las camaroneras, turismo, comercio y la pesca, siendo el turismo la más importante, ya que la mayor parte está dedicada a la venta de servicios turísticos. La actividad pesquera se concentra principalmente en la captura de larvas de camarón, pero también pesca blanca, recolección de moluscos (conchas) y extracción de crustáceos (PMRC, 1993).

La principal área de manglar de la provincia se ubica en las islas del Archipiélago de Jambelí, siendo la mayor presión sobre este recurso la actividad camaronera. Otro de los factores de impacto ambiental es la expansión urbana Machala-Puerto Bolívar.

Los esteros estudiados son la base para la navegación interior en el Archipiélago de Jambelí, en el borde occidental del estero Santa Rosa se asienta la estructura de Puerto Bolívar. En general, estos esteros y canales constituyen un hábitat propicio para el desarrollo de varias especies de crustáceos, peces y moluscos tradicionalmente explotados. A más de su importancia ecológica representan un gran potencial para el turismo y actividades recreativas,

de ahí la importancia de su preservación (Prefectura de El Oro, 2018).

Este tema de investigación tiene como propósito determinar cuali y cuantitativamente los poliquetos bentónicos, su distribución y diversidad en el área interna - externa y en las camaroneras que se encuentran en los alrededores de la isla Jambelí y el canal de Santa Rosa, ya que ellos desempeñan un papel importante en el ecosistema marino-estuarino.

ANTECEDENTES

Sobre los organismos que componen la macrofauna bentónica submareal existen pocos trabajos publicados para el área de Jambelí y Santa Rosa que pertenecen a la provincia de El Oro. Los sitios más estudiados al área de estudio son frente a la isla Puná y en la isla Santa Clara, especialmente sobre poliquetos bentónicos, identificados por Hartman (1939), a través de la Expedición Oceanográfica “Allan Hancock” de Baja California en los años 1933-38 en el Océano Pacífico. En la zona de La Libertad y Salinas contribuyen con la identificación de cuatro nuevas especies: *Armathoe vitata*, *Aphrodita japonica*, *Lepidonotus hupferi* y *Eusigalion hancocki*, esta última especie nueva para la ciencia.

En cuanto a otras publicaciones Villamar (1983), realizó el estudio sistemático de los poliquetos bentónicos del Golfo de Guayaquil, donde reporta 37 especies identificadas, distribuidas en 18 familias, siendo *Notomastus abyssalis* la especie más

frecuente, seguida de *Aricidea similis*. Más tarde Villamar (1989), efectuó una lista taxonómica de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil exterior, (Canal del Morro y Jambelí), identificando un total de 13 especies, las más abundantes fueron *Diopatra splendidissima* y *Paraonides platybranchia* en el canal del Morro y la especie *Sternaspis fossor* para el canal de Jambelí.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está localizada en la parroquia urbana de Puerto Bolívar, que pertenece al Cantón Machala de la Provincia de El Oro. Esta parroquia está bordeada por los esteros Puertos Pilo y Huaylá al sur; y los esteros Macho y Salinas al norte. También comprende la isla Jambelí que se encuentra separada por el Estero Santa Rosa de la parte continental y la boca del canal de Jambelí. Esta isla perteneciente al Archipiélago de Jambelí y tiene influencia por el norte el río Jubones con una longitud de alrededor de 154 Km. Este río drena una cuenca de 4.285 Km², y desemboca en el Golfo de Guayaquil del Océano Pacífico (PMRC, 1993).

Para efectos de interpretación de los resultados, el área se subdividió en: Área Interna (AI) que comprende el Estero Santa Rosa donde se ubicaron 19 estaciones; Área Externa (AE) comprende el lado oeste del Canal de Jambelí donde se ubicaron 13 estaciones, y 10 estaciones ubicadas en los ramales internos donde se encuentran asentadas las camaroneras (C), ubicadas al sureste y suroeste (Tabla 1).

Tabla 1. Localización de las Estaciones de Muestreo.

Table 1. Location of Sampling Stations.

ÁREA	ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	LOCALIDADES
Área Interna (AI)	1	-3,3467	-80,0371	Estero Santa Rosa
	2	-3,32634	-80,03398	
	3	-3,30902	-80,02371	
	4	-3,30566	-80,0334	
	5	-3,285	-80,00891	
	6	-3,28292	-80,01645	
	7	-3,28163	-80,02636	
	8	-3,27314	-80,00357	
	9	-3,27126	-80,00653	
	10	-3,26575	-80,01337	
	11	-3,25012	-80,00087	
	12	-3,24997	-80,00611	
	13	-3,24901	-80,01709	
	14	-3,23611	-80,00418	
	15	-3,23409	-80,01155	
	16	-3,23353	-80,02242	
	17	-3,21336	-79,99725	
	18	-3,20949	-80,01046	
	19	-3,20822	-80,02429	
Área Externa (AE)	20	-3,18295	-79,97572	Lado oeste del Canal de Jambelí.
	21	-3,1495	-79,95503	
	22	-3,14191	-79,96325	
	23	-3,16324	-79,99732	
	24	-3,1889	-80,02305	
	25	-3,19965	-80,03727	
	26	-3,18468	-80,05432	
	27	-3,2022	-80,06887	
	28	-3,21667	-80,04167	
	29	-3,25767	-80,062	
	30	-3,23075	-80,07983	
	31	-3,2605	-80,10122	
	32	-3,276	-80,07503	
Área de Camaroneras (AC)	C 1	-3,28716	-79,99965	Camaroneras ubicadas al sur y suroeste
	C 2	-3,28021	-80,03712	
	C 3	-3,28928	-80,06294	
	C 4	-3,28280	-80,05197	
	C 4A	-3,26946	-79,99415	
	C 5	-3,26072	-79,98929	
	C 6	-3,25380	-80,02695	
	C 7	-3,23993	-79,99635	
	C 8	-3,23576	-80,03416	
	C 9	-3,24129	-80,04379	

MATERIALES Y MÉTODOS

Campo

Para la obtención de las muestras de sedimento superficial de la zona submareal, se empleó una draga metálica tipo Van Veen que tiene una superficie de mordida de 0.25

m². Inmediatamente las muestras fueron almacenadas en recipientes plásticos de un litro de capacidad, para luego ser fijadas con una solución de formol al 10%, previamente neutralizado con Tetraborato de Sodio (Na₂B₄O₇). Así mismo, para la colección y preservación de los invertebrados marinos se emplearon las técnicas recomendadas por Roger J. Lincoln & Gordon Sheals (1979).

