

**Variaciones del ecosistema marino en base a indicadores biológicos: Foraminíferos planctónicos y su interrelación con copépodos y clorofila, presentes en la costa ecuatoriana, período 2016 – 2019**

Marine ecosystem variations based on biological indicators: planktonic foraminifera and their interrelation with copepods and chlorophyll, presents on the Ecuadorian coast, period 2016 – 2019

**María Luzuriaga-Villarreal**

Doctora en Ciencias Biológicas  
Instituto Público de Investigación en Acuicultura y Pesca, Guayaquil- Ecuador  
Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador  
mluzuriagav@gmail.com  
Orcid: 0000-0001-8624-2139

**María Elena Tapia**

Máster en Ciencias en Manejo de recursos bioacuáticos y ambiente  
Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, Guayaquil- Ecuador  
maria.tapia@inocar.mil.ec  
Orcid: 0000-0002-1988-5940

**Robert Bucheli**

Máster en Ciencias  
Instituto Público de Investigación en Acuicultura y Pesca, Guayaquil- Ecuador  
rbucheli@institutopesca.gob.ec  
Orcid: 0000-0001-7896-3438

**Manuel Cruz**

Doctor en Ciencias Biológicas  
Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, Guayaquil- Ecuador  
Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador  
mcruzp47@gmail.com  
Orcid: 0000-0002-2463-4521

**Resumen**

El propósito del trabajo es determinar la variación de las condiciones del ecosistema marino ecuatoriano en base a cambios poblacionales de los foraminíferos planctónicos, su biodiversidad e interrelaciones con copépodos, fitoplancton y cantidad de clorofila *a* presente en el medio marino. La propiedad que tienen las especies planctónicas de preferir determinadas condiciones físico- químicas del agua de mar, las convierte en útiles herramientas de evaluación del ecosistema marino. El plancton fue colectado mensualmente en aguas superficiales y subsuperficiales en las estaciones fijas de “La Libertad”, Salinas y Manta, localizadas a 10 millas costa afuera, durante el período 2016 - 2019. Se identificaron 17 especies de foraminíferos planctónicos, siendo los más abundantes: *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *Globoquadrina dutertrei*, *Globorotalia menardii*, *Orbulina universa* y *Hastigerina pelagica*.

Artículo

Acta Oceanográfica del Pacífico

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Acta Oceanográfica del Pacífico  
DOI: <https://doi.org/10.54140/raop.v3i2.66>  
Recibido 09 de noviembre, 2022  
Aceptado 11 de diciembre, 2022  
Vol 5. No. 1. 2023  
ISSN: 1390-129X  
ISSN: 2806-5522  
Pg. 56-83

---

Entre los copépodos se señala a *Eucalanus pileatus*, *Canthocalanus pauper*, *Oncaena venusta*, *Acrocalanus longicornis* y *Calanus chilensis* como especies de mayor importancia ecológica; y entre las diatomeas céntricas: *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. eibenii*, *Thalassiosira subtilis*, *Rhizosolenia acuminata*, y *R. imbricata*. Los foraminíferos planctónicos prefirieron aguas subsuperficiales y época seca. Su diversidad máxima se dio en octubre 2018 en Manta (2.74 bits), más, el índice de riqueza presentó alzas en la época húmeda y en aguas superficiales. La abundancia de los copépodos se dio en cambio, en la época húmeda y en la columna de agua. Durante el primer semestre (marzo y abril) se aprecia cambios drásticos en las condiciones físico-químicas del océano y en la diversidad y composición de los foraminíferos planctónicos con predominio de *Hastigerina pelagica* y un posterior incremento de *Globigerina bulloides*, relacionado a una mayor productividad del mar en junio de 2019, en aguas superficiales y en La Libertad. Se establecieron interrelaciones entre las especies planctónicas con la clorofila *a*, temperatura, salinidad y nutrientes. Se destaca fuerte asociación de *Hastigerina pelagica* y niveles altos de O<sub>2</sub>, así mismo *H. pelagica* con *Calanus chilensis*, en relación inversa a las diatomeas pennadas y dinoflagelados, en condiciones mínimas de clorofila. Se advierten diferencias en la estructura biológica de las especies durante los diferentes eventos “El Niño”, “La Niña” y episodios normales del mar que ocurrieron en la región 1+2 (NOAA), durante la presente investigación.

**Palabras clave:** Riqueza específica, diversidad, fitoplancton, biomasa, Evento La Niña, El Niño.

### Abstract

The purpose of the work is to determine the variation of the conditions of the Ecuadorian marine ecosystem based on population changes of planktonic foraminifera, their biodiversity and interrelationships with copepods, phytoplankton and the amount of chlorophyll *a* present in the marine environment. The property that planktonic species have of preferring certain physical-chemical conditions of seawater makes them useful tools for evaluating the marine ecosystem. Plankton was collected monthly in surface and subsurface waters at the fixed stations of "La Libertad", Salinas and Manta, located 10 miles offshore, during the period 2016 - 2019. 17 species of planktonic foraminifera were identified, being the most abundant : *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *Globoquadrina dutertrei*, *Globorotalia menardii*, *Orbulina universa* and *Hastigerina pelagica*. Among the copepods, *Eucalanus pileatus*, *Canthocalanus pauper*, *Oncaena venusta*, *Acrocalanus longicornis* and *Calanus chilensis* are listed as species of greatest ecological importance; and among the centric diatoms: *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. eibenii*,

*Thalassiosira subtilis*, *Rhizosolenia acuminata*, and *R. imbricata*. Planktonic foraminifera preferred subsurface waters and the dry season. Its maximum diversity occurred in October 2018 in Manta (2.74 bits), plus, the richness index presented increases in the wet season and in surface waters. The abundance of copepods occurred instead, in the wet season and in the water column. During the first semester (March and April) drastic changes are observed in the physicochemical conditions of the ocean and in the diversity and composition of planktonic foraminifera with a predominance of *Hastigerina pelagica* and a subsequent increase in *Globigerina bulloides*, related to a higher productivity of the ocean. sea in June 2019 in surface waters in La Libertad. Interrelationships between planktonic species with chlorophyll *a*, temperature, salinity and nutrients were established. A strong association of *Hastigerina pelagica* and high O<sub>2</sub> levels stands out, as well as *H. pelagic* with *Calanus chilensis*, inversely related to pennate diatoms and dinoflagellates, under minimal chlorophyll conditions. Differences in the biological structure of the species are observed during the different El Niño, La Niña and normal episodes of the sea that occurred in region 1+2 (NOAA), during the present research.

**Key words:** Specific richness, diversity, phytoplankton, biomass, La Niña event, El Niño.

## Introducción

Los foraminíferos planctónicos son protozoarios integrantes del zooplancton marino que viven bajo determinadas condiciones fisicoquímicas del mar, siendo por tanto, sensibles a los cambios ambientales del ecosistema. Esta sensibilidad se manifiesta en variaciones de la distribución y composición de especies, así como en su estructura y características morfológicas (Boltovskoy 1963, Molina 2004, Luzuriaga-Villarreal 2014). La importancia de estos indicadores biológicos radica no solo en conocer el origen y desplazamiento de las corrientes, sino también en su relación con áreas de riqueza biológica, presencia de aguas pobres y nutritivas del mar ecuatoriano, por tanto su interés relaciona también a la investigación pesquera y al conocimiento del hábitat de los primeros estadios de

desarrollo de peces y recursos marinos en general.

Las primeras investigaciones sobre foraminíferos realizadas en el océano Pacífico fueron parte del material biológico recogido durante la expedición Challenger entre 1873-1876, alta diversidad de especies se halló entre los 40° N y 40° S en la expedición Elatanin, entre 1960 - 1965, donde las temperaturas eran superiores a 18°C (Boltovskoy, 1984 en Bé 1969), investigó la distribución geográfica de foraminíferos planctónicos de la zona ecuatorial y en el Pacífico Tropical Oriental y sur ecuatorial utilizando muestras de plancton y sedimento. Bradshaw (1959), Parker (1960, 1962 y 1971); Boltovskoy (1963, 1966, 1974 a- b), Boltovskoy & Wantanabe (1975).

Entre los trabajos realizados en el mar ecuatoriano con indicadores biológicos del zooplancton están los foraminíferos

planctónicos en aguas superficiales y sedimentos de la costa ecuatoriana en agosto 1971, (Miró & Luzuriaga 1974), durante eventos El Niño 1972, 1997, 1998, La Niña y épocas normales del Pacífico Sur Oriental (Luzuriaga 1976, 1980, 1992, 2015; Rincón *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2008), destacando la variación en la composición y abundancia de especies *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber*, *Globoquadrina dutertrei* G. *sacculifer*, *G. menardii*, *H. pelagica*. Cruz *et al.*, (2010) realizó un seguimiento de 17 años a la población de pterópodos y heterópodos en La Libertad, estableciendo rangos de tolerancia a factores físico-químicos de especies indicadoras de eventos El Niño en la costa ecuatoriana.

Es importante mencionar la distribución de los foraminíferos planctónicos en sedimentos identificados en muestras colectadas en la costa colombiana (Rincón, 2015), en el cual el autor incluye información de foraminíferos planctónicos de Ecuador subidos en OBIS (Luzuriaga 1980, Universidad de Guayaquil): y enfatiza la distribución de especies tropicales y el papel de *Globorotalia cultrata* como indicador biológico en aguas cálidas del área de estudio de la cuenca de Panamá.

Dentro del zooplancton en el Pacífico ecuatoriano se ha investigado los copépodos, grupo zooplanctónico que por su abundancia es fuente de alimento para los recursos pesqueros; Bucheli (2018) en sus estudios de copépodos ha seleccionado a *Calanus chilensis* como especie indicadora de la presencia de la Corriente de Humboldt en el mar ecuatoriano.

La riqueza fitoplanctónica y clorofila a observada durante cruceros oceanográficos del mar ecuatoriano (Tapia 2017, 2018) indican áreas de afloramiento y riqueza biológica asociadas a la

presencia de zoopláncteres herbívoros que trasladan la materia orgánica a los niveles tróficos superiores.

La interrelación zooplancton- fitoplancton explica plenamente las relaciones simbióticas que algunas especies de foraminíferos planctónicos poseen. Jiménez & Bonilla (1980) encontraron en varios cruceros de investigación en el mar ecuatoriano, los más altos valores de clorofila, huevos y larvas en el Golfo de Guayaquil, mientras células de fitoplancton y feofitinas predominaron al sur del frente ecuatorial donde se encontraron los más altos volúmenes de macro-zooplancton, especialmente copépodos fitófagos y eufáusidos.

El propósito del trabajo es correlacionar variables biológicas y oceanográficas sucedidos en las estaciones fijas de la Libertad y Manta durante el período 2016 – 2019, con el fin de reconocer y validar variables y especies indicadoras de la variabilidad y estado actual del ecosistema marino ecuatoriano.

El presente periodo de estudio incluye periodos El Niño, la Niña, al respecto cabe definir el fenómeno El Niño como el calentamiento a gran escala de las aguas superficiales del Pacífico Tropical, cuyo valor en temperatura superan por lo menos 0.5°C a los valores normales, permaneciendo estas anomalías por lo menos durante cinco meses consecutivos. Un debilitamiento de los vientos alisios del SE en el Pacífico Oriental y potenciamiento de los vientos del oeste en el Pacífico Occidental producen las ondas Kelvin y transferencias de flujo y energía desde el Pacífico Occidental al Oriental (Zambrano, 2007).

## Materiales y Métodos

El área de estudio corresponde a las estaciones fijas de La Libertad, Manta y Salinas ubicadas a 8 y 10 millas de la costa. La Libertad y Manta son estaciones mantenidas por el Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) y Salinas por el Instituto Publico de Investigación en Acuicultura y Pesca (IPIAP). Los muestreos de La Libertad y Manta correspondieron a la primera quincena de cada mes y los de Salinas lo

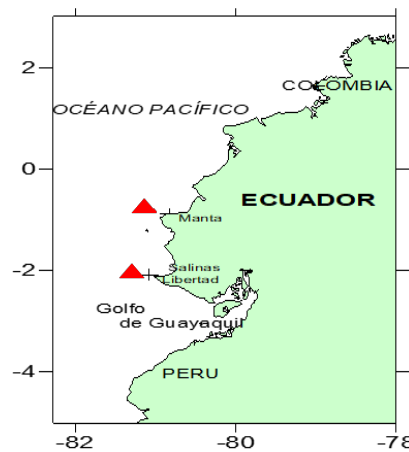
Estación La Libertad: Latitud  $2^{\circ} 4' 59.82''$  S  
Longitud:  $81^{\circ} 5' 21.12''$  W.

Estación Manta: Latitud  $0^{\circ} 52' 58.8''$  S  
Longitud:  $80^{\circ} 49' 58.8''$  W.

