

---

# Variability of chlorophyll and its relationship with the Equatorial Front, Galapagos islands during the years 2014 and 2016



## Variabilidad de la clorofila y su relación con el Frente Ecuatorial, Islas Galápagos durante los años 2014 y 2016

Tapia, María Elena; Palacios, Othoniel; Naranjo, Christian

---

**María Elena Tapia**

rmaria.tapia@inocar.mil.ec

Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada,  
Ecuador

**Othoniel Palacios**

othoniel.palacios@upacifico.edu.ec

Universidad del Pacífico, Ecuador

**Christian Naranjo**

christian.naranjo@inocar.mil.ec

Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada,  
Ecuador

### ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO

Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, Ecuador

ISSN: 1390-129X

ISSN-e: 2806-5522

Periodicity: Semestral

vol. 3, no. 2, 2021

acta.oceanografica@inocar.mil

Received: 19 June 2020

Accepted: 09 November 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/648/6482952005/>

**Abstract:** A total of 20 oceanographic stations in the Ecuadorian sea were analyzed in each oceanographic cruise of the research vessel ORION. Chlorophyll-a, surface and subsurface distribution maps of the main sections 82°, 86°, 89° and 92° W were prepared, during the period 2014 to 2016 and its relationship with the ONI index.

The physical oceanographic conditions were according to the presence of the Equatorial Front and the equatorial upwelling to the west of the Galapagos Islands, the development of the 2015-2016 El Niño Event did not follow a defined pattern, but rather presented particular characteristics for each region of the Ocean South Pacific. In Ecuador it was observed that the primary productivity that increased considerably during the C0-1-2014 Cruise, with the presence of upwellings with chlorophyll nuclei a, west of Isabela 1°S - 92°W and 1°S - 89°W that showed high cell concentrations and increased phytoplankton richness, compared to the 2015-2016 period, which presented lower concentrations of chlorophyll in these areas around the Galapagos Islands, due to the conditions of the El Niño event.

**Keywords:** Chlorophyll, primary productivity, Equatorial Front, Galapagos islands, Upwelling.

**Resumen:** Se analizaron un total de 20 estaciones oceanográficas en el mar ecuatoriano en cada crucero oceanográfico del buque de investigación ORION. Se elaboraron mapas de distribución de clorofila ., superficial y subsuperficial de las principales secciones 82°, 86°, 89° y 92°O, durante el período 2014 hasta 2016 y su relación con el índice ONI.

Las condiciones oceanográficas físicas fueron propicias para la presencia del Frente Ecuatorial y de los afloramientos ecuatoriales al oeste de las islas Galápagos, el desarrollo del Evento El Niño 2015-2016, no siguió un patrón definido, sino que presentó características particulares para cada región del Océano Pacífico Sur. En Ecuador se observó que la productividad primaria que aumentó considerablemente durante el Crucero C0-1-2014 existiendo la presencia de afloramientos con núcleos de clorofila ., al oeste de Isabela 1°S-92°O y 1°S-89°W que mostraron altas concentraciones celulares e incremento de la riqueza fitoplanctónica, comparado con el período 2015-2016 que se presentó menores

concentraciones de clorofila en estas zonas alrededor de las islas Galápagos, debido a las condiciones del evento El Niño.

**Palabras clave:** Clorofila, productividad primaria, Frente ecuatorial, islas Galápagos, afloramiento.

## INTRODUCCIÓN

El elemento nutricional del fitoplancton es la clorofila como resultado de su fotosíntesis, es usualmente indicadora de la productividad primaria, y el principal recurso directo o indirecto nutricional para todos los organismos marinos y pesquerías.

La clorofila *a* es una medida de los pigmentos verdes y de la biomasa del fitoplancton; por lo tanto, la determinación de clorofila es uno de los índices de monitoreo de la salud de un sistema natural, la cual es utilizada por los investigadores y técnicos en todos los ambientes acuáticos (Kirk, 1994); EPA, (2001).

Las algas son la base de la cadena alimenticia y responsables de la mayor parte de la productividad primaria su utilidad es para evaluar y/o monitorear la contaminación ambiental se basa en que algunas especies pueden reflejar los efectos de los contaminantes en el agua de mar a través de su presencia, ausencia o estado fisiológico. Si bien las algas son uno de los grupos más utilizados como bioindicadores en ecosistemas marinos, para metales pesados estas pueden exhibir concentraciones mucho más altas que las que se encuentran en otros organismos (Robledo & Freile, 2014).

Todas las plantas contienen clorofila *a*, su concentración nos da una visualización sobre la abundancia de productores primarios que crecen en todos los tipos de agua (King, 1966).