Laboratorio

Las muestras obtenidas fueron sometidas a lavado y se empleó tamices con abertura de malla de 4, 2, 1 y 0,5mm; la fauna presente en el tamiz más fino fue sometida a tinción con Rosa de Bengala. Posteriormente se procedió a separar la fauna de anélidos utilizando un estereomicroscopio, considerando a las principales taxas e identificando a nivel de especies para lo cual se empleó las claves de Gosner (1971), Villamar (1983), Hartman (1968, 1969) y Brusca (1973).

Análisis Estadísticos

En cada estación se realizó la identificación, conteo y porcentaje de los individuos que fueron utilizados para obtener el índice de diversidad y densidad.

La diversidad de especies de la comunidad de los poliquetos bentónicos fue calculada aplicando el índice de diversidad de Shannon-Weaver (1964).

RESULTADOS

Área Interna

La mayor diversidad de poliquetos se registró en la estación 9, con 1.95 bits/Ind valor ligeramente alto, cuyo sustrato se caracterizó por ser tipo limo arenoso. En la estación 1 se registró una diversidad baja con 0.45 bits/Ind. y de la misma forma la riqueza de especies (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de diversidad de las especies de poliquetos bentónicos en el Área interna en la zona submareal, durante agosto de 2018.

Table 2. Diversity index of benthic polychaete species in the internal area in the subtidal zone, during August 2018.

ÁREA INTERNA															
Estación	1	2	4	5	6	7	8	9	10	14	15	16	17	18	19
Riqueza de especies (S)	2	9	5	4	9	3	7	9	6	8	8	3	10	10	8
Shannon y Weaver (H)	0.45	1.27	1.39	1.21	1.87	1.1	1.83	1.95	1.67	1.37	1.75	1.04	1.63	1.91	1.7

En cuanto a los poliquetos se determinó, que la especie *Cossura brunnea*, perteneciente a la familia Cossuridae con 20%, fue la especie con mayor densidad poblacional y frecuencia en el área interna en los alrededores de Jambelí y Santa Rosa, han sido observadas por primera vez en el área de estudio. Además, los géneros *Nereis* sp., con 12 % se presentó abundante en las estaciones 15 y 19; el género *Polydora* sp., con 10 % en la

estación 14. El género *Diopatra* sp. se observó en la estación 17 con 7%. Así mismo, las especies *Paraprionospio pinnata*, *Sigambra bassi*, *Glycera branchiopoda* y el género *Capitella* sp. registraron valores de 6% respectivamente en las estaciones estudiadas y *Mediomastus californiense* con el 5%. Otros agrupados en el 10% con valores menores al 1%, (Figura 2).

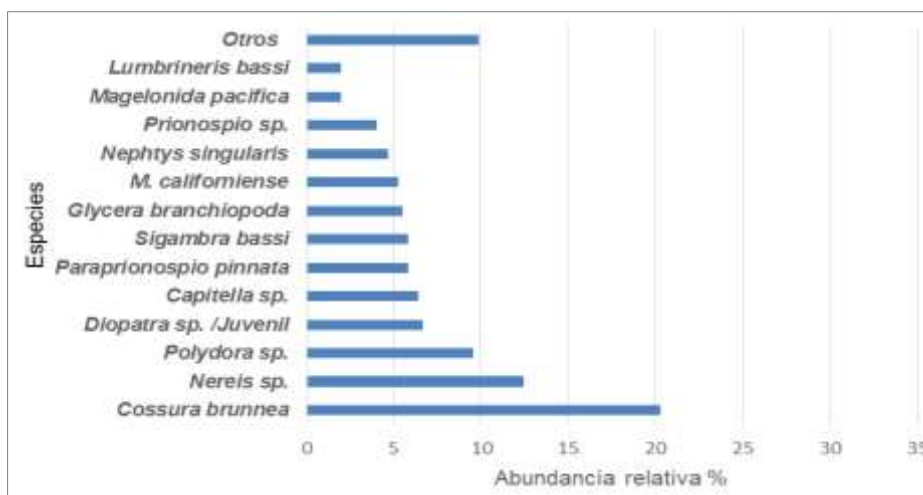


Figura 2. Abundancia relativa (%) de los poliquetos submareal en el Área interna, durante agosto de 2018.

Figure 2. Relative abundance (%) of subtidal polychaetes in the Internal Area, during August 2018.

Área Externa

La mayor diversidad de poliquetos se registró en la estación 30 con 2.17 bits/Ind valor

ligeramente alto, cuyo sustrato se caracterizó por ser tipo limo arenoso. En la estación 29 se registró una diversidad baja con 0.73 bits/Ind, (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de diversidad de las especies de poliquetos bentónicos en el Área externa en la zona submareal, durante agosto de 2018.

Table 3. Diversity index of benthic polychaete species in the external Area in the subtidal zone, during August 2018.

ÁREA EXTERNA										
Estación	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Riqueza de especies (S)	10	5	3	3	4	4	3	2	10	8
Shannon y Weaver (H)	2.06	1.55	1.1	1.04	1.15	1.31	1.1	0.73	2.17	1.94

De las 10 estaciones estudiadas en el área externa, se observó la especie *Lumbrineris bassi*, correspondiente a la familia Lumbrineridae registró la mayor diversidad poblacional con 14% y la más frecuente en el área de estudio. Además, el género *Prionospio sp.* fue abundante en la estación 22 con 10%. Las especies *Paraprionospio pinnata*, *Nereis sp.* y *Capitella sp.* registraron densidad poblacional con el 8% respectivamente en las estaciones 22 y 31 en el área externa en los alrededores de Jambelí

y Santa Rosa. La especie *Cirratulus cirratus* se observó abundante en la estación 31, las especies *M. californiense* y *Sigambra bassi* se registraron en la estación 22, son especies típicas de ambientes estuarinos, y el género *Polydora sp.* se registró en las estaciones 22 y 30, las especies y los géneros antes mencionados registraron valores de 6% respectivamente en el área de estudio, y otros agrupados 5% con valores menores al 1%, (Figura 3).