Estación Salinas: Latitud  $2^{\circ} 12' 3.36''$  S  
Longitud:  $81^{\circ} 06' 18.6''$  W.

fueron en la segunda quincena. Esta diferencia en la época de muestreo fue con el fin de detallar la micro variación temporal del zooplancton, siendo los muestreos en esta última estación más espaciados. Son sitios estratégicos de investigación marina cuya posición permite resultados que constituyen una pauta para el conocimiento del estado actual del ecosistema marino ecuatoriano (Figura 1). Sus ubicaciones son las siguientes:

Por su cercanía geográfica, los datos de Salinas y Libertad se los agrupa bajo un solo nombre: Estación fija de La Libertad. Es importante enfatizar que en la zona Tropical tenemos dos épocas o estaciones climáticas: estación húmeda o lluviosa (de enero a mayo) y estación seca: (de junio a diciembre).



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones fijas de La Libertad, Manta y Salinas.

La costa ecuatoriana está sometida a la influencia de dos principales masas de agua, las aguas frías de la corriente de Humboldt y aguas cálidas provenientes de la bahía de Panamá. La convergencia de estas dos masas de agua forma la zona de convergencia o frente ecuatorial cuya posición varía según la época del año. Así, según Stevenson (1970), en los primeros meses del año, la posición del frente se encuentra a la altura del golfo de Guayaquil, a mediados de año avanza a

la altura de las costas de Manabí, y en los últimos meses más al norte, para voltear seguidamente al sur en diciembre. Jiménez & Bonilla (1980) encontraron un frente ecuatorial de posición noroeste – sureste, caracterizado por un gradiente de temperatura entre  $18^{\circ}$  -  $24^{\circ}$  y salinidades entre 35 y 33 ups, según Enfield (1976).

Allauca (1990) describe la presencia de la corriente costanera ecuatoriana (CCE) un ramal oriental de la corriente de Humboldt que bordea la costa, alejándose al NO a

medida que avanza; debido a la fuerza de los vientos alisios del SE. Su límite de avance está dado por la posición de la Zona de convergencia intertropical (ZCIT) y el desplazamiento desde el norte de un flujo de agua proveniente de la bahía de Panamá (Wirtki, 1965) que llega a la costa ecuatoriana favorecida por la acción de los vientos alisios del NE.

Variaciones en la fuerza y sentido de los vientos y corrientes, en su interacción con la atmósfera alteran las condiciones del ecosistema, derivando sucesos oceanográficos propios de El Niño, La Niña en el Pacífico Oriental.

#### **Método de Campo:**

Los muestreos se realizaron mensualmente en las estaciones de La Libertad, Manta y Salinas, desde enero 2016 a diciembre 2019, a bordo de lanchas a motor. Se utilizaron redes cilindro cónica simple de 0.30 cm de diámetro de boca; y de 50 $\mu$  y 300 $\mu$  de tamaño de poro de la red para colectar fitoplancton y zooplancton respectivamente, mediante arrastres verticales de 0 a 50m de profundidad y superficiales de 10 minutos de duración a 2 nudos de velocidad de la embarcación. Posteriormente las muestras fueron fijadas con formol al 4% previamente neutralizado con bórax, hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Se tomaron parámetros de temperatura, salinidad y muestras de agua para análisis químicos y biológicos como clorofila *a*.

**Clorofila *a*:** Se colectaron muestras de agua marina en botellas de 1000 ml de capacidad empleando una botella Van Dorn a profundidades estándar (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 metros), para realizar análisis de clorofila *a*. Las muestras colectadas, se filtraron al vacío empleando filtros de fibra de vidrio, las cuales fueron

congelados hasta su posterior análisis mediante Fluorometría.

#### **Método de Laboratorio:**

**Clorofila *a*:** Los filtros fueron depositados en viales en una solución de acetona al 90%, y refrigeradas en un período de 24 horas, luego centrifugadas a 1000 RPM/min durante 2 minutos cada una de las muestras. Posteriormente empleando un fluorómetro digital se leyeron las densidades ópticas de clorofila *a*; las lecturas se realizaron directamente en el tubo de fluorescencia, empleando el método SCOR UNESCO Working Group 17 (1966), los datos son expresados en mg/m<sup>3</sup>.

#### **Fitoplancton en muestras de red de 50 $\mu$ :**

Se procedió a homogenizar la muestra a un volumen de 450 ml, se agitó levemente con movimientos circulares, procediéndose a extraer alícuotas de muestra, depositándolo en un portaobjetos y protegiendo la muestra con un cubreobjetos. Posteriormente se procedió a la identificación taxonómica utilizando un microscopio binocular, mediante el método de Semina, los datos son expresados en Cél/m<sup>3</sup>. Para el análisis de las especies del fitoplancton se siguió la bibliografía de Cupp (1943), Taylor (1976), Jiménez (1983), Pesantes (1983), Balech (1988), Moreno et al.,(1996) y Thomas (1997).

**Zooplancton:** En el laboratorio se procedió a la separación e identificación de los organismos zooplanctónicos, copépodos y foraminíferos planctónicos en una décima, repitiendo el proceso por cada especie cuyo número de ejemplares fuese escaso, hasta terminar el total de muestra. Se utilizó bibliografía especializada: Bé (1959, 1967), Miró (19 Parker (1962), Escribano (1998), Heinrich (1971).

En el análisis estadístico de los datos se aplicó el Índice de diversidad de Shannon,

índice de riqueza de Margaleff, Índice de correlación de Pearson, de Spearman, Test de Mann Withney, test de Kruskal Wallis, Índice de Bray Curtis. Se hicieron análisis de correlación canónica (CCA). La evolución de eventos oceanográficos (1 2) (CPC NOAA), ocurridos en el área de estudio en el periodo 2016 – 2019, interpretada en la tabla ONI, fue utilizada mediante códigos numéricos para evaluar el comportamiento biológico ambiental en la presente investigación.

## Resultados y Discusión

### Condiciones ambientales

Durante el período desde enero de 2016 a diciembre 2019, las condiciones ambientales en las estaciones fijas de La Libertad y Manta (CPC NOAA), se han desarrollado dentro de episodios normales del mar, eventos El Niño y la Niña, según lo muestra la Tabla 1 (a-b).

**TABLA 1: Eventos oceanográficos en la región**

a. Eventos oceanográficos en la región 1+2, 2016-19

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2016												
2017												
2018												
2019												

b. Eventos oceanográficos en la región 3+4, 2016-2019

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2016												
2017												
2018												
2019												

Nota: 

EL NIÑO	ÉPOCA NORMAL	LA NIÑA
---------	--------------	---------

Fuente: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>

En general, en la columna de agua de 0-100 m, los rangos promedios de temperatura (29°C - 14°C) y oxígeno (5.6 -1.4 ml/l) se distribuyeron en forma descendente (Figura 2 a), mayores valores en capas superficiales; la salinidad (31 a 35 ups) y nutrientes (nitratos 0.1 - 28 µmol/L, fosfatos 0.1 - 2.47 µmol/L, silicatos 0.1 - 36 µmol/L), en cambio, presentaron una distribución ascendente, menores rangos en superficie que se incrementan con la profundidad (Figuras 3a- 4a- 5a- 6a- 7 a). Los rangos promedios de clorofila (0.1 – 10 mg/m<sup>3</sup>)

mostraron incrementos en los estratos de 0 a 30 y 40 m, disminuyendo de 50 a 100 m.

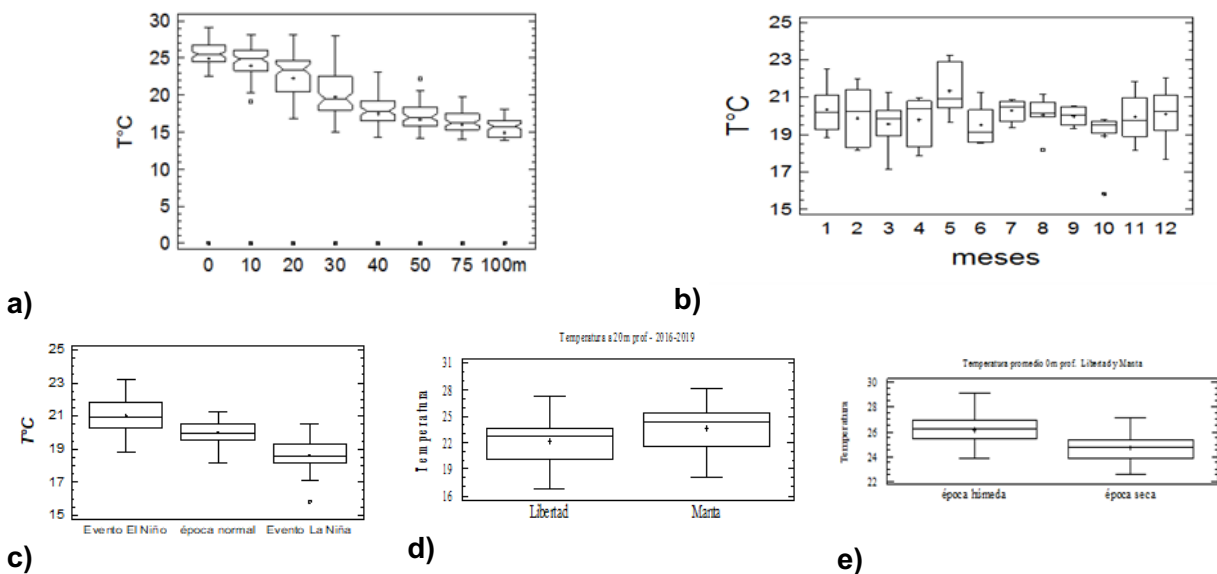
La comparación de datos físico- químicos (Test de Mann Withney & Kruskal Wallis) en diferente profundidad, por época, entre sitios, y durante los eventos oceanográficos (El Niño, La Niña y época normal sucedidos en el período de estudio), arrojan resultados que indican diferencias estadísticamente significativas, p<0.05 (Figuras 2 - 7).

### Temperatura

Los rangos de temperatura promedio 0-100m variaron desde 25-26°C a 30°C. Se encontraron diferencias significativas de temperatura promedio por estratos, por meses y por evento oceanográfico (Tabla 1, Figuras 2a-b-c). Mayores valores durante El Niño (Figura 2c). En general se advierte el paulatino descenso de temperaturas, acentuado a partir de los 30 a 100 m (Figura 2a-b). En los estratos más superficiales, capas de 0 m, 10 y 20 m, mayor es la mezcla de aguas por fuerza

de vientos y deriva de las corrientes (Allauca, 1990).

El análisis detallado por estratos demostró valores mayores de temperatura en aguas superficiales (La Libertad a 10 m y en Manta a 20 m) a 50 y 75 m, generalmente en época húmeda (Figura 2d, e). La posición de la termoclina varió de 10 – 30 m, siendo más superficial (10-20 m) en el primer semestre, especialmente en marzo y abril (10m), y profundizándose a partir de los 30 m, de julio a diciembre.



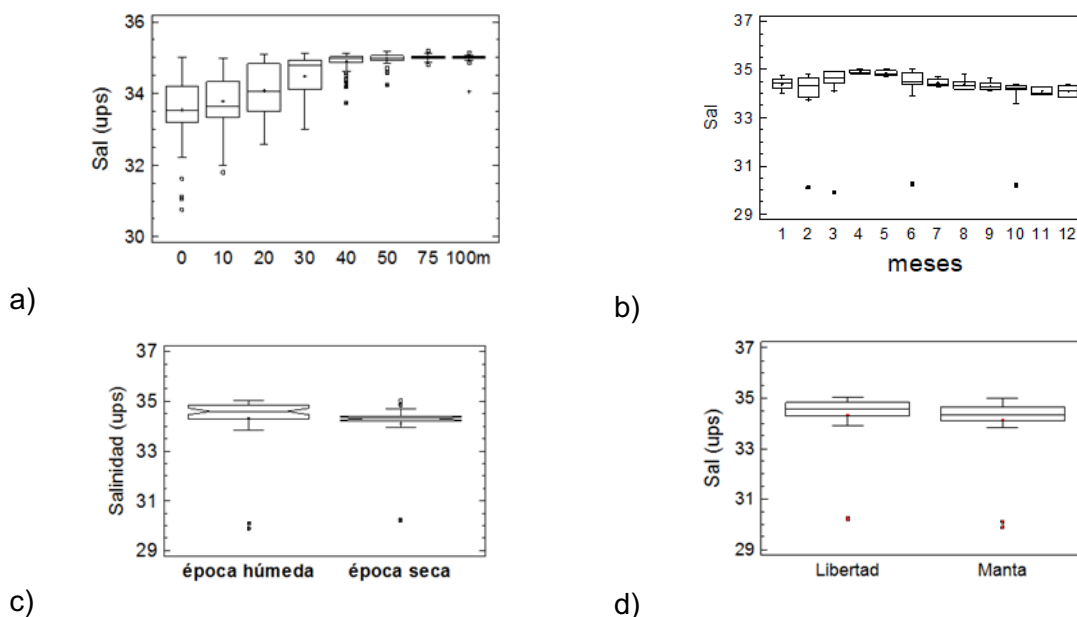
**Figura 2.** Variación de la temperatura promedio en La Libertad y Manta a) Estratos de 0 a 100m b) Promedio mensual c) Entre eventos oceanográficos d) Entre sitios a 20 m. y e) Por época. ( $p < 0.05$ )

### Salinidad

Los rangos de salinidad promedio de 0 a 100 m varió de 29.89 a 34.76 ups; mayor salinidad de 40 a 100 m (Figura 3 a). La variación mensual de la salinidad refleja mayores promedios,  $>34.99$ , de marzo a junio (Figura 3b).