El mar territorial ecuatoriano tiene características oceano atmosféricas bien diferenciadas con respecto a otras regiones geográficas del Pacífico, ejemplo producto de la interacción de varias masas de agua y las condiciones atmosféricas del medio circundante.

Una de las características más importantes del océano entre las islas Galápagos y el Ecuador continental es el Frente Ecuatorial que se localiza normalmente entre los 0° a 3° sur, separando las aguas más frías y ricas en nutrientes de la Corriente de Humboldt y su extensión la Corriente Sur Ecuatorial de las aguas cálidas superficiales que generalmente se caracterizan por ser pobres en nutrientes procedentes del norte.

A pesar de que las condiciones oceanográficas estacionales del Frente Ecuatorial, generalmente se mantienen de año a año, se han observado algunas diferencias, en la intensidad y permanencia del frente, asimismo fluctuaciones en pequeña y gran escala, ligadas a determinadas propiedades inherentes al ecosistema marino.

Las islas Galápagos por sus características de formación, su localización que recibe la influencia de varias corrientes marinas, posee una alta productividad primaria, con énfasis en la diversidad biológica marina, el endemismo de su flora y fauna terrestre y por la presencia de procesos evolutivos no alterados, fue declarada Patrimonio Natural de la Humanidad, Reserva de la Biósfera y parte de los humedales de la

Su posición y orientación en el mar costero y la intensidad de los procesos termohalinos a través de los años y en las diferentes épocas de un mismo año, son las características más notables, que identifican la magnitud de su desarrollo y su repercusión en la vida acuática (Pak y Zaneveld, 1974)

Por lo mencionado, el objetivo de este trabajo es determinar la variabilidad de la productividad primaria en el margen insular, a fin de establecer las condiciones oceanográficas consideradas normales y aquellas que indiquen posible ocurrencia de eventos cálidos o fríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a veinte estaciones localizadas alrededor de las islas Galápagos y ubicadas en las secciones 82°W, 86°W, 89°W y 92°W, (Figura 1).

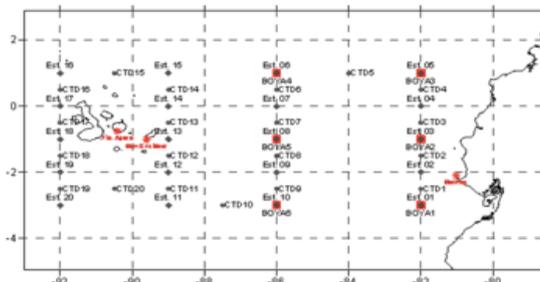


FIGURA 1  
Ubicación de las estaciones oceanográficas a bordo del Buque Investigación ORIÓN

Método de Campo:

El crucero oceanográfico 2014 se efectuó desde 16- Septiembre al 02 octubre-2014, crucero oceanográfico 2015 (01-16 Octubre-2015) y finalmente el crucero oceanográfico 2016 se realizó 06- 24 Septiembre-2016). En las estaciones oceanográficas se obtuvieron muestras de agua en ocho niveles de profundidad para análisis de clorofila a se colectaron muestras de un litro de agua de mar a 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad. Las muestras de agua marina para el análisis de la clorofila a fueron filtradas con una bomba al vacío. Adicionalmente se utilizó un set de filtración donde se colocaron los filtros de fibra de vidrio Whatman de 0.48µ, donde se vertieron 1000 ml de muestra. Finalmente se adicionaron 2 ml de carbonato de magnesio para que los pigmentos de la clorofila se adhieran a los filtros.

Método de Laboratorio:

Posteriormente, los filtros fueron colocados en una solución de 10 ml de acetona al 90%, que luego fueron cubiertos con papel aluminio y llevados a refrigeración durante un período de 24 horas. Luego se centrifugaron las muestras durante 2 minutos a 1500 RPM. Se utilizó el fluorómetro digital para leer las densidades ópticas de clorofila a, las lecturas se realizaron directamente en el tubo de fluorescencia.

Para los cálculos de clorofila a se emplearon las ecuaciones detalladas en el manual de la SCOR UNESCO Working Group 17 (1966). Las muestras de clorofila se obtuvieron a bordo de cada muestreo. Los gráficos de distribución superficial y vertical se realizarán en el Programa ODV, (Tabla 1)

Se efectuó un análisis canónico para establecer la relación de las variables de clorofila y nutrientes especialmente en las estaciones ubicadas al oeste de las islas Galápagos durante los cruceros oceanográficos 2014, 2015 y 2016 empleando el programa estadístico MVSP.

TABLA 1  
Escala de Clorofila a: Productividad Primaria, expresado en mg/m3 (Tapia, 2006).