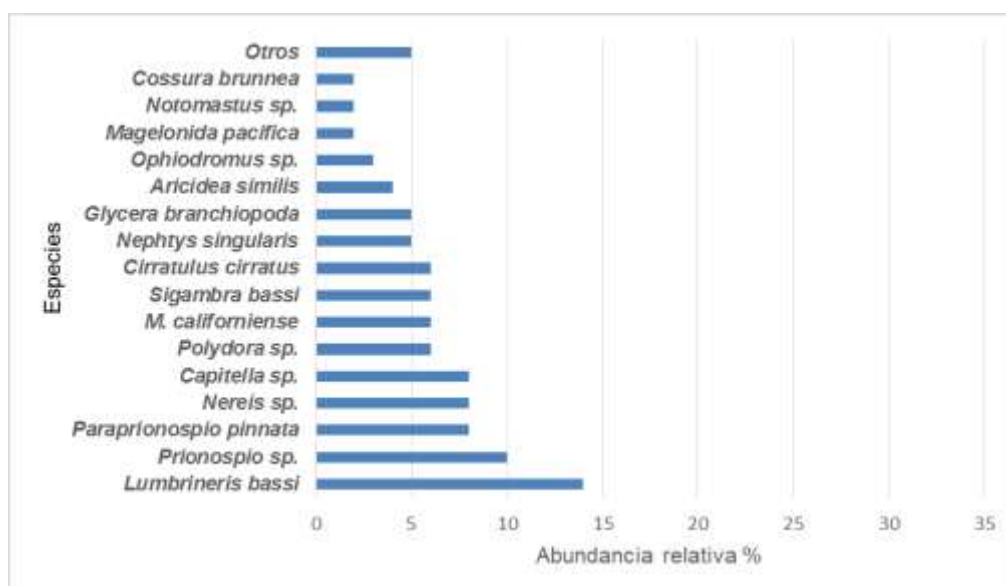


Figura 3. Abundancia relativa (%) de los poliquetos submareal en el Área externa, durante agosto de 2018.

Figure 3. Relative abundance (%) of subtidal polychaetes in the external Area, during August 2018.

Área de Camaroneras

Las estaciones ubicadas al suroeste: La mayor diversidad de poliquetos se registró en la camaronera C-4 ubicada al suroeste del estero Bravito, con 2.25 bits/Ind valor

ligeramente alto, cuyo sustrato se caracterizó por ser tipo limo arenoso. En la camaronera C-9 y localizada en el muelle de Jambelí, se registró una diversidad ligeramente bajo con 1.27 bits/Ind, (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de diversidad de las especies de poliquetos bentónicos en el Área de Camaronera sureste y suroeste en la zona submareal, durante agosto de 2018.

Table 4. Diversity index of benthic polychaete species in the southeast and southwest Shrimp Area in the subtidal zone, during August 2018.

AREA DE CAMARONERAS								
Estación	C-4A	C-1	C-9	C-8	C-6	C-2	C-3	C-4
Riqueza de especies (S)	6	8	6	11	11	5	7	15
Shannon y Weaver (H)	1,52	1,85	1,27	1,81	1,81	1,56	1,86	2,25

En esta misma área el género *Prionospio* sp. correspondiente a la familia Spionidae fue abundante con 29% y el género *Capitella* sp. con 20% en la camaronera C-4A del estero Huaylá. Así también, las especies *Paraprionospio pinnata* y *Sigambra bassi* con 12 % respectivamente.

En las camaronera C-1 y C-4 del estero Huaylá. La especie *Nephtys singularis* y el género *Mediomastus* sp. fueron en menor abundancia relativa con 2% y *M. californiense* con el 10%. (Figura 4).

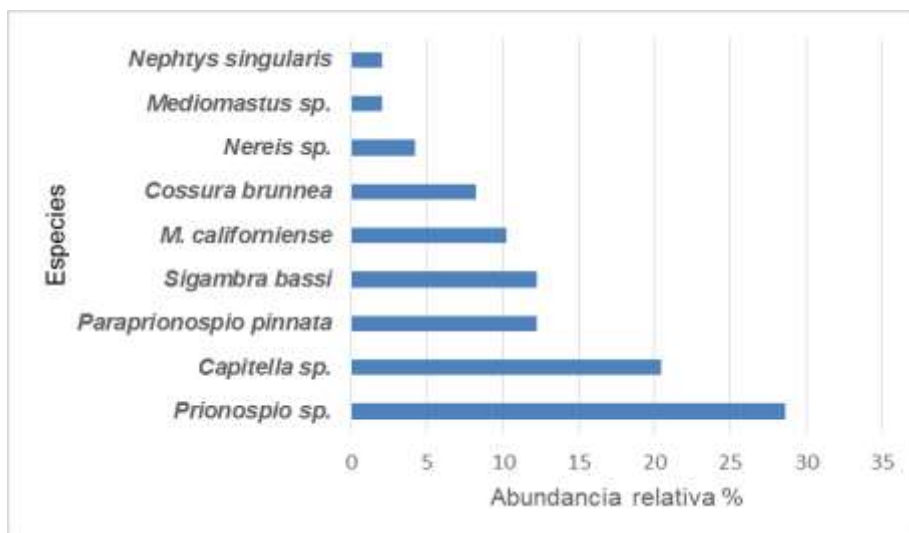


Figura 4. Abundancia relativa (%) de los poliquetos submareal en el Área de Camaronera sureste, durante agosto de 2018.

Figure 4. Relative abundance (%) of subtidal polychaetes in the southeast Shrimp Area, during August 2018.

El área de camaronera ubicada al suroeste, el género *Capitella sp.*, correspondiente a la familia Capitellidae registró la mayor abundancia relativa con 22% y frecuencia en las estaciones C-8, C-6, C-9, C-4 y C-2. El género *Nereis sp.*, de la familia Nereidae con 13% en las estaciones C-4, C-3 y C-2. Además, la especie *Paraprionospio pinnata* y el género *Prionospio sp.* con 10% respectivamente.

Así mismo, las especies *Lumbrineris bassi* y *Syllis elongata* con 8% y 7% respectivamente

registraron su mayor densidad poblacional en las estaciones C-4. La especie *M. californiense* con 7% se observó en las estaciones C-8, C-6 y C-2, especies típicas de ambiente estuarino.

Este grupo de poliquetos se registró con la mayor densidad poblacional en la estación C-9 localizada en el canal de Jambelí, siendo la especie *Dorvillea articulata*, los géneros *Lepidonotus sp.* y *Notomastus sp.* con 3% y otros con menor al 1% *M. californiense*. (Figura 5).