La salinidad presentó valores más altos en la época húmeda y en La Libertad ( $p < 0.05$ ) (Figura 3c-d), especialmente en los estratos de 0 a 30 m. La profundidad de la haloclina es más superficial en los primeros meses del año de 0 -30 m en enero- febrero; de 10-20 m en marzo y abril, y a partir de mayo a diciembre se profundiza de 20 a 40 m llegando a 30-50 m en septiembre.



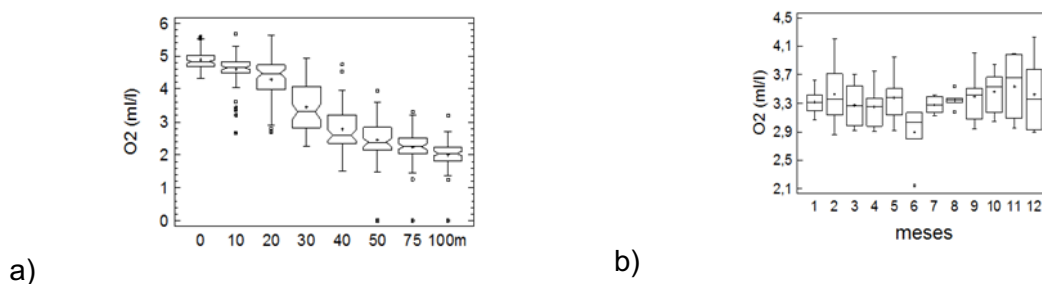


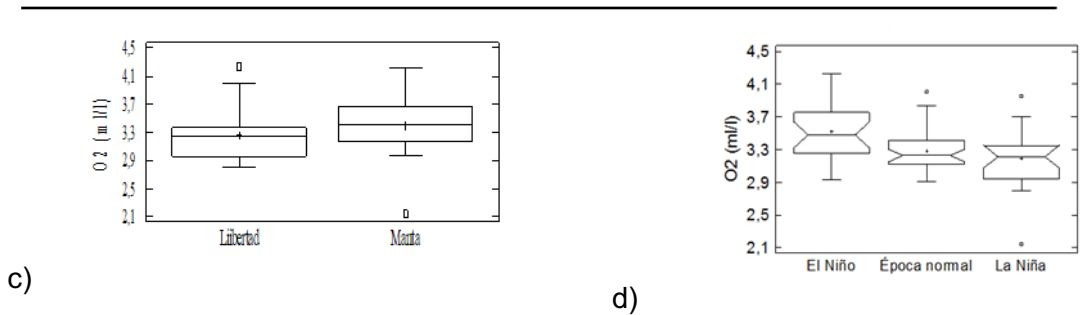
**Figura 3.** Variación de la salinidad promedio en la columna de agua en La Libertad y Manta: a) por estratos, b) por mes, c) por época, d) por sitio, durante periodo 2016 – 2019 ( $p < 0.05$ ).

### Oxígeno

Los valores promedio de oxígeno en la columna de agua en La Libertad y Manta variaron de 4.5 a 6.0 ml/l. Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre sitios ( $p < 0.05$ ), mayores en Manta (Figuras 4 a- c). La oxiclina se situó por lo general, entre 20 y 40 m, en marzo, abril y mayo, ésta fue más superficial, de 0 a 20 m en abril, de 10 a 30 m en mayo. En marzo en cambio los valores promedio de oxígeno

descendieron en forma paulatina en toda la columna de agua casi sin distinguir la oxiclina. La variación mensual de oxígeno (Figura 4b) muestra menores rangos promedios en junio y mayores en febrero, noviembre y diciembre. Al comparar cantidad de oxígeno presente durante los eventos oceanográficos ocurridos en el área de estudio, se encontraron diferencias significativas entre medianas, mayores durante El Niño respecto a períodos normales y La Niña (Figura 4d).



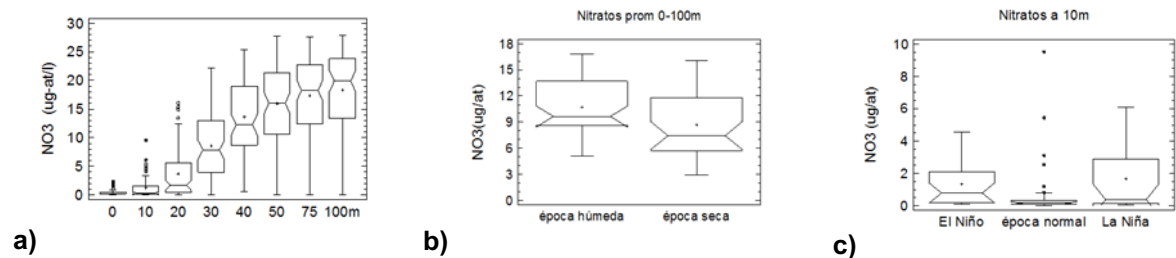


**Figura 4.** Variación de promedios de oxígeno (ml/l) en La Libertad y Manta 0-100m, por: a) estratos de profundidad, b) por mes, c) por sitios y d) por evento oceanográfico, durante el período 2016 – 2019 ( $p < 0.05$ ).

### Nitratos

Los valores promedios de nitratos aumentaron con la profundidad en la columna de agua, de 10-18-30  $\mu\text{mol/L}$ , y principalmente en época húmeda (Figuras 5a-b). Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) por evento

oceanográfico (Tabla 1) en los estratos más superficiales del mar, 0 – 10 m, (Figura 5c). La nutriclina se localizó por lo general entre los 20-40 m de profundidad, llegando hasta los 50 m en septiembre y octubre. En marzo y abril la nutriclina se forma a partir de los 0 y 10 m, respectivamente (Anexos).

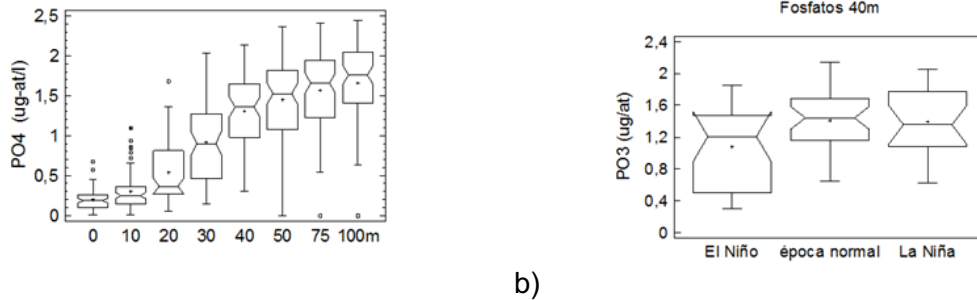


**Figura 5.** Variación de nitratos promedios 0-100m ( $\mu\text{mol/L}$ ) en Libertad y Manta, por: a) estratos de profundidad, b) por época y c) por evento oceanográfico, durante el periodo 2016 – 2019 ( $p < 0.05$ ).

### Fosfatos

En general, los valores promedios de fosfatos en la columna de agua aumentan con la profundidad de la columna de agua, variaron de 2.4-2.8  $\mu\text{mol/L}$  (Figura 6a). Las variaciones mensuales indican que los más rápidos cambios en la cantidad de fosfatos, (nutriclina) dentro de la columna de agua, se observaron de 10 a 30 m en los primeros meses del año, profundiza de 20 a 40 m a partir de junio a diciembre, en septiembre y

octubre llega hasta los 50 m. En abril los fosfatos iniciaron su rápido ascenso desde los 0 a 30 m. No existe diferencia significativa de fosfatos promedios en la columna de agua por evento oceanográfico, sin embargo, si se detalla la comparación por estrato y eventos, se obtuvo diferencias, 95% significativas, entre los 40 y 75 m (Figura 6b).

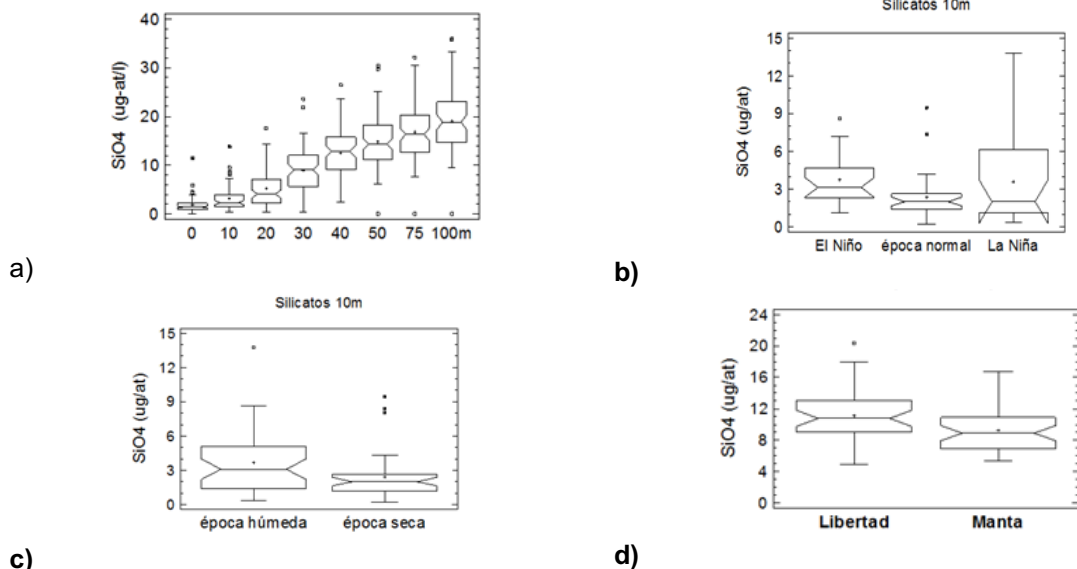


**Figura 6.** Variación de promedios de fosfatos ( $\mu\text{mol/L}$ ) en La Libertad y Manta, por: a) Estratos de profundidad b) por evento oceanográfico a 40m; durante el periodo 2016 – 2019 ( $p < 0.05$ ).

### Silicatos

Los valores promedios de silicatos van de 15-24 a 40  $\mu\text{mol/L}$  aumentan también con la profundidad, siendo más altos en La Libertad (Figura 7 a, d). No se observaron diferencias significativas entre medianas por evento oceanográfico en la columna de agua, excepto en los estratos superficiales 0 a 10 m (Figura 7b), donde los valores más altos a la mediana se dieron durante El Niño y La Niña, principalmente en los

primeros meses del año, durante la época húmeda (Figura 7 c). La nutriclina en silicatos se encuentra por lo general, de 20 a 40 m y de 30 a 50 m, correspondiendo este último nivel a partir de septiembre. En marzo el ascenso de silicatos es suave y paulatino desde la superficie hasta los 100 m, no se advierte posición clara de la nutriclina. Mientras en abril, la nutriclina se encuentra en estrato más superficial, de 10-30 m.



**Figura 7.** Variación de promedios de silicatos ( $\mu\text{mol/L}$ ) 0-100m, en Libertad y Manta, por: a) Estratos de profundidad. b) por evento oceanográfico (10m de profundidad), c) por época, y d) por sitios, durante periodo 2016 – 2019 ( $p < 0.05$ ).