Rangos	Productividad
< 0.20 mg/m3	Clorofila = Aguas de baja productividad
0.20 - 0.50 mg/m3	Clorofila = Aguas ligeramente productivas
> 0.50 mg/m3	Clorofila = Aguas productivas

Características hidrográficas del Frente Ecuatorial.-

Cromwell y Reid (1956), han definido el concepto es un frente oceánico, señalando que es una banda a lo largo de la superficie del mar a través de la cual la densidad cambia abruptamente; además la temperatura y salinidad, otras propiedades pueden cambiar de igual forma a través de un frente, incluyendo la velocidad de las corrientes y concentraciones de materiales disueltos y suspendidos, algunas ocasiones con cambios notables en el color y transparencia del agua.

Wooster (1969), ha interpretado la presencia, como la posición promedio del Frente Ecuatorial entre los 80° y 90° W entre las costas de Ecuador y Perú y las islas Galápagos señalando que el Frente, es una manifestación en superficie que se caracteriza por ser una región que separa las aguas frías y más salinas de la Corriente del Perú, de las cálidas y menos salinas aguas tropicales del Norte. El límite entre los dos tipos de aguas es el Frente Ecuatorial, a través de análisis de los promedios de la temperatura superficial mensual, ha concluido sobre algunas características generales del Frente:

1. El Frente Ecuatorial es una característica superficial confinada sobre los 100 metros de profundidad.
2. Es una característica permanente.
3. La localización del frente varía estacionalmente.
4. El Frente está orientado zonalmente (Oeste- este) entre las Galápagos y los 84° W, y meridionalmente (Noreste-sureste) al este de los 83° W; y el gradiente de temperatura a través del Frente, decrece de este a oeste y, tiende a ser mayor, durante el invierno en el Hemisferio Sur que durante el verano.

Posteriormente han sido las investigaciones de Pak y Zaneveld, (1974) las que principalmente han contribuido al conocimiento de las características oceanográficas ligadas al Frente Ecuatorial, desde el oeste de las islas Galápagos hasta las proximidades de la costa del Ecuador.

Debido a la importancia que tiene el trabajo de Pak y Zaneveld (op.cit) para las futuras investigaciones de la oceanografía física y biológica del Frente Ecuatorial, se presentan las conclusiones que han llegado estos autores:

1. El afloramiento ecuatorial asociado con la divergencia inducida por el viento y la Subcorriente Ecuatorial, parece ser el mayor origen del agua fría del Frente Ecuatorial al oeste de las islas Galápagos.
2. La Subcorriente Ecuatorial se extiende al este de las islas Galápagos más allá de los 85° 30'W, (Pak y Zaneveld, 1973) encontrándose así la Subcorriente asociada con el afloramiento al lado este de las islas Galápagos.
3. Se observa cuando está bien definido el Frente Ecuatorial está asociado con el afloramiento ecuatorial al este de las islas Galápagos.
4. Sugieren los autores que en adición a la Corriente de Perú, el afloramiento asociado con la Subcorriente puede ser el mayor origen del agua fría del frente Ecuatorial en la región al este de las islas Galápagos entre el 3° norte y el 3° sur.

## RESULTADOS

Crucero CO-1-2014:

Sección 82° W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de alta productividad de clorofila a, entre 0.99–1.12 mg/m<sup>3</sup> correspondientes a las E-3 y 4 respectivamente. La menor concentración de clorofila se registró en la E-2 con 0.08 mg/m<sup>3</sup> (Figura 2).

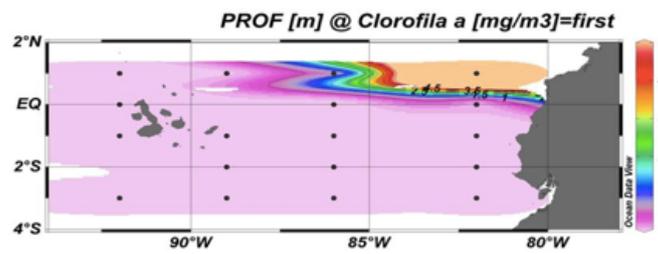


FIGURA 2  
Distribución superficial de Clorofila a durante el C0-2-2014.

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se presentaron altas concentraciones de clorofila con rangos entre 1.06-2.45 mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-1 y 3 en los niveles de 20 – 30 metros de profundidad.