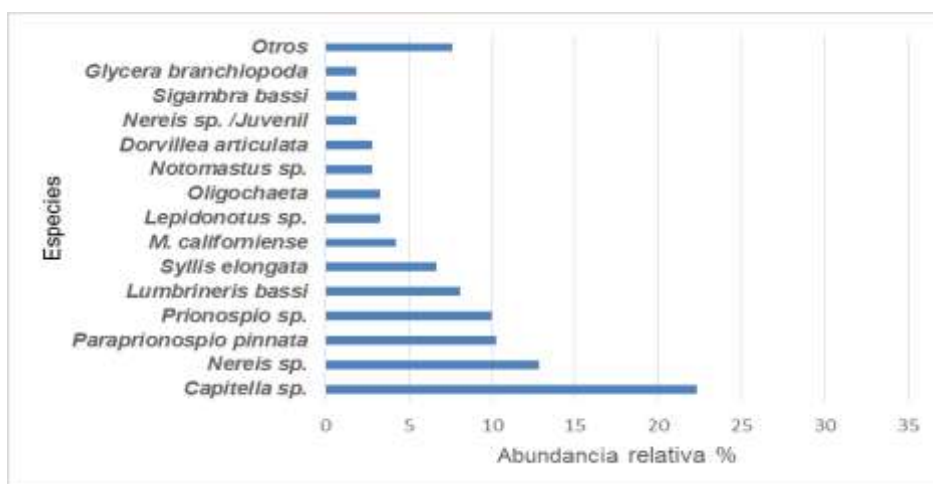


Figura 5. Abundancia relativa (%) de los poliquetos submareal en el Área de Camaronera suroeste, durante agosto de 2018.

Figure 5. Relative abundance (%) of subtidal polychaetes in the southwest Shrimp Area, during August 2018.

CONCLUSIONES

Se ha determinado que de las 16 especies de poliquetos identificados en el área interna, la especie *Cossura brunnea* de la familia Cossuridae es la especie con mayor densidad poblacional y frecuencia en el área estudiada, además, se observó a los géneros *Nereis sp.* y *Polydora sp.* Estos organismos son de ambiente marino estuarino y prefieren un sustrato limo-arenoso.

En el área externa se identificó a la especie *Lumbrineris bassi* de la familia Lumbrineridae considerada como abundante y frecuente en las estaciones estudiadas, seguido de la especie *Paraprionospio pinnata* y de los géneros *Prionospio sp.*, *Nereis sp.* y *Capitella sp.*

En el área de las camaroneras la mayor diversidad de Poliquetos se registró en la camaronera C-4 ubicada al suroeste de Estero Bravito con 2.25 bits/Ind valor ligeramente alto, donde se registró la mayor densidad poblacional y mayor riqueza de especies. El

género *Capitella sp.*, de la familia Capitellidae registró la mayor abundancia y frecuencia en el área de camaroneras, seguido de las especies *Paraprionospio pinnata*, *Lumbrineris bassi* y *Syllis elongata*. La menor diversidad de Poliquetos con 0.45 bits/Ind se registró en el área interna, con menor riqueza con dos especies identificadas *Cossura brunnea* y *Nephtys singularis*.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento al Sr. Director del INOCAR CPNV-EM Patricio Hidalgo Vargas y al Sr. TNNV-SU Leonardo Alvarado Director de Oceanografía Naval, Jefe de la Dirección de Oceanografía Naval, por todo el apoyo brindado para la publicación de este trabajo científico. Al Dr. Francisco Villamar por la lectura, revisión y valiosas sugerencias al manuscrito.

REFERENCIAS

- Brusca, R. 1973. A handbook to the common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press: 1-427.
- Gosner, L. K. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrate. Edition John Wiley- Sons, INC. New York, (No. Sirsi) i9780471318972): 1-693.
- Hartman, O. 1939. Polychaetous Annelids. Pt.1. Aphroditidae to Pisionidae. Allan Hancock. Pacific Exp. Vol. 7#1-2:1-170
- Hartman, O. 1968. Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles: 1-828
- Hartman, O. 1969. Atlas of the Sedentariate Polychaetous Annelids from California. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles: 808.
- Ochoa, E.S. Olsen y L. Arriaga 2000. Macrozonificación de la zona costera continental: Propuesta para el ordenamiento y desarrollo de la costa Ecuatoriana. Programa de Manejo de Recursos Costeros y Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island, diciembre de 2000: 110.
- Programa de Manejo de Recursos Costeros. 1993. Plan de Manejo de la Zona Especial de Manejo (ZEM) Machala - Puerto Bolívar - Isla Jambelí. Guayaquil, Ecuador: Programa de Manejo de Recursos Costeros. Primera Edición, Ecuador: 1-77
- Prefectura El Oro. 2018. Estudio de Impacto Ambiental dragado del Canal del Estero Huaylá, Ecuador: 1- 465.
- Roger, J. Lincoln y J. Gordon Sheals. 1979. Invertebrate Animals Collection and Preservation British Museum (Natural History) Cambridge University Press

Printed in Great Britain by Butler y Tanner Ltd. London: 1-150.

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

Villamar, F. 1983. Poliquetos Bentónicos del Golfo de Guayaquil: Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 2(2): 659-733.

Villamar, F. 1989. Estudio de los poliquetos bentónicos en el Golfo de Guayaquil exterior (Canal del Morro y Jambelí). Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR 5 (1): 34-40.

Villamar, F. 2009. Estudio de los Poliquetos bentónicos y Fauna acompañante en la zona intermareal y submareal de la Bahía de Santa Elena (Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. 15 (1): 127-138.

El Canario en la mina de carbón: delfines Bufeos (*Tursiops truncatus*) del Golfo de Guayaquil como Centinelas de Polución marino-costera en Ecuador

The Canary in the coal mine: Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) of the Gulf of Guayaquil as sentinels of coastal-marine pollution in Ecuador

Juan José Alava ^{(1,2)*} j.alava@oceans.ubc.ca, Pedro J. Jiménez ⁽¹⁾, Ana Tirapé ⁽³⁾, Paola Calle ⁽³⁾, Omar Alvarado Cadena⁽³⁾, Gustavo A. Domínguez ⁽³⁾, Madeleine Calle Delgado ⁽³⁾, Patricia Fair ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Fundación Ecuatoriana para El Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM), Ecuador

⁽²⁾ Institute for the Oceans and Fisheries, University of British Columbia, AERL 2202 Main Mall | Vancouver, Columbia Británica, 6T 1Z4, Canadá

⁽³⁾ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, (Facultad de Ciencias de la Vida), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

⁽⁴⁾ Department of Public Health Sciences, Medical University of South Carolina, Charleston, SC, Estados Unidos de América

RESUMEN

*El uso de la metáfora “el canario en la mina de carbón” se originó para proveer una advertencia anticipada de los peligros de salud ocupacional generados por gases tóxicos en los mineros. Bajo esta premisa, surgió la idea inédita de usar los delfines bufeos como especie centinela en la costa continental ecuatoriana y así fortalecer y estimular el avance de la ecotoxicología marina en Ecuador. Por lo que recientemente, se emprendió el proyecto “Estudio de Ecología Poblacional, Contaminantes Orgánicos Persistentes, Mercurio y enfermedades del Bufe Costero (*Tursiops truncatus*) en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, Golfo de Guayaquil”.*