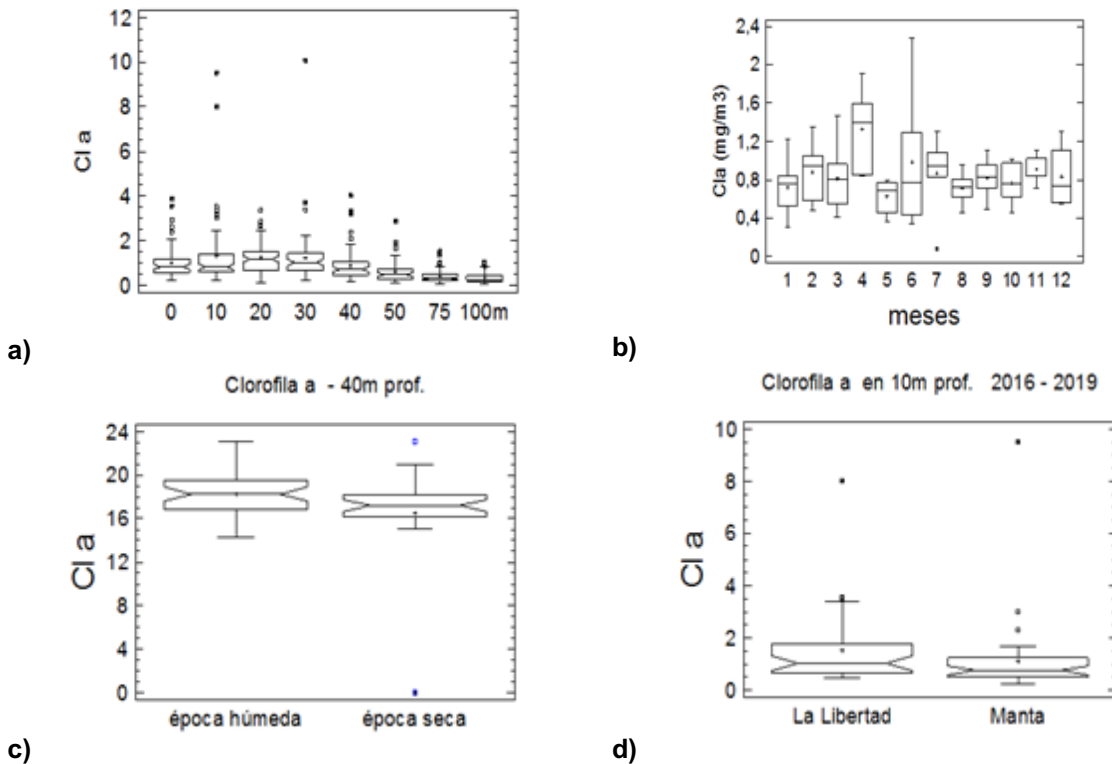
### Clorofila a

En general, los valores promedios de clorofila a, variaron de 0.03 a 10.1  $\text{mg/m}^3$ ,

en la columna de agua de 0-100 m, durante el período 2016-2019, en las estaciones de La Libertad y Manta. Los valores más altos de clorofila ( $\sim 10\text{mg/m}^3$ ) se observaron en

abril y junio, a 10 y 30 m, respectivamente (Figuras 8 a-b). La comparación de datos de clorofila *a* arrojó diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza, entre épocas del año, siendo mayores los valores de clorofila en la época húmeda (Figura 8c) ( $p < 0.05$ ); también

entre sitios (Figura 8d) a los 10 m en La Libertad y a 100 m en Manta. Detallando los promedios por estratos de profundidad, cada mes, se observa que los más altos promedios de clorofila *a*, se dieron de 10-30 m de enero a agosto y a 30 - 50 m, de septiembre a diciembre.



**Figura 8.** Variación de promedios de clorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) 0-100m en La Libertad y Manta: a) Por estratos. b) por mes, c) por época y d) por sitios, durante periodo 2016 – 2019 ( $p < 0.05$ ).

### Condiciones bióticas

**Fitoplancton:** El fitoplancton disponible en el área de estudio, entre enero y julio de 2017 y de enero a septiembre de 2018, comprenden diatomeas centrales, diatomeas pennadas, dinoflagelados, silicoflagelados, cianobacterias y tintínidos. Entre las diatomeas centrales, las especies de mayor importancia ecológica, por su frecuencia y abundancia fueron: *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Rhizosolenia*

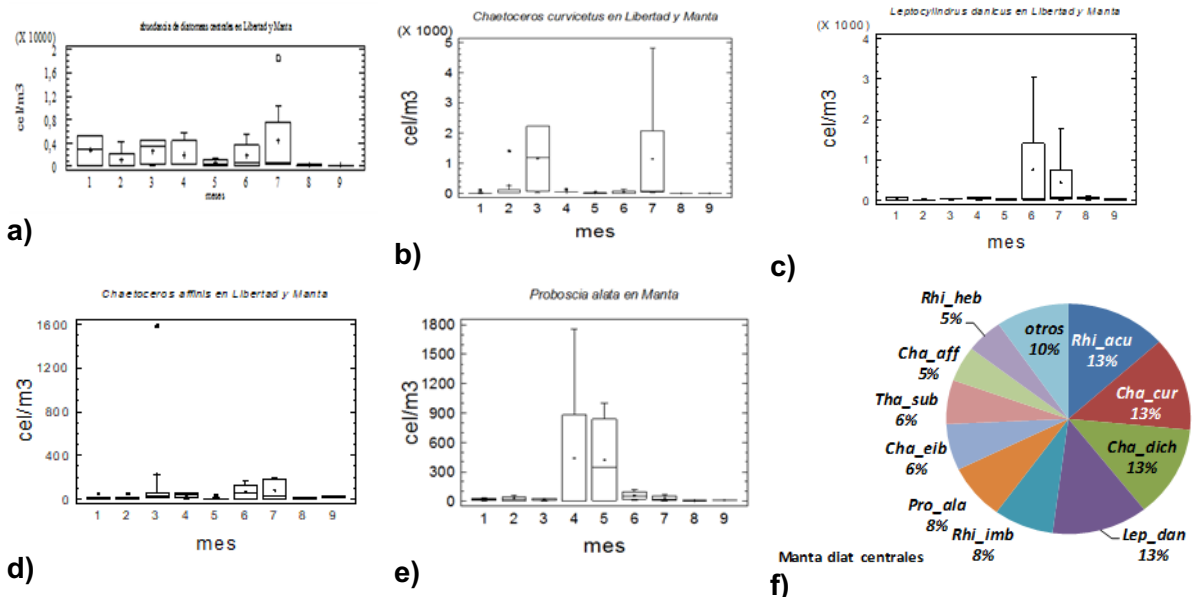
*acuminata*, y *R. imbricata*. *Ch. eibenii*, *Thalassiosira subtilis*, (Huisman *et al.*, 2004), menciona a la diatomea *Leptocylindrus danicus* como una especie más tolerante a condiciones de turbulencia, baja de oxígeno y poca intensidad lumínica.

Se muestra la abundancia cualitativa y cuantitativa de las diatomeas en La Libertad (Figura 9 a-c) y en Manta (Figura 9 d-e). Se hallaron diferencias significativas en la distribución mensual, con incrementos

frecuentes en julio de 2018, debido a la abundancia celular de las diatomeas *Thalassiosira subtilis* y *Chaetoceros curvisetus* a nivel superficial y vertical.

Según (Cupp, 1943), reporta a *Rhizosolenia acuminata* como una especie oceánica, pero frecuentemente se localiza cerca de la costa.

También hubieron diferencias por eventos oceanográficos en la abundancia de *Chaetoceros eibonii* y *Rhizosolenia imbricata*, las cuales presentaron puntos atípicos durante El evento El Niño y La Niña, respectivamente ( $p < 0.05$ ). No hubo diferencias significativas en la distribución de la abundancia por estratos, ni por época del año y profundidad.



**Figura 9.** a) Variación de abundancia promedio del fitoplancton por mes, b) *Chaetoceros curvisetus* c) *Leptocylindrus danicus*, d) *Ch. affinis* e) *Proboscia alata*, y f) abundancia relativa de las diatomeas en La Libertad y Manta.

Las diatomeas pennadas más representativas durante el período enero – septiembre de 2017-2018, fueron *Climacodium frauenfeldianum*, *Thalasionema frauenfeldii*, *Stratotheca thamensis*. Hubo diferencias en la distribución de estas especies durante eventos oceanográficos ( $p < 0.05$ ), siendo *T. frauenfeldii* más abundante en la columna de agua en época normal del año, mientras que *C. frauenfeldianum*, lo fue durante La Niña y *S. thamensis* durante El Niño.

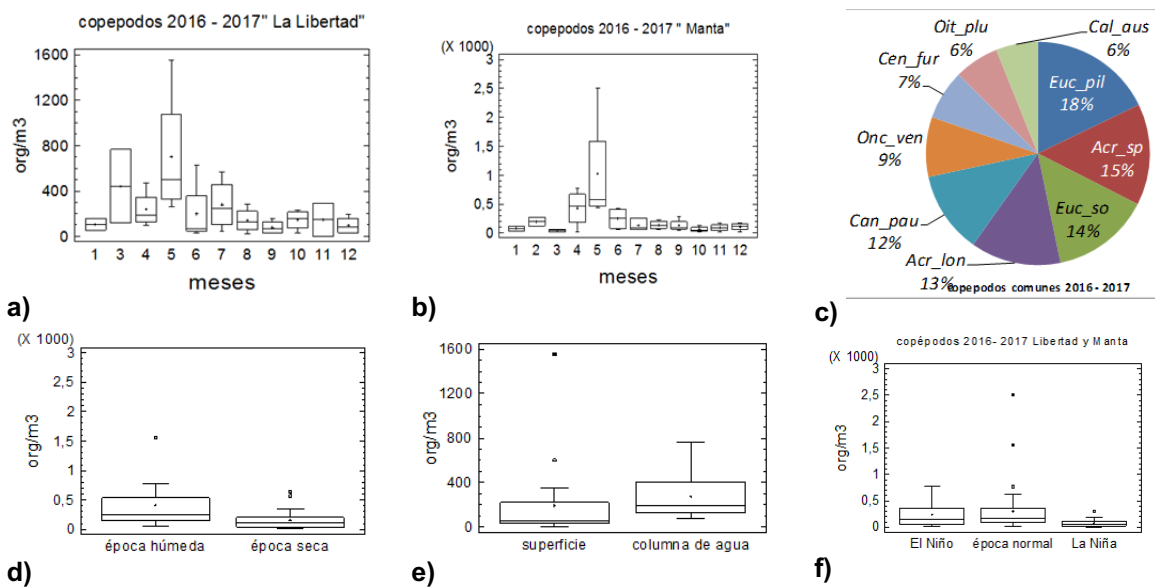
Los dinoflagelados presentaron un pronunciado incremento en abril y mayo. Las especies principales fueron *Gonyaulax polyedrica*, *Ceratium furca*, *Pyrocistis*

*steinii* y *Protoperidinium depressum*. Hubo diferencias significativas en la abundancia de *G. polyedrica* durante los eventos El Niño, época normal y eventos La Niña ocurridos en el período de estudio.

**Copépodos:** Durante el período 2016-2017 los copépodos de mayor frecuencia y abundancia fueron: *Eucalanus pileatus*, *Canthocalanus pauper*, *Oncaena venusta* y *Acrocalanus longicornis*. (Figura 10 c). La abundancia total de copépodos (Figura 10 a- b) fue mayor en la época húmeda (mayo y marzo). en la columna de agua (Figura 10 d, e). Su hábitat correspondió en su mayoría a periodos cálidos y normales del mar sucedidos durante 2016-2017 (Tabla 1, Figura 10 f). Bucheli (2018) destaca a

*Canthocalanus pauper*, *Acrocalanus longicornis* y *Calanus chilensis* como especies de mayor importancia ecológica. La abundancia mayor de estas especies ocurrió en marzo y presentaron diferencias de distribución mensual estadísticamente significativas.

*Acrocalanus longicornis* a diferencia de la mayoría de las otras especies de copépodos, tuvo preferencia por los estratos superficiales y durante épocas normales del mar  $p < 0.05$ .

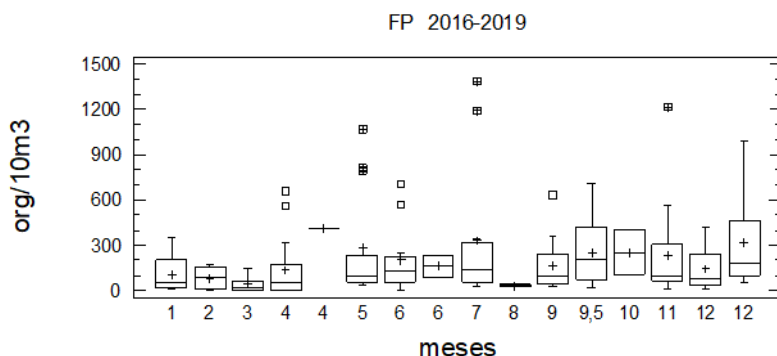


**Figura 10.** Abundancia promedio mensual de copépodos/m<sup>3</sup> durante los años 2016-2017: a) en Libertad, b) en Manta, c) abundancia relativa de especies, d) por época del año, e) por estratos, f) por evento oceanográfico.