ABSTRACT

*The use of the metaphor "canary in the coal mine" was originated to provide early warning of the occupational health hazards generated by toxic gases in the mines. Under this premise, the use of dolphins as a sentinel species of the Ecuadorian continental coast emerged as a novel idea to strengthen and stimulate the advancement of marine eco-toxicology in Ecuador. Thus, the project "Study of Population Ecology, Persistent Organic Pollutants, mercury and diseases of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the El Morro Mangrove Wildlife Refuge, Gulf of Guayaquil" was recently undertaken in Ecuador.*

La metáfora “*el canario en la mina de carbón*” (“*the canary in the coal mine*”) se originó a inicios de los años novecientos (i.e. 1911) pero cesó en 1986 cuando se innovó con el uso de detectores electrónicos digitales (Burrell y Seibert, 1914; Eschner, 2016). En esos tiempos los mineros solían llevar canarios enjaulados a su lugar de trabajo para proveer una advertencia anticipada o alerta roja de los peligros de salud ocupacional generados por gases tóxicos para los mineros. En principio, si hubo emisiones de gas metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) u otros gases tóxicos en la mina; el canario moriría antes de que los niveles del gas alcanzaran las concentraciones peligrosas para los mineros (Spencer, 1962, Eschner, 2016). En el presente, esta metáfora también se aplica como una analogía para interpretar el rol de diversas especies de la fauna marina de los océanos y costas, tales como los mamíferos marinos (i.e., cetáceos y pinnípedos) usados como centinelas, indicadores de la contaminación y de la salud de los ecosistemas marinos y costeros del océano global (Tabor y Aguirre, 2004; Wells *et al.*, 2004; Bossart, 2006).

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande del Pacífico Sur, el cual debido al constante crecimiento urbano e industrial asociado al uso y conversión de suelo y hábitats está siendo degradado a tal punto que la calidad de agua y sedimento a tal punto que los manglares de esta bioregión son uno de los más impactados y perturbados en el mundo (Calle *et al.*, 2018; Fernández-Cadena *et al.*, 2014). Existen pocos estudios sobre contaminación por compuestos químicos inorgánicos y orgánicos realizados en el Golfo de Guayaquil en donde se ha medido y encontrado la presencia de pesticidas organoclorados en sedimento y organismos acuáticos (Montaño y Resabala, 2005; Calle y Alava, 2009), residuos de hidrocarburo de petróleo en agua (Rodríguez, 2006), y

metales pesados, incluyendo principalmente altas concentraciones de mercurio total (THg) en sedimentos estuarinos y mejillones de manglar (*Mytella strigata*) (Calle *et al.*, 2018), así como elevados niveles de cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb), selenio (Se), vanadio (V) y zinc (Zn) en sedimentos del Estero Salado (Fernández-Cadena *et al.*, 2014); y Cd en diferentes puntos de la Reserva Ecológica Manglares Churute (Proaño, 2016), los cuales exceden estándares y lineamientos nacionales e internacionales de calidad ambiental. Así mismo, la contaminación por pinturas anti-incrustantes o compuestos de butiltina tales como tributiltina (TBT), dibutiltina (DBT) y monobutiltina (MBT) ha sido investigada recientemente en caracoles murícidos (*Thais spp.*) del Golfo de Guayaquil (Castro *et al.*, 2012). Sin embargo, no existen estudios de contaminación por compuestos químicos orgánicos y metales en depredadores topos al ápice de la redes alimenticias marinas y costeras que pueden servir como indicadores de contaminación y especies centinelas de la salud de los ecosistemas estuarinos, marinos y costeros, particularmente mamíferos marinos de la costa ecuatoriana.

En el Golfo de Guayaquil, los delfines nariz de botella costeros o bufeos costeros (*Tursiops truncatus*) es una especie carismática que cumple funciones y servicios ecológicos vitales como depredador tope del ecosistema estuarino y manglares en la bioregión del estuario del Golfo de Guayaquil (Jiménez y Alava, 2015), Figura 1. Sin embargo, la población de esta especie de cetáceos está sujeta a diversas amenazas antropogénicas, por lo que actualmente, está bajo la categoría de Vulnerable (VU), de acuerdo al Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador (Jiménez *et al.*, 2011). Por ejemplo, la población residente que habita en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISEM) es de particular atención debido a que los estudios de foto-identificación desde el 2005

y las estimaciones del tamaño de la población indican un decrecimiento gradual en la población (Jiménez *et al.*, 2011; Jiménez y Alava, 2014). Las causas de esta disminución poblacional no están lo suficientemente evaluadas, pero factores antropogénicos tales como la degradación del hábitat natural, las actividades humanas ligadas a la observación informal de delfines, las capturas incidentales asociadas con la pesca artesanal, aumento del tráfico marítimo, dragado de sedimentos, y la contaminación ambiental pueden incidir en este declive (Jiménez y Alava, 2014).

Jiménez y Alava (2014) brindaron recomendaciones para emprender nuevas líneas de investigación sobre posibles efectos adversos de la contaminación ambiental en los delfines bufeos y mejorar la conservación de esta especie. En este contexto, la REVISEM ofrece un área de estudio y las condiciones para analizar contaminantes orgánicos persistentes (COPs), mercurio y enfermedades en los delfines que nos permiten evaluar el impacto antropogénico en el ecosistema y hábitat de los delfines de esta área protegida, (Figura 2).



Figura 1. El delfín nariz de botella costeros o bufeos (*Tursiops truncatus*) del Golfo de Guayaquil.

Figure 1. The coastal bottlenose dolphin or bufeos (*Tursiops truncatus*) of the Gulf of Guayaquil.

Esta especie es un depredador tope clave, cuyo rol como especie centinela de la contaminación ambiental marina y salud de los océanos es comparable al concepto de “canarios en las minas de carbón”. (Figura

1), Foto: Juan José Alava (delfín adulto observado en aguas estuarinas frente a Puerto Posorja, mayo 2018).

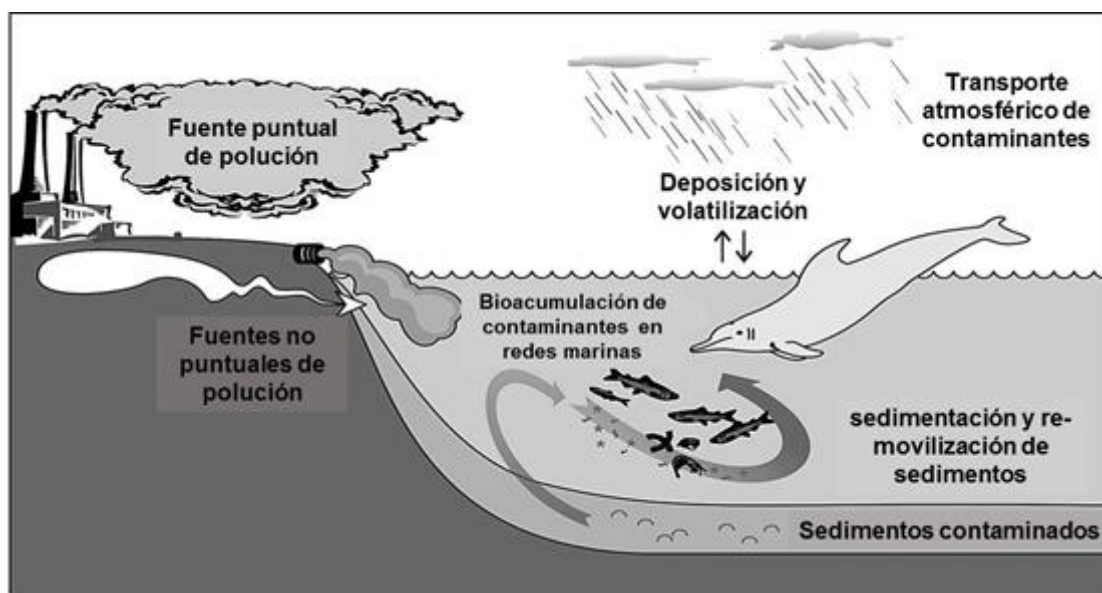


Figura 2. Ilustración conceptual en donde se señala la contaminación ambiental proveniente de fuentes puntuales y no puntuales en hábitats estuarinos y marinos.

Figure 2. Conceptual illustration showing the environmental pollution from point and non-point sources in estuarine and marine habitats.

En la figura 2 se señalan las rutas de potencial contaminación y bioacumulación de contaminantes en redes alimenticias marinas. Estos contaminantes orgánicos pueden incluir la bioacumulación de los COPs y el mercurio orgánico (metilmercurio $[CH_3Hg]^+$) en la red trófica de los delfines costeros o buecos (*Tursiops truncatus*) del Golfo de Guayaquil. Basado y adaptado de Jiménez y Alava (2014).

Otras de las amenazas contra los delfines nariz de botella son las ocasionales operaciones de dragado, con su consecuente remoción y desecho de contaminantes, que se realizan para aumentar la profundidad de los canales del Golfo de Guayaquil (Jiménez and Alava, 2014). Estos canales se utilizan como rutas de transporte para el tráfico de embarcaciones comerciales y petroleros. A pesar de que existen estudios de impacto ambiental (EIA) que han evaluado los efectos de las actividades de dragado y la resuspensión de sedimentos en fitoplancton, invertebrados bentónicos (camarones) y peces del Canal de El Morro (INOCAR, 2008) y estudios que han considerado otras especies de la biota y fauna marina sensible, en particular la población de delfines de Posorja y El Morro (Ramón-Jibaja, 2018), los efectos a la salud en esta especie de

cetáceos y su área de alimentación en el corto y largo plazo por los impactos acumulativos de las actividades de construcción y operación de dragado de profundización y mantenimiento de canales de acceso, desecho de sedimentos y material de dragado en el mar no están caracterizados y analizados rigurosamente. Esto es de particular preocupación por que las actividades y operaciones durante dragado pueden causar efectos negativos, perturbar el comportamiento y originar el desplazamientos de delfines nariz de botella de las área de forrajeo (Marley *et al.*, 2017; Pirotta *et al.*, 2013; Todd *et al.*, 2015).

Particularmente, las perturbaciones y el ruido marino (contaminación acústica) pueden afectar y alterar el comportamiento animal y la salud individual a través de la pérdida de tiempo de alimentación u otros comportamientos que comprometen el equilibrio energético en los individuos, lo que en consecuencia podría impactar la dinámica poblacional de los delfines como las tasas de nacimiento, reproducción y sobrevivencia (National Research Council, 2005; New *et al.*, 2013).

En este contexto, se emprendió recientemente en la costa continental

ecuatoriana el proyecto de investigación “Estudio de Ecología poblacional, Contaminantes Orgánicos persistentes, Mercurio y Enfermedades del Bufe Costero (*Tursiops truncatus*) en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, Golfo de Guayaquil”. Esta iniciativa fue formulada desde el 2016 con colaboración y cooperación técnica internacional de la Dra. Patricia Fair, la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) a través de la Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) para llevar a cabo investigación científica y promover ciencia ecotoxicológica en nuestro país, y contribuir con el desarrollo de políticas de manejo y normativas legales para la protección y conservación de los delfines bufeos.

En su génesis, la idea inédita de usar los delfines bufeos como “*el canario en una mina de carbón*” surgió como una gran oportunidad para fortalecer y estimular el avance de la investigación científica en los ámbitos de la ecotoxicología marina y toxicología ambiental, considerando a la vez las grandes limitaciones para fondos concursables de investigación y escasos recursos financieros para este tipo de estudios en Ecuador.

El trabajo de campo de este proyecto se inició en mayo del 2018 en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Para la extracción de biopsias se utilizó un método altamente estandarizado y eficaz, el cual es usado a nivel mundial por muchos investigadores para muestrear diversas especies de cetáceos (Whitehead *et al.*, 1990; Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Krützen *et al.*, 2002; Parsons *et al.*, 2003; Jefferson y Hung, 2008, Kiszka *et al.*, 2010; Tezanos-Pinto y Baker, 2012; Fruet *et al.*, 2016).

Para este fin se usó una Ballesta Barnett (BCR Recurve Crossbow) que es un método de muestreo inofensivo para obtener biopsias de grasa. El uso de la ballesta está

supeditado a la posesión de permisos, por lo que fue única y exclusivamente usado por el Biólogo George H. Biedenbach (experto del Georgia Aquarium y Maryland, Georgia, USA) quien tiene autorización y certificación de salud animal con Nivel A (collection of Level A otorgado por the National Department of Marine Fisheries de los Estados Unidos).

Una vez recuperada la biopsia de tejidos la piel se separó de la grasa: 2/3 de muestra de piel se destinó para análisis de mercurio, 1/3 de la muestra de piel para estudios de genética y toda la grasa fue destinada para realizar análisis de COPs. Las muestras fueron preservadas en nitrógeno líquido hasta su arribo al laboratorio y preservadas en 80°C hasta su posterior análisis.