**Foraminíferos planctónicos:** Durante el periodo 2016 a 2019, se identificó un total de 33655 org/10m<sup>3</sup>, de los cuales el 39 % pertenecieron a la estación de La Libertad, 39% a Manta y 22% a Salinas. El 84% de las especies de foraminíferos planctónicos se halló en la columna de agua y alrededor del 17% en la superficie.

abundancia de septiembre a diciembre, así como también puntos atípicos más alejados de la media de la población, de mayo a julio y en noviembre (Figura 11).

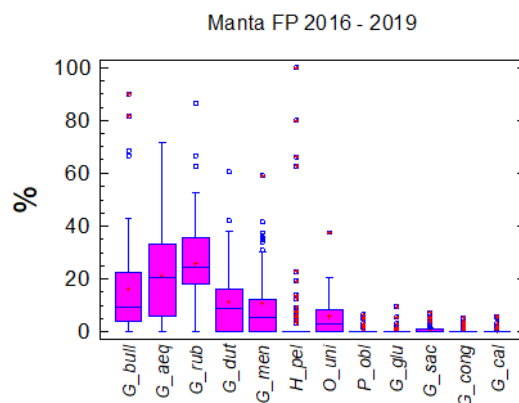
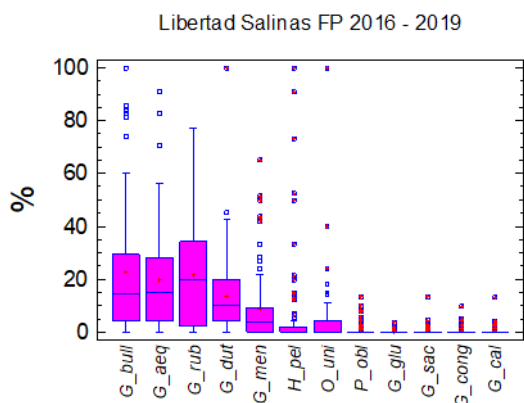
La distribución mensual de los foraminíferos planctónicos refleja mayor



**Figura 11.** Foraminíferos planctónicos /10m<sup>3</sup> en las estaciones de La Libertad, Salinas y Manta, periodo 2016 – 2019.

Se identificaron 17 especies, siendo las de mayor importancia ecológica, por su abundancia relativa y frecuencia: *Globigerinoides ruber*, *Globigerinella aequilateralis*, *Globigerina bulloides*, *Globorotalia menardii*, *Globoquadrina dutertrei*, *Hastigerina pelagica*, *Orbulina universa*, *Globigerinoides saculifer*, *Pulleniatina obliquiloculata* y *Globigerinoides conglobatus*. Estas tres últimas se encuentran entre las especies no frecuentes, pero de gran valor indicativo del ecosistema, igual otras especies de menor

frecuencia: *Globigerinita glutinata*, *Globigerinella digitata*, *Globoquadrina coglomerata*, *Tetromphalus bulloides*, *Globigerina cálida*, *Globigerina uvula*, *Globorotalia scitula*; interrelación de formas: *Pulleniatina obliquiloculata* cf. *Globorotalia inflata*, *Orbulina universa* cf y *G. bulloides*. La cantidad de puntos atípicos que observan los diagramas de caja en la distribución total de cada especie relaciona en gran parte la sensibilidad de los foraminíferos a los cambios ambientales (Figura 12 a-b).



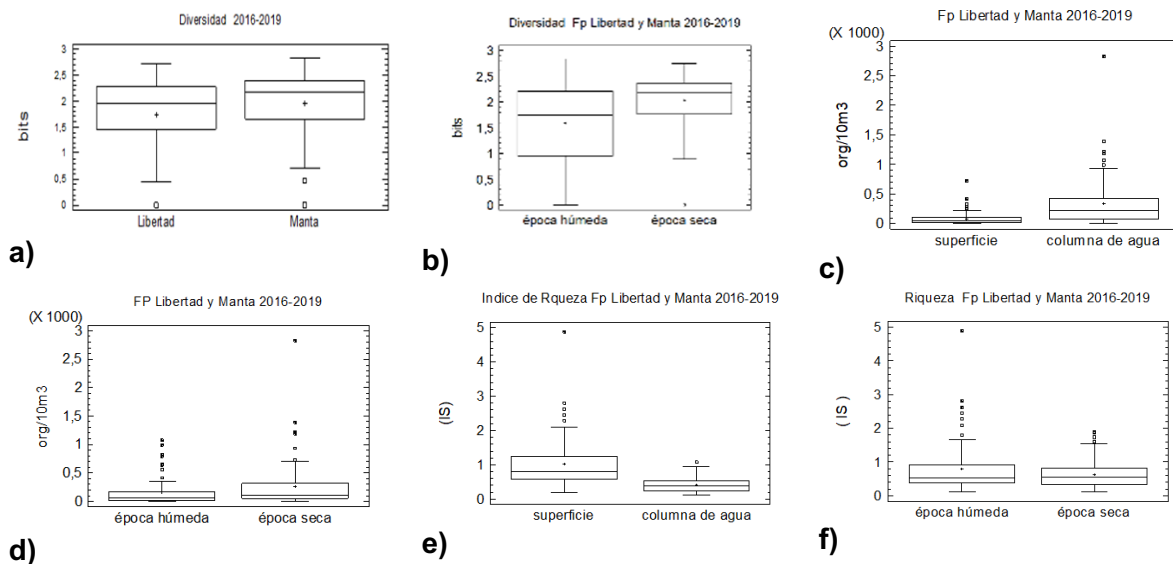
a)

b)

**Figura 12 a-b.** Abundancia relativa de foraminíferos planctónicos en las estaciones fijas- periodo enero 2016 – octubre 2019. (*G\_bull*= *Globigerina bulloides*, *G\_aeq*= *Globigerinella aequilateralis*, *G\_rub*= *Globigerinoides ruber*, *G\_men*= *Globorotalia menardii*, *G\_dut*=*Globoquadrina dutertrei*, *H\_pel*=*Hastigerina pelagica*, *O\_uni*=*Orbulina universa*, *G\_sac*=*Globigerinoides saculifer*, *P\_obl*=*Pulleniatina obliquiloculata*, *G-cong*=*Globigerinoides conglobatus*, *G\_glu*=*Globigerinita glutinata*, *G\_cal*= *Globigerina calida*)

La diversidad de especies muestra amplia varianza de datos, de 0 a 2.5 bits de febrero a abril, y de 1 a ca. 3 bits de mayo a diciembre tanto en Libertad como en Manta, con mayores valores durante la época seca (agosto de 2018, en La Libertad (2.51 bits) y en octubre de 2018 en Manta (2.74 bits.)) (Figura 13 a-b). La mayor abundancia de los foraminíferos planctónicos se encontró en la columna de

agua; mientras el mayor índice (IS) de riqueza de especies se halló en aguas superficiales (Figura 13 c-d) ( $p < 0.05$ ). El test de Mann-Whitney indica diferencias no significativas de IS por época; sin embargo se observa en la Figura 13e cantidad de puntos atípicos relacionados al impacto del ambiente en las especies durante los primeros meses del año (época húmeda).



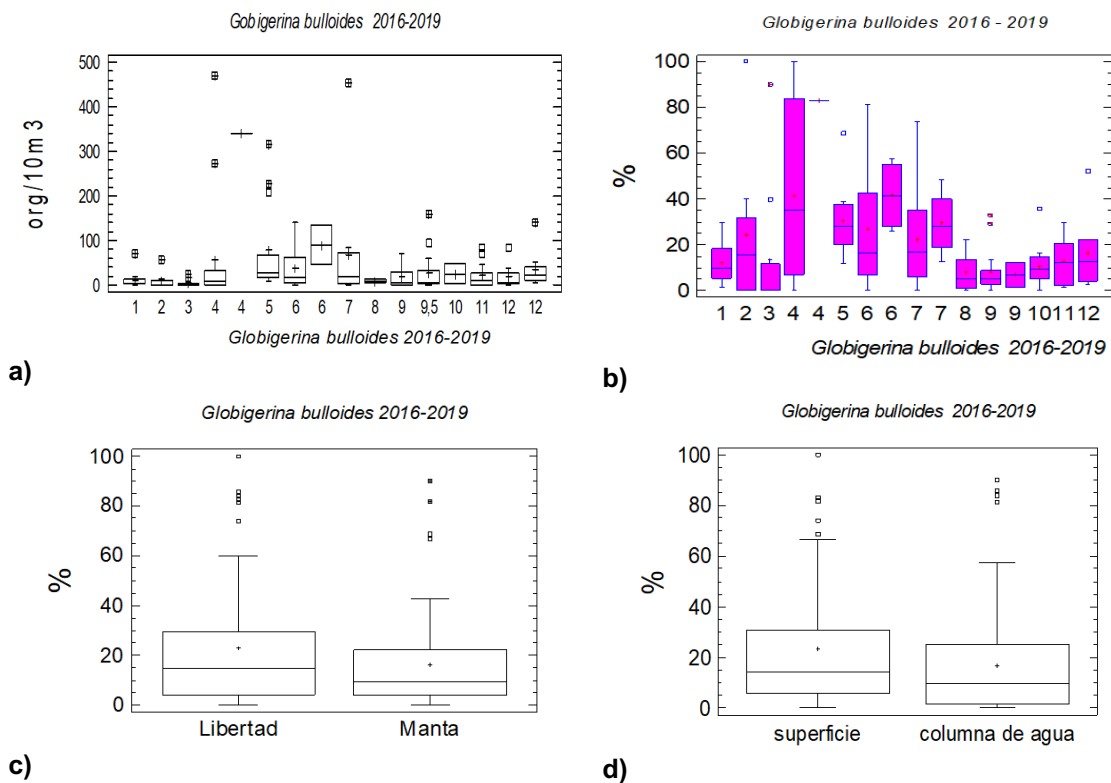
**Figura 13.** a-b) Diversidad de foraminíferos planctónicos entre sitios y por época; c-d) Abundancia por estratos y por época y e-f) índice de riqueza de especies por estratos ( $p < 0.05$ ) y época del año ( $p > 0.05$ ).

***Globigerina bulloides*:** Es una especie de hábitat subtropical, de aguas frías y ricas en nutrientes (Bé, 1969; Boltovskoy, 1963; Miró 1971). Representó el 19% de la población de foraminíferos. Su distribución no arroja diferencias significativas en la abundancia por sitio, pero si por mes y por estrato ( $p < 0.05$ ), con incrementos de abril a julio en La Libertad y de marzo a julio en

Manta (Figura 14 a- b). Prefirió aguas superficiales (Figura 14 c-d). Análisis de la abundancia relativa de *G. bulloides* por eventos oceanográficos ocurridos durante el período de estudio indican un mayor porcentaje de la especie durante el evento La Niña, pero sin diferencias significativas respecto al episodio normal y El Niño.



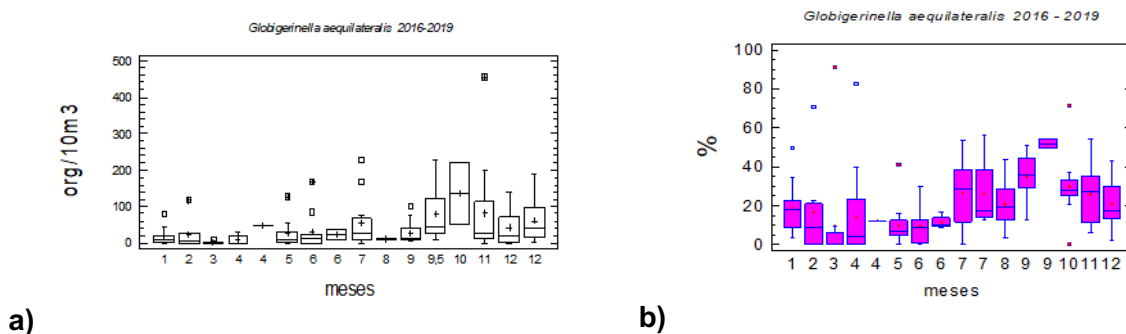
Variaciones del ecosistema marino en base a indicadores biológicos:  
Foraminíferos planctónicos y su interrelación con copépodos y clorofila,  
presentes en la costa ecuatoriana, período 2016 – 2019

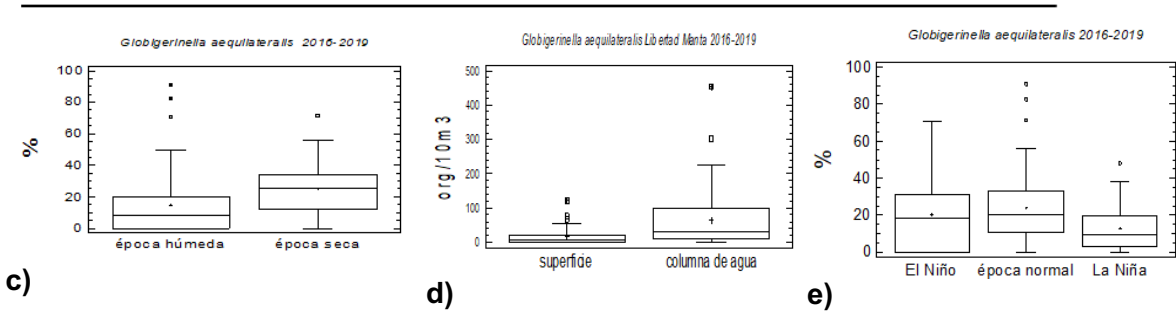


**Figura 14.** a- b. Distribución de la abundancia de *Globigerina bulloides* en las estaciones fijas de Libertad y Manta: a-b) por mes, c) por sitios, d) por estratos, durante el periodo 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Globigerinella aequilateralis*:** Especie frecuente y abundante en el área de estudio, constituyó el 20% de la población de foraminíferos, especialmente de julio a diciembre durante la época seca. El análisis de su distribución durante eventos oceanográficos sucedidos durante el

período de estudio en aguas ecuatorianas anotó diferencias significativas, mayor abundancia durante El Niño y en condiciones normales, en comparación con su abundancia durante La Niña (Figura 15 a- b-c- d).