Como resultado del esfuerzo de muestreo, un número importante de biopsias de grasa y piel de delfines bufeos fueron colectadas para analizar mercurio total (THg) y COPs tales como Bifenilos policlorados (PCBs), Dicloro difenil tricloroetano (DDTs), compuestos ciclodiénicos (aldrín, dieldrín, endrín, clordano, heptacloro), mirex, endosulfan, así como Bifenilos polibromados (PBDEs). Los resultados preliminares indican que los delfines muestreados están expuestos a la contaminación por estos compuestos químicos debido a la detección de COPs y THg en las muestras de biopsias (grasa y piel) colectadas en el campo.

Este estudio representa uno de los y lobos finos/peleteros (*Arctocephalus galapagoensis*) de Galápagos primeros en su índole y en la historia de ecotoxicología de mamíferos marinos de Ecuador, similar a las investigaciones pioneras sobre estudios de COPs en lobos marinos (*Zalophus wolfebaeki*) en las Islas Galápagos, en donde el hallazgo principal fue el organoclorado DDT en estas especies de pinnípedos tropicales (Alava *et al.*, 2009; Alava *et al.*, 2011; Alava y Gobas, 2012; Alava *et al.*,

2014; Alava et al., 2017; Alava y Ross, 2018).

Se espera que los resultados de este proyecto contribuyan a la obtención de nuevo conocimiento para la comunidad científica ecuatoriana, investigadores, estudiantes de colegios y universidades, así como también para las comunidades costeras y público en general, lo cual permitirá conocer y alertarnos sobre los potenciales peligros de la contaminación y bioacumulación de mercurio y COPs en la red trófica marina del Golfo de Guayaquil con implicaciones para la salud pública y ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de George H. Biedenbach (Georgia Aquarium and Marynland, Estados Unidos) por su experiencia y trabajo de campo en la toma de biopsias, Acuario de Carolina del Sur (South Carolina Aquarium, Estados Unidos), Ph.D. Windsor Aguirre (De Paul University), la beca Fullbright otorgada a la Ph.D. Patricia Fair (Medical University of South Carolina, Estados Unidos) y al Ministerio de Ambiente por otorgar el permiso de investigación correspondiente (N.- 029-2017-IC-FLO/FAU-DPAG/MAE). Los autores también agradecen las valiosas sugerencias y ediciones vertidas al artículo por Ph.D. Judith Denkinger (Universidad San Francisco de Quito) y Ph.D. Nikita Gaibor (Instituto Nacional de Pesca).

REFERENCIAS

Alava, J.J. and Ross, P. S. (2018). Pollutants in tropical marine mammals of the Galapagos Islands, Ecuador: An Ecotoxicological Quest to the Last Eden (Chapter 8). pp. 213-234. In: *Marine Mammal Ecotoxicology: impacts of multiple stressors on population health*. Fossi, C. and Panti, C. (Eds.). Elsevier/Academic Press. London, UK.

Alava, J.J., Denkinger, J., Jiménez, P.J., Carvajal, R., Salazar, S. (2017). Population Status, Anthropogenic Stressors and Conservation of the Galapagos Fur Seal (*Arctocephalus galapagoensis*): An Overview. pp. 120-131. In: *Tropical Pinnipeds: Bio- Ecology, Threats and Conservation*. Alava, J.J. (Ed.). CRC Press and Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA.

Alava, J.J., Palomera, C., Bendell, L., Ross, S.P. (2014). Pollution as a threat for the conservation of the Galapagos Marine Reserve: Environmental Impacts and Management Perspectives. pp. 247-283. In: *The Galapagos Marine Reserve: A dynamic socio-ecological system*. Vinueza, L. & Denkinger, J. (Eds.). ©Springer Science and Business Media, New York.

Alava, J.J. and Gobas, F.A.P.C. (2012). Assessing Biomagnification and Trophic Transport of Persistent Organic Pollutants in the food chain of the Galapagos sea lion (*Zalophuswollebaeki*): Conservation and Management Implications. pp. 77-108 In: Romero, A. and Keith, E. O. (Eds.), *New Approaches to the Study of Marine Mammals*. InTech, Croatia.

Alava, J.J., Ross, P. S., Ikonomou, M. G., Cruz, M., Jimenez-Uzategui, G., Salazar, S., Costa, D. P., Villegas- Amtmann, S., Howorth, P., Gobas, F.A.P.C. (2011). DDT in endangered Galapagos Sea Lions (*Zalophuswollebaeki*). *Marine Pollution Bulletin* 62: 660-671.

Alava, J.J.; Ikonomou, M. G., Ross, P. S.; Costa, D. P., Salazar, S., Auriolles-Gamboa, D., Gobas, F.A.P.C. (2009). Polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in Galapagos sea lions (*Zalophuswollebaeki*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 28 (11):2271-2282.

- Barrett-Lennard, L., Smith, T.G. and Ellis, G.M. (1996). A cetacean biopsy system using lightweight pneumatic darts, and its effect on the behavior of killer whales. *Marine Mammal Science* 12(1):14-27.
- Bossart, G.D. (2006). Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Oceanography* 19(2): 134-137.
- Burrell G, Seibert F. (1914). Experiments with small animals and carbon monoxide. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 6:241-4.
- Calle, P. and Alava, J.J. 2009. Coastal chemical pollution at continental Ecuador: The case of the Gulf of Guayaquil. In: Book of Abstracts, IX Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC LA) and the II Peruvian Congress of Ecotoxicology and Environmental Chemistry (SETAC PERU) – International Meeting “Ecotoxicology and Social Responsibility” October 05-09, 2009. SETAC Perú. Lima, Perú. *The Biologist* 7 (1-2):13.
- Calle, P., Monserrate, L., Medina, F., Calle Delgado, Tirapé, A., Montiel, M., Ruiz Barzola, M., Alvarado-Cadena, O., Domínguez, G.A., and Alava J.J. (2018). Mercury assessment, macrobenthos diversity and environmental quality conditions in the Salado Estuary (Gulf of Guayaquil, Ecuador) impacted by anthropogenic influences. *Marine Pollution Bulletin* 136: 365–373.
- Castro, Í.B., Arroyo, M.F., Costa, P.G. and Fillmann, G. (2012). Butyltin compounds and imposex levels in Ecuador. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62(1): 68-77.
- Eschner, K. (2016). The Story of the Real Canary in the Coal Mine. December 30, 2016 *Smithsonian.com*. Recuperado de: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/story-real-canary-coal-mine-180961570/>.
- Fernández-Cadena, J.C., Andrade, S., Silva-Coello, C.L. and De la Iglesia, R. (2014). Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America. *Marine Pollution Bulletin* 82(1-2): 221-226.
- Fruet, P.F., Dalla Rosa, L., Genoves, R.C., Valiati, V.H., De Freitas, T.R.O. and Möller, L.M. (2016). Biopsy darting of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil: evaluating effectiveness, short-term responses and wound healing. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 11(1-2): 121-132. <http://dx.doi.org/10.5597/lajam0022>.
- INOCAR. (2008). Estudio de Impacto Ambiental para los trabajos de dragado permanente del canal de acceso al Puerto Marítimo de la ciudad de Guayaquil. Instituto Oceanográfico de la Armada. Guayaquil, Ecuador.
- Jefferson, T.A., Hung, S.K. (2008). Effects of biopsy sampling on Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in a polluted coastal environment. *Aquatic Mammals* 34: 310-316.
- Jiménez, P.J. and Alava, J.J. (2015). Strand-feeding by coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 10(1): 33-37.
- Jiménez, P.J., Alava, J.J. (2014). Population Ecology and Anthropogenic Stressors of the Coastal Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) in the El Morro Mangrove and Wildlife Refuge, Guayaquil Gulf, Ecuador: Toward Conservation and Management Actions. pp. 129-163. In: Samuels, J.B. (Ed.). *Dolphins: Ecology, Behavior and Conservation Strategies*. Series: Marine Biology. Nova Science Publishers.