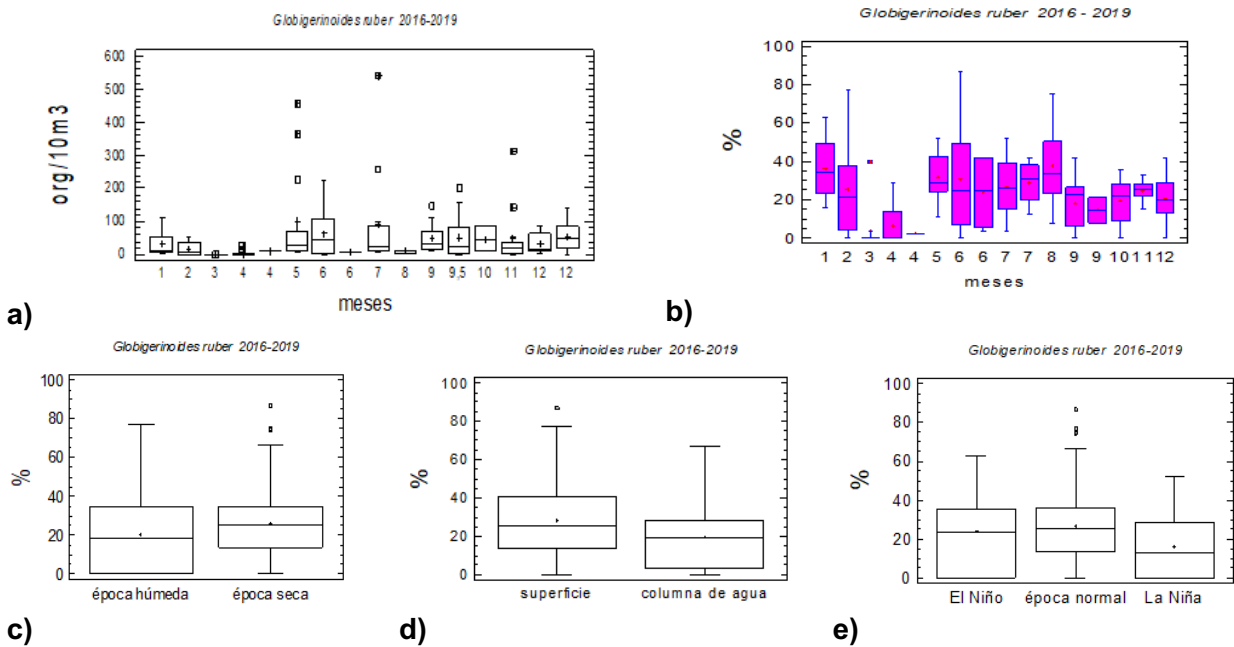




**Figura 15.** a-b. Distribución de la abundancia por mes; c) por época y d) por estratos y e) por evento oceanográfico de *Globigerinella aequilateralis* en La Libertad y Manta, durante el periodo 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Globigerinoides ruber* (d'Orbigny):** Especie de mayor abundancia en el periodo 2016 – 2019. Representó el 26% de la población total de foraminíferos. Su distribución en las estaciones fijas de La

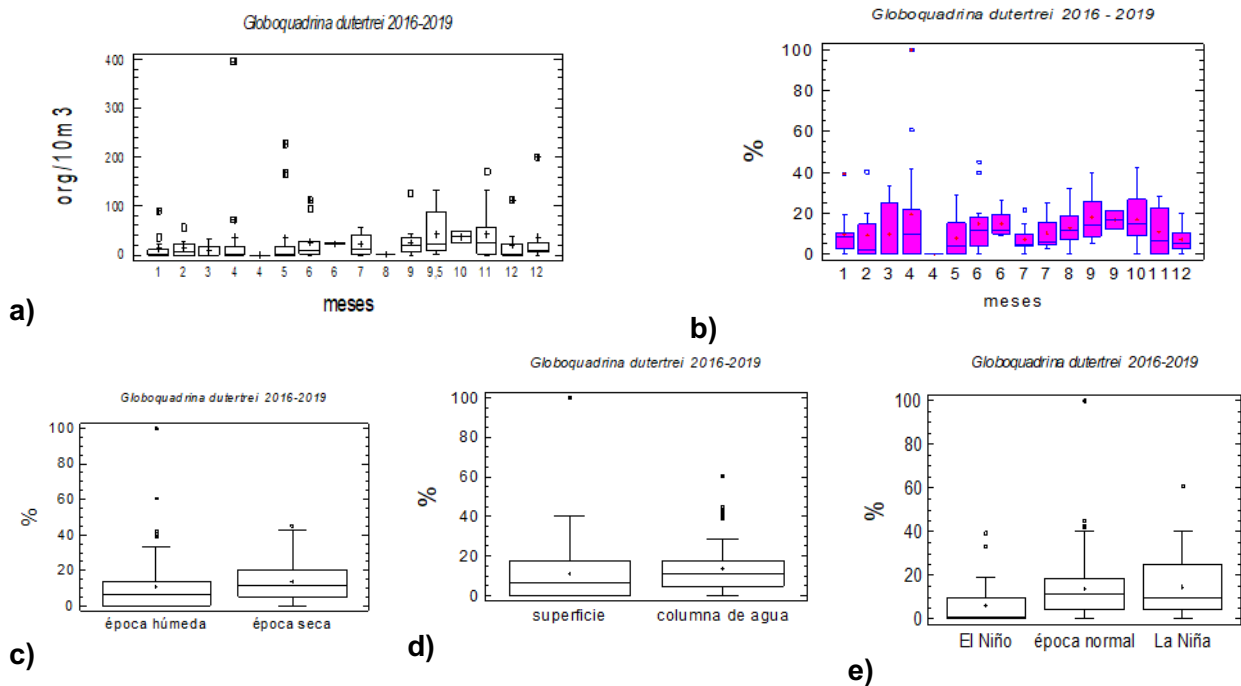
Libertad, Salinas y Manta indicó una abundancia absoluta y relativa mayor en época seca, en aguas superficiales y durante episodios normales a cálidos del océano (Figura 16 a-e).



**Figura 16.** a-b. Distribución de la abundancia por mes; c) por época; d) por profundidad; e) por evento oceanográfico de *Globigerinoides ruber* en La Libertad y Manta 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Globoquadrina dutertrei* (d'Orbigny):**

Constituyó el 14% del total de foraminíferos colectados en La Libertad y Manta durante el período 2016 – 2019. Mayor abundancia en la época seca, de septiembre a noviembre, valores atípicos máximos en abril. Se determinó preferencia de hábitat en estratos subsuperficiales del mar y durante el desarrollo de eventos La Niña y estados normales del mar sucedidos en el período de estudio (Figura 17 a-b-c-d-e).

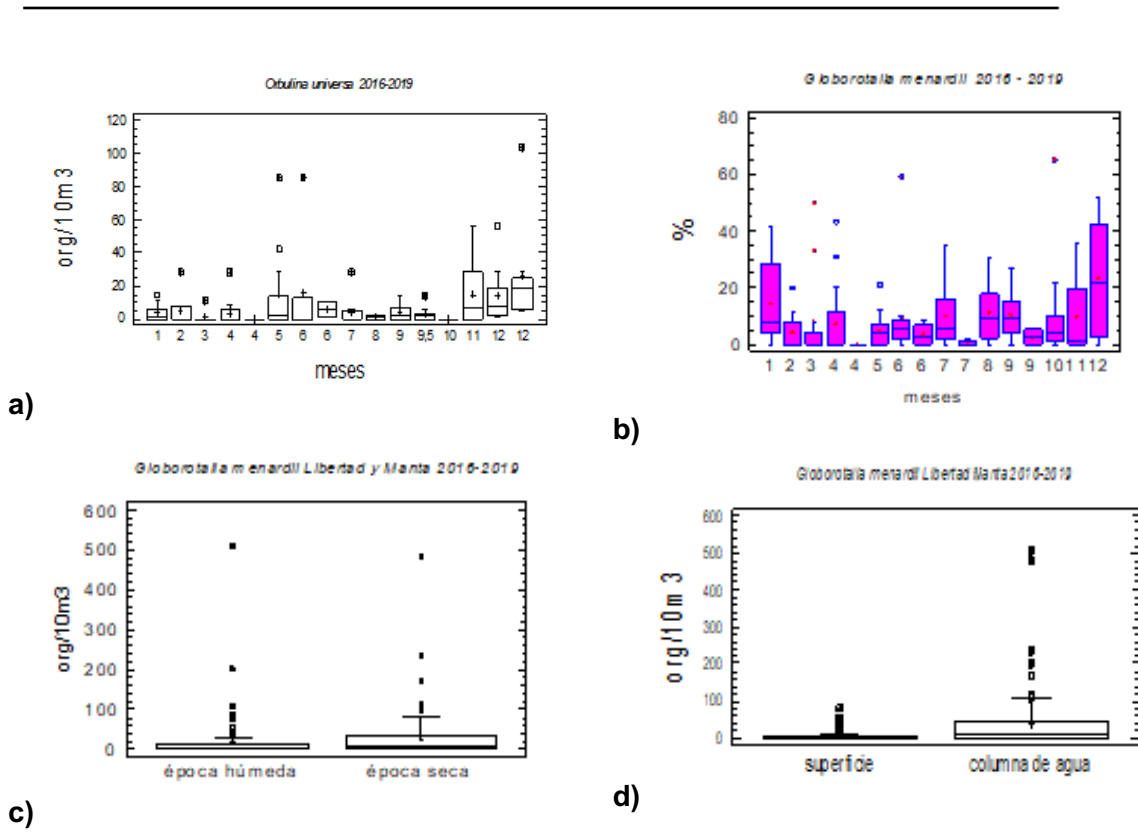


**Figura 17.** a- b. Distribución de la abundancia por mes; c) por época; d) por profundidad; e) por evento oceanográfico de *Globoquadrina dutertrei* en La Libertad y Manta durante el período 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Globorotalia menardii* (d'Orbigny):**

Representó el 11% del total de foraminíferos observados en La Libertad y Manta en el período 2016 – 2019, con una diferencia significativa en la distribución mensual de la abundancia que se eleva principalmente durante la época seca del

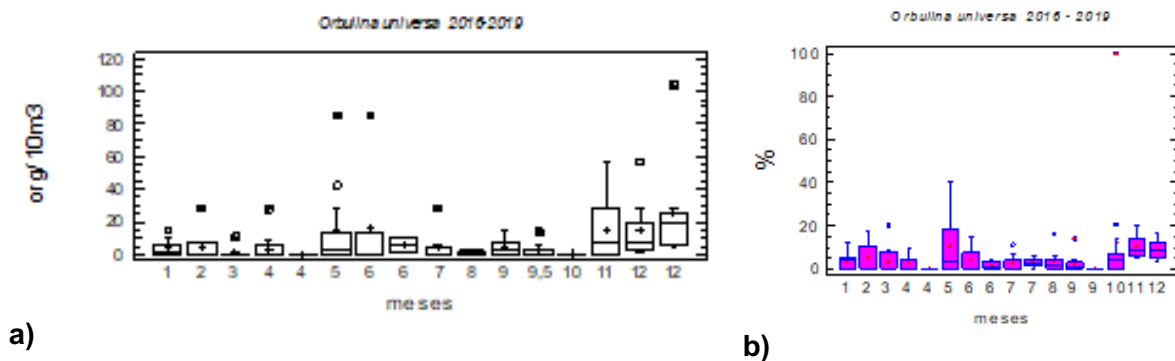
año y en aguas subsuperficiales (Figura 18.a- b-c- d). Mayor número de ejemplares de *G. menardii* hubo durante episodios de La Niña, pero sin diferencias estadísticamente significativas respecto al número de ejemplares de esta especie observados durante episodios normales y El Niño sucedidos en el mar ecuatoriano en el período de estudio.