- Jiménez, P., Alava, J.J., Castro, C., Denkinger, J., Haase, B., Utreras, V. and Tirira, D.G. (2011). Delfín nariz de botella, *Tursiops truncatus*. Pp. 239-240. In: Tirira, D.G. (Ed.) *Libro rojo de los mamíferos de Ecuador*. 2da edición. IUCN. Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Fundación Mamíferos y Conservación, Ministerio del Ambiente (MAE), Quito, Ecuador. 2nd edition.
- Kiszka, J., Simon-Bouhet, B., Charlier, F., Pusineri, C. and Ridoux, V. (2010). Individual and group behavioural reactions of small delphinids to remote biopsy sampling. *Animal Welfare* 19(4): 411-417.
- Krützen, M., Barré, L.M., Möller, L.M., Heithaus, M.R., Simms, C. and Sherwin, W.B. (2002). A biopsy system for small cetaceans: darting success and wound healing in *Tursiops* spp. *Marine Mammal Science* 18(4):863-878.
- Marley, S.A., Kent, C.S. and Erbe, C. (2017). Occupancy of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in relation to vessel traffic, dredging, and environmental variables within a highly urbanised estuary. *Hydrobiologia* 792(1): 243-263.
- Montaño, M., Resabala, C. 2005. Pesticidas en sedimentos, aguas, y organismos de la Cuenca del Río Taura. *Revista de Ciencias Naturales y Ambientales* 1: 93–98.
- National Research Council (2005). *Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects*. National Academies Press. Washington, DC.
- New, L. F., Harwood, J., Thomas, L., Donovan, C., Clark, J. S., Hastie, G., Thompson, P. M., Cheney, B., Scott-Hayward, L. and Lusseau, D. (2013). Modelling the biological significance of behavioural change in coastal bottlenose dolphins in response to disturbance. *Functional Ecology* 27: 314–322.
- Parsons, K.M., Durban, J.W. and Claridge, D.E. (2003). Comparing two alternative methods for sampling small cetaceans for molecular analysis. *Marine Mammal Science* 19(1): 224-231.
- Pirotta, E., Laesser, B.E., Hardaker, A., Riddoch, N., Marcoux, M. and Lusseau, D. (2013). Dredging displaces bottlenose dolphins from an urbanised foraging patch. *Marine Pollution Bulletin* 74: 396-402.
- Proaño M.C. (2016). Análisis espacial de concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos de la Reserva Ecológica Manglares de Churute. Trabajo de Titulación Especial para el grado de Master en Ciencias. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Ramón-Jibaja, C.A. (2018). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Construcción, Operación, Mantenimiento, Cierre y Abandono del Dragado de Profundización y Mantenimiento del Canal de Acceso a las Terminales Portuarias Marítimas y Fluviales, Públicas y Privadas De Guayaquil. Registro N°: MAE-SUIA- 0516-CI. M.I. Municipalidad de Guayaquil, Guayaquil. 545p.
<https://guayaquil.gob.ec/Documents/ambiente/Estudio%20de%20Impacto%20Ambiental.pdf>
- Rodríguez A. (2006). Contaminación por residuo de hidrocarburo del petróleo en el puerto marítimo de Guayaquil y su área de influencia debido a actividades navieras, periodo 1984 al 2004. *Acta Oceanográfica del Pacífico*: 103 (1).
- Spencer, T.D. (1962). Effects of carbon monoxide on man and canaries. *Annals of Occupational Hygiene* 5: 231-234.
- Tabor, G.M. and Aguirre, A.A. (2004). Ecosystem health and sentinel species: adding an ecological element to the proverbial “canary in the mineshaft”. *Eco Health* 1(3): 226-228.

- Tezanos-Pinto, G. and Baker, C.S. (2012). Short-term reactions and long-term responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to remote biopsy sampling, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 46:1, 13-29, DOI:10.1080/00288330.2011.583256.
- Todd, V.L., Todd, I.B., Gardiner, J.C., Morrin, E.C., MacPherson, N.A., DiMarzio, N.A. and Thomsen, F. (2015). A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. ICES Journal of Marine Science 72(2): 328-340.
- Wells, R.S., Rhinehart, H.L., Hansen, L.J., Sweeny, J.C., Townsend, F.I., Stone, R., Casper, D.R., Scott, M.D., Hohn, A.A. and Rowles, T.K. (2004). Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: developing a health monitoring system. Eco-Health 1:246–54.
- Whitehead, H., Gordon, J., Mathews, E. and Richard, K. (1990). Obtaining skin samples from living sperm whales. Marine Mammal Science 6(4): 316-326. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1990.tb00361.x>.

FE DE ERRATAS

En la Edición anterior Vol. 22 N°1, 2018 en el siguiente artículo:

Sophia Nativí Merchán¹ Mónica López Moncada¹ Carlos Martillo Bustamante¹ 2018. Clasificación de la línea costera de la isla Santa Cruz, Galápagos a partir imágenes satelitales.

Los autores manifiestan de manera explícita el agradecimiento al proyecto: “Socio-ecología, evaluación y manejo de pesquerías: pasos hacia la sostenibilidad” (Permiso de investigación DPNG No.PC-37-19), por haber motivado la realización del presente estudio de clasificación geomorfológica de la línea costera de la Isla Santa Cruz.

¹ Grupo de investigación en Geociencias Marinas y Costeras (GEMAC). Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Campus “Gustavo Galindo”. Km 30.5 vía perimetral. Casilla: 09-01-5863