**Figura 18.** a-b). Distribución de la abundancia por mes; c) por época del año; d) por profundidad, de *Globorotalia menardii* en las estaciones fijas Libertad y Manta 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Orbulina universa* (d'Orbigny):** Durante el período 2016 – 2019, esta especie representó alrededor del 5 % del total de foraminíferos encontrados en La Libertad y Manta, con un índice de frecuencia mayor en Manta (0,6). La (Figura 19) muestra una

diferencia significativa en la distribución mensual de la abundancia, con puntos atípicos en abril, mayo, noviembre y diciembre, especialmente en La Libertad y en la columna de agua

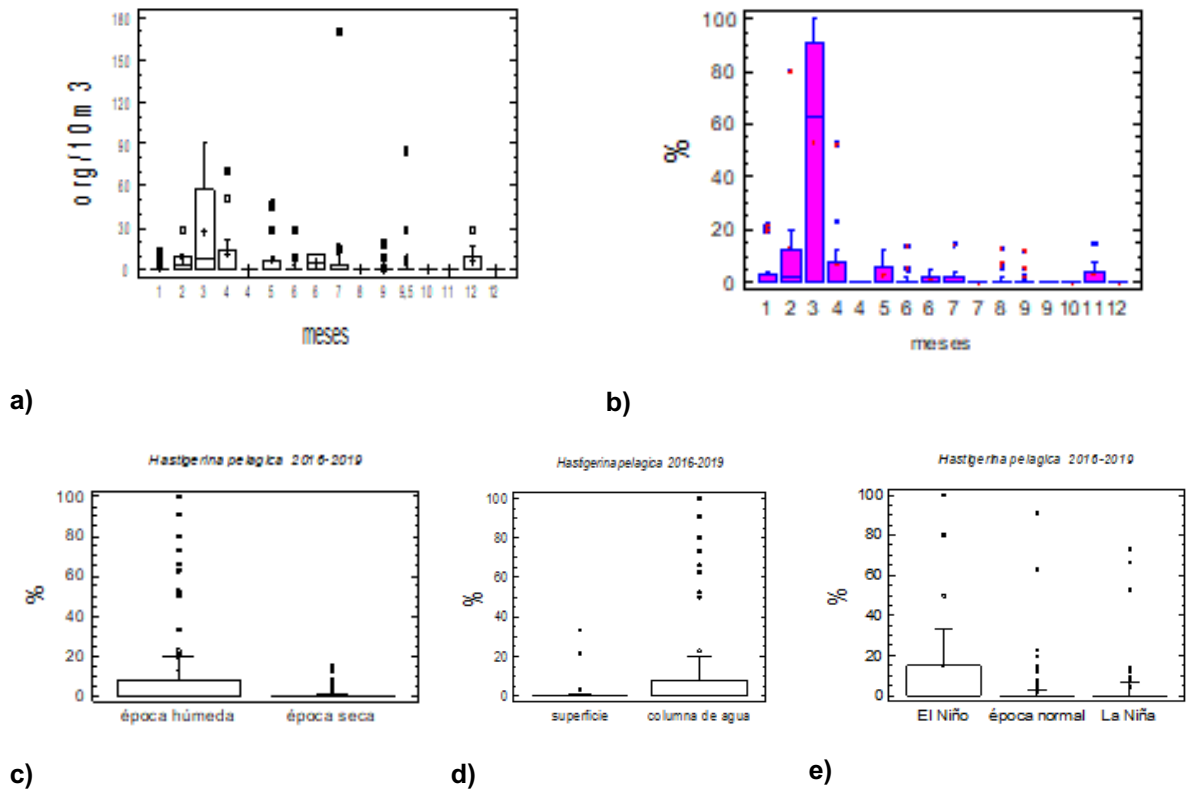




**Figura 19** a, b) Distribución de la abundancia por mes; c) por sitio y d) por profundidad, de *Orbulina universa* en las estaciones fijas Libertad y Manta 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Hastigerina pelagica* (d'Orbigny):**

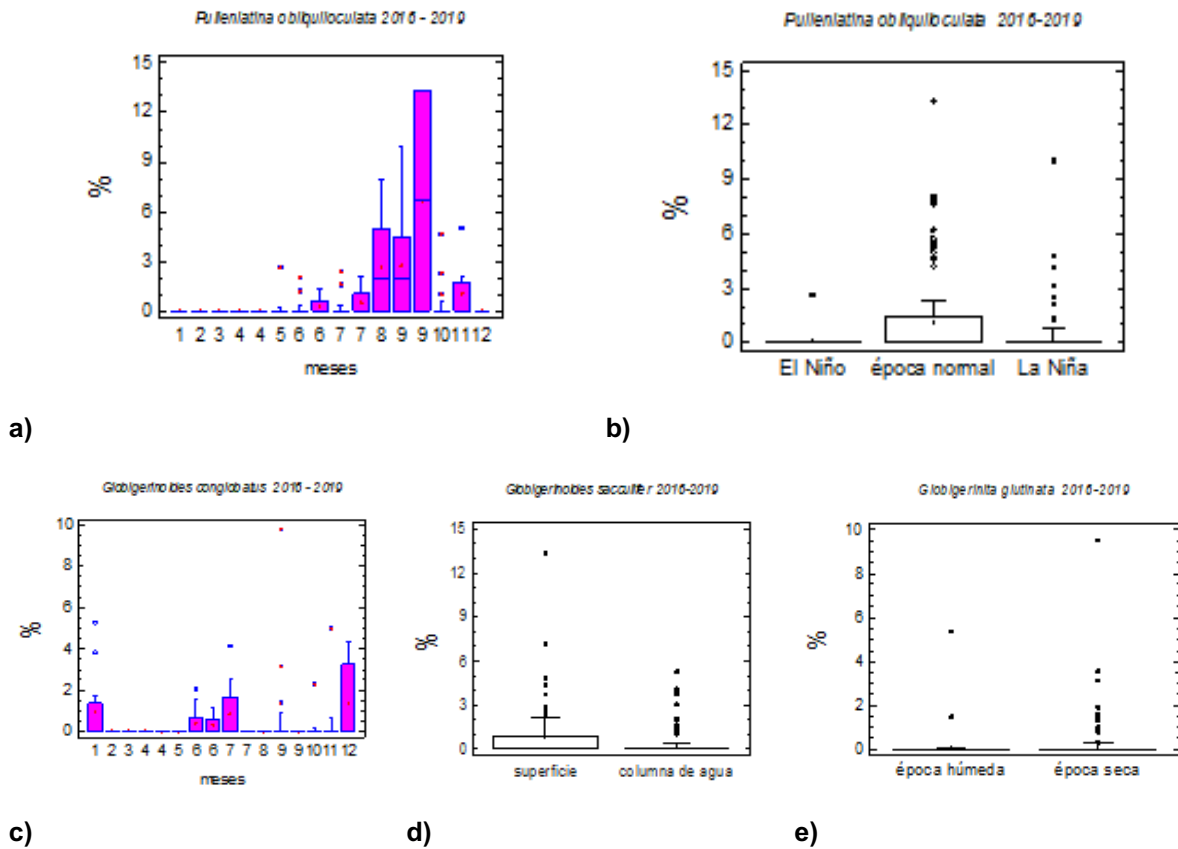
Constituyó un 3% del total de foraminíferos, un índice de frecuencia de 0.4. y distribución mensual que indica repentinas alzas de abundancia absoluta y relativa, principalmente en marzo. El análisis detallado de su comportamiento, indica incrementos significativos en la época húmeda, en aguas subsuperficiales, de preferencia bajo condiciones oceanográficas relacionadas a El Niño (Figura 2).



**Figura 20.** a-b. Distribución de la abundancia por mes; c) por época; d) por profundidad y e) por evento de *Hastigerina pelagica* en La Libertad y Manta 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

***Pulleniatina obliquiloculata*,  
*Globigerinoides sacculifer*,  
*Globigerinoides conglobatus* y  
*Globigerinita glutinata*:** Han sido especies de esporádica distribución temporal y constituyeron un 2% del total de la población total de foraminíferos, con un mayor índice de frecuencia, 0.32 y 0.24 de *G. sacculifer* y *G. conglobatus*, respectivamente, en Manta. Su

importancia ecológica durante el presente estudio, relaciona la varianza de sus datos a preferencias por episodios normales del mar (*P. obliquiloculata*), por aguas superficiales (*G. sacculifer*) y por época seca (*G. glutinata*). Se encontró diferencias estadísticamente significativas en la distribución mensual de *P. obliquiloculata* y *G. conglobatus*. (Figura 21 a-b-c-d-e).



**Figura 21.** a) Distribución promedio mensual, b) por evento oceanográfico de *Pulleniatina obliquiloculata*; c) distribución promedio mensual de *G. conglobatus*; d) distribución de *G. sacculifer* por profundidad; e) por época del año, de *G. glutinata*; en La Libertad y Manta 2016 - 2019 ( $p < 0.05$ ).

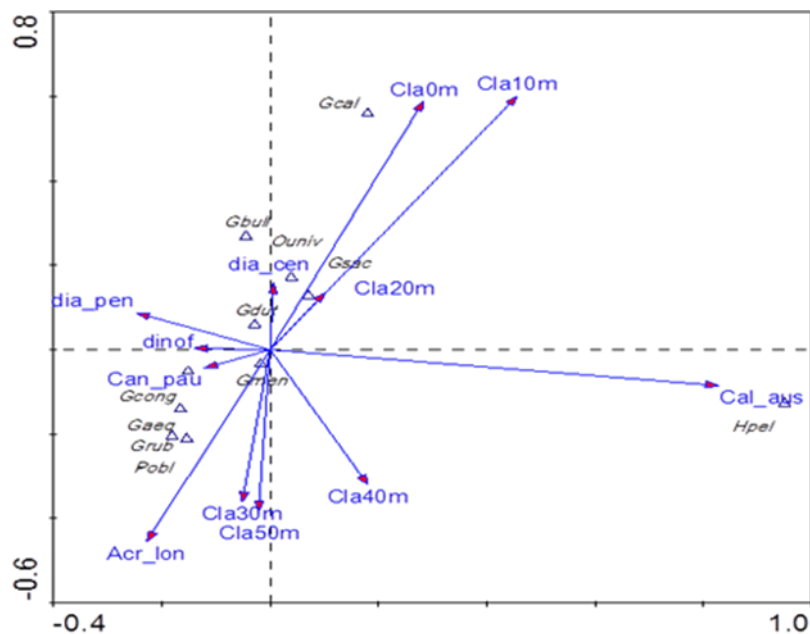
### Interrelación interespecífica e intraespecífica.

En general, se observa una interrelación de factores ambientales y biológicos en las diferentes épocas del año, especialmente en los meses de marzo y abril, cuando pronunciados cambios en la estructura biológica de especies planctónicas, baja en la abundancia de los foraminíferos planctónicos con predominio de *Hastigerina pelagica*, especie propia de aguas profundas (Bé 1967, Luzuriaga 2019), coincide con fuerte Intergradación de rangos de parámetros físico-químicos en capas superficiales del agua, dando lugar a condiciones de mezcla de aguas en la columna de agua de 0 a 100 m y aparición de la termoclina, haloclina y

nutriclina en capas superficiales del mar que influyen en la diversidad de especies del fitoplancton (*Chaetoceros curvisetus*, *Strathoteca thamensis*) de copépodos (*Calanus chilensis*, *Canthocalanus pauper*) y foraminíferos (*H. pelagica*, *G. bulloides*). El análisis de Asociación Canónica (ACC), (Figura 22), relaciona fuertemente *G. ruber*, *G. aequilaterallis*, *P. obliquiloculata* con *Acrocalanus longicornis* y la clorofila a 30 m. Se observa la asociación de *Globigerina bulloides*, *Globoquadrina dutertrei* y *Orbulina universa* con diatomeas céntricas. Fuerte correlación positiva de *Hastigerina pelagica* con *Calanus chilensis*, en condiciones mínimas de Clorofila y en relación inversa con las diatomeas centrales, *Canthocalanus*

*pauper* y dinoflagelados. *H. pelagica* ha sido relacionada con zonas de ascenso de aguas profundas (Luzuriaga, 2019) y *C. chilensis* con aguas de Humboldt (Bucheli, 2018). Hay asociación de los estratos de

clorofila *a* en 0, 10 y 20 m, correlacionan positivamente con *G. bulloides* e inversa con *Acrocalanus longicornis* y el grupo de *G. aequilateralis*



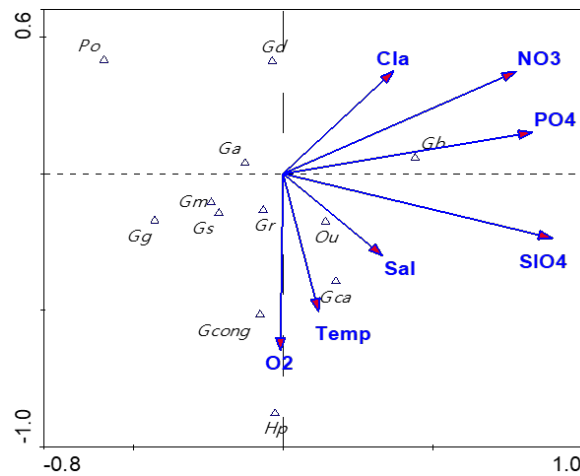
**Figura 22.** a) Foraminíferos y parámetros bióticos ambientales (*Ga*= *G. aequilateralis*, *Gb*=*G. bulloides*, *Gca*= *G. calida*, *Gr*= *G. ruber*, *Gs*= *G. sacculifer*, *Gcong*= *G. conglobatus*, *Gm*= *G. menardii*, *Hp*= *H. pelagica*, *Gd*= *G. dutertrei*, *Ou*= *Orbulina universa*). (*Cal-ays*=*Calanus chilensis*, *Can-pau*=*Canthocalanus pauper*, *Acro-lon*=*Acrocalanus longicornis*)

En la Figura 23 se observa una fuerte asociación de *Hastigerina pelagica* con valores máximos de oxígeno. En la presente investigación se ha demostrado la preferencia de esta especie por aguas subsuperficiales durante la época húmeda, especialmente en marzo. Bolli, Loeblich & Tappan (1957), determinaron también a esta especie como propia de aguas profundas. También se observa la relación de *Globigerinoides conglobatus* con estratos del mar muy oxigenados.

Hay sólida correlación de *Globigerina bulloides* con los nutrientes, fosfatos, nitratos, silicatos y clorofila *a*. Esta especie es propia de aguas frías y nutritivas del océano, indicadora del avance de la Corriente de Humboldt en la costa ecuatoriana (Luzuriaga, 1992, 2007).

*Orbulina universa* se asocia ha aguas muy salinas en las aguas superficiales del mar.





**Figura 23.** Análisis de Correspondencia Canónica ACC entre foraminíferos y parámetros ambientales en aguas superficiales.

### Conclusiones

Durante el primer semestre del periodo 2016-2019, se advierten fuertes cambios en la diversidad y composición de las especies planctónicas, con predominio de *Hastigerina pelagica* *Globigerina bulloides*, (foraminíferos planctónicos), *Chaetoceros curvisetus*, *Strathoteca thamensis* (fitoplancton) y *Calanus chilensis*, *Canthocalanus pauper*.(copépodos), que coinciden con fuerte Intergradación de rangos de parámetros físico-químicos en capas superficiales del océano.

Las especies de foraminíferos más abundantes en las estaciones fijas de La Libertad y Manta durante el periodo 2016 – 2019, fueron: *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *Globoquadrina dutertrei*, *Globorotalia menardii*, *Orbulina universa* y *Hastigerina pelagica*.

Entre los copépodos: *Canthocalanus pauper*, *Acrocalanus longicornis* y *Calanus*

*chilensis* han sido señalados de mayor importancia ecológica.

Dentro del fitoplancton, las especies más numerosas fueron *Proboscia alata*, *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. affinis*, *Rhizosolenia acuminata*, *R. imbricata*, *Ch. eibenii* y *Thalassiosira subtilis*.

Los promedios máximos de clorofila a se dieron de 10 a 30m de profundidad de enero a agosto. Se observó (ACC) relación directa de la clorofila a, en los niveles de 0. 10 y 20m con *Globigerina bulloides* (foraminífero) e inversa con *Acrocalanus longicornis* (copépodo) y el grupo de *G. aequilateralis*, *Pulleniatina obliquiloculata* y *Globigenoides ruber*.

La mayor abundancia de los foraminíferos planctónicos se encontró en la estación seca, mientras que la de copépodos se encontró en la estación húmeda. Foraminíferos y copépodos prefirieron aguas subsuperficiales.

La diversidad máxima de foraminíferos (2.71 bits) se dio en octubre de 2018 en Manta, en la estación seca y el mayor índice de riqueza específica en la estación húmeda y en aguas superficiales.

Se determina la validez de *Hastigerina pelagica* como especie indicadora de ascenso de aguas profundas muy oxigenadas.

Se estableció fuerte asociación de *Hastigerina pelagica* con el copépodo *Calanus chilensis* en condiciones mínimas de clorofila y en relación inversa a las diatomeas pennadas y dinoflagelados

Se revela a *Globigerina bulloides* como indicadora de avance de aguas superficiales ricas en nutrientes. Se observó fuerte asociación de esta especie con los fosfatos, nitratos, silicatos y clorofila *a*.

Se indican preferencias de hábitat de las especies planctónicas (foraminíferos

planctónicos, diatomeas y copépodos) según evento oceanográfico ocurrido en aguas costeras durante 2016-2019:

Episodios "El Niño": *Globigerinella aequilateralis* y *Hastigerina pelagica*, *Chaetoceros eibenii* *Stratotheca thamensis*

Episodio "La Niña": *Globorotalia menardii*, *Rhizosolenia imbricata*, *Climacodium frauenfeldianum*

Episodio Normal: *Globigerinoides ruber*, *Globoquadrina dutertrei*, *Pulleniatina obliquiloculata* *Thalassionema frauenfeldii*, *Acrocalanus longicornis*.

### Reconocimiento

Los autores expresan su agradecimiento a los señores directivos del Instituto Público de Investigación en Acuicultura y Pesca y del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada por las facilidades brindadas para la realización de la presente investigación.

### Referencias

- Allauca S. 1990. Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 6 (1), 1-29.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.
- Bé, Allan W.H. 1959. A method for rapid sorting of foraminifera from marine plankton samples. *Journal of Paleontology*, vol.33 n°5, p 846-848, pl. 118, 2 text-figs: New York
- \_\_\_\_\_ 1967. Foraminifera Families. Globigerinidae and Globorotalidae. Cons. Perm. Internat. *Expl. Mer; Fiches-Ident. Zooplancton*, Sheet 108 Cotr. 982, pp. 2-9, text-Figs., New York.
- \_\_\_\_\_ 1969. Distribution of Selected Groups of Marine 6S-A Invertebrates in Waters South of 350 S Latitude," pp.9-12 in Folio 11, ANTARCTIC MAP FOLIO SERIES, American Geographical Society, 1969 Planktonic Foraminifera 1
- Bolli, Loeblich & Tappan. 1957. Identificación de zooplancton. Tropical Pacífico de los Foraminíferos, 26: 68-76.
- Boltovskoy, E. 1963. Foraminíferos y sus relaciones con el medio.
- \_\_\_\_\_ 1965. Los Foraminíferos recientes. EUDEBA. Argentina.
- \_\_\_\_\_ 1966. Zonación en las altitudes altas del Pacífico Sur según los foraminíferos planctónicos vivos. *Rev. Hidr. Mus. Argentino Cienc. Nat.* Tomo II, n°1. Argentina

- \_\_\_\_\_ 1974a. Foraminíferos planctónicos epipelágicos de la Parte Este del Pacífico Tropical. Rev. Hidr. Mus. Argentino Cienc. Nat. Tomo IV, n°3. Argentina.
- \_\_\_\_\_ 1974b. *Globorotalia hirsuta eastropacia* N. Subsp- Planktonic subspecies (Foraminiferida) from the Tropical Ocean. Rev. Española Micropaleont., vol. VI, n°1. Pp. 127-133.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata. Argentina. 5(3): 32–40.
- Bradshaw, J. 1959. Ecology of Living Planktonic Foraminifera in the North and Equatorial Pacific Ocean. *Contr. Cushman*. Found. Foram. Res. Vol.X, part.2. California.
- Bucheli, R. 2018. Comportamiento temporal del plancton ante factores oceanográficos en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 22 (1): 15-34 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.
- Coloma C., Marchant, M. & Hebbeln, D. 2005. Foraminíferos Planctónico durante El Niño 1997- 98 del Área de Coquimbo (30°S, 73°W). Chile. Gayana 69 (1): 48-77
- 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.
- Cruz M., M. Tapia & C. Naranjo. 2010-2011. Especies planctónicas marinas como Bioindicadoras de masas de agua frente a la costa ecuatoriana durante el evento El Niño 2009 – 2010. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 16 (1): 53-62 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.
- Enfield, D., 1976. Oceanografía de la región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos físicos. Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como “ El Niño”. Guayaquil- Ecuador, 4-12 de Diciembre de 1974. FAO. Inf. Pesca, (185):411.
- Escribano, R. 1998. Population dynamics of *Calanus chilensis* from northern Chile. Fish Oceanogr 1:245-251.
- Heinrich, A. 1976. On the near-surface Plankton of the Eastern South Pacific Ocean. Marine Biology, 10(4), 290-294.
- Huisman, J; Sharples, J. Stroom, J.; Visser, P.; Kardinaal, W. & Verspagen, J.. 2004. Changes in turbulent mixing shift competition for light between phytoplankton species. Ecology, 85: 2960-2970
- Jiménez R., & Bonilla D, 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 1 (1):19-64 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.
- Jiménez, R., 2014. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 19(1): 1-89 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.
- Luzuriaga, M. 1992.- Notas hidrológicas de aguas superficiales del mar ecuatoriano en base a indicadores biológicos: Foraminíferos planctónicos. INOCAR Guayaquil-Ecuador.
- \_\_\_\_\_ 2009. Distribución espacio-temporal del ictioplancton y zooplancton marino en las Islas Galápagos. Ecuador (1988-2001). Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol 15, n°1 p.97-118
- \_\_\_\_\_ 2014. Foraminíferos planctónicos vivos en el mar ecuatoriano. Taxonomía y Distribución. II Edición. Acta

- Oceanográfica del Pacífico INOCAR. Ecuador. 19 (1)  
 \_\_\_\_\_ 2014. Foraminíferos planctónicos vivos en condiciones normales del mar ecuatoriano y durante el evento El Niño 1997-1998. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR. Vol. 20 (1):19-64.
- Miró & Luzuriaga.1974. Foraminíferos planctónicos vivos en aguas superficiales ecuatorianas. Publicación INOCAR- CM-BIO. 3-374:14, Guayaquil- Ecuador.
- Molina E. 2004. Foraminíferos planctónicos: Globigerinina. Capítulo 6. Micropaleontología 127-158
- Moreno, J., S. Licea & H. Santoyo.1996. Diatomms del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur: 1-280.
- Parker, F., 1960. Living Planktonic Foraminifera from the Equatorial and Southeast Pacific, Science Reports of Tokoku. University, Japan, 2nd Ser. (Geol) Vol., N.4: 71-82.
- \_\_\_\_\_ 1962. Planktonic foraminifera species in Pacific sediments. *Micropaleontology*, vol. 8, n°2, pp. 219-254, pls. 1-10.
- \_\_\_\_\_ 1971. Distribution of Planktonic foraminifera in Recent Deep-Sea sediments. *Micropaleontology of Oceans*. Cambridge University Press, pp. 289-307.
- Pesantes, F., 1983. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2):283-399 Versión ISSN N° 1390-129X impreso
- Rincón-Martínez, D.; Steph,S.; Lamy, F., Mix, A.; Tiedemann, R.. 2011. Tracking the equatorial front in the eastern equatorial Pacific Ocean by the isotopic and faunal composition of planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology*. 79 (2011) 24-40
- 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.
- Stevenson, M., 1970. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un estuario tropical. *Boletín científico y técnico (INP)*, 4(1): 5-28.
- Tapia M., & Naranjo C. 2016-2017. Fitoplancton en el Golfo de Guayaquil externo, durante enero de 2014. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Volumen 21 (1): 46-58 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.
- Tapia M., Palacios O. & Naranjo C. 2018. Variabilidad de la clorofila y su relación con el Frente Ecuatorial, Islas Galápagos durante los años 2014 al 2016. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Volumen 22 (1): 1-14 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.
- Taylor, F., 1976. Dinoflagellates from International Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Brunn". Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada: 227.
- Tomas C., 1997. Identifying marine Phytoplankton. Academic Press, Florida: 1-858.
- Wyrcki, K., 1965. Circulation and water mass in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *J. Oceanol and Limnol*, 1(2): 117-147.
- Zambrano E., 2007. El Niño 2006-2007. Desarrollo y manifestaciones en aguas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Volumen 14 (1): 1-6 Versión ISSN N° 1390-129X impreso.