Las menores concentraciones de biomasa clorofílica se encontraron en la E-2, con valores entre 0.04-0.10 mg/m<sup>3</sup>, (Figura. 3)

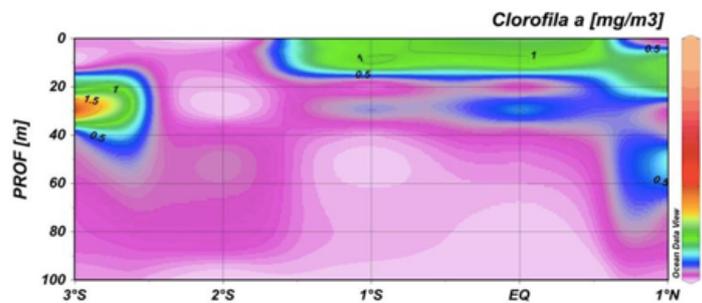


FIGURA 3  
Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-2-2014, Sección 82°W

Sección 86°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de alta productividad con núcleos de clorofila a, entre 2.34-2.41mg/m<sup>3</sup> correspondientes a las E-7 y 9 respectivamente (Figura 2).

Se registraron altos núcleos de clorofila con rangos entre 3.11-3.62-3.87mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-7 y 9 en los niveles de 30-40 metros de profundidad (Figura 4).

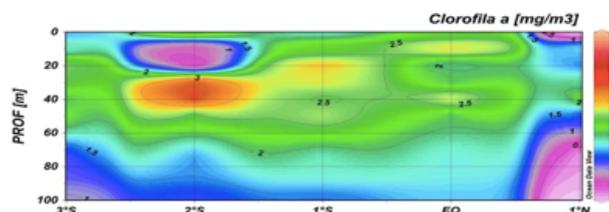


FIGURA 4  
Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-2-2014, Sección 86°W.

Sección 89°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de muy alta productividad con núcleos de clorofila a, entre 1.69-3.63 mg/m<sup>3</sup> correspondientes a las E-12 y 13, respectivamente (Figura 2).

Distribución Subsuperficial de Clorofila a.

Se registraron altos núcleos de clorofila con rangos entre 3.68-4.26 mg/m<sup>3</sup> localizados en la E-13 en los niveles de 20-30 m de profundidad, siendo considerada esta sección la de mayor productividad primaria (Figura 5).

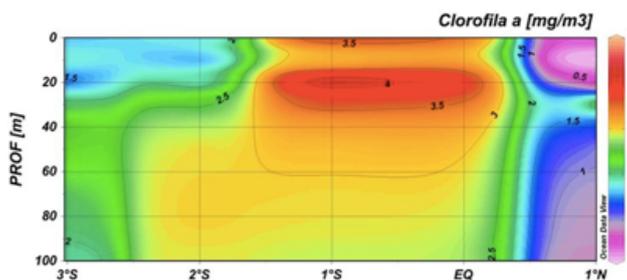


FIGURA 5

Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-2-2014, Sección 89°W.

Sección 92° W: Distribución superficial de Clorofila a.

En la capa superficial se registró un núcleo de clorofila a, con 2.87 mg/m<sup>3</sup> localizado en la E-17.

La menor concentración de clorofila se registró en la E-20 con un valor de 0.49 mg/m<sup>3</sup> (Figura 2).

Distribución subsuperficial de clorofila a.

Se presentaron tres núcleos de clorofila con rangos entre 2.69-2.96-3.46 mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-16, 17 y 18, a los 30 y 50 m de profundidad, caracterizando un área de afloramiento.

La menor concentración de biomasa clorofílica se encontró en la E-20, con 0.08 mg/m<sup>3</sup> (Figura 6).

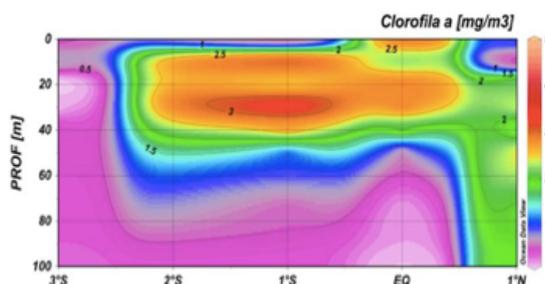


FIGURA 6

Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-2-2014, Sección 92° W.

Durante Septiembre-Octubre-2014 el Índice ONI mostró valores cercanos a lo normal caracterizándose el inicio de anomalías positivas en +0.5° C durante octubre de 2014 y posteriormente la ocurrencia del evento El Niño 2015-2016, en la región El Niño 3.4 (Tabla 1).

TABLA 2

Anomalías de TSM mediante índice ONI durante el período 2014-2016

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6

Crucero CO-1-2015:

Sección 82°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de baja productividad de clorofila a, con rangos entre 0.05-0.07 mg/m<sup>3</sup> correspondientes a las estaciones 3 y 9 localizadas a 1° norte y 2° sur respectivamente. La menor concentración de clorofila se registró en la E-7 con un valor de 0.03 mg/m<sup>3</sup> (Figura 7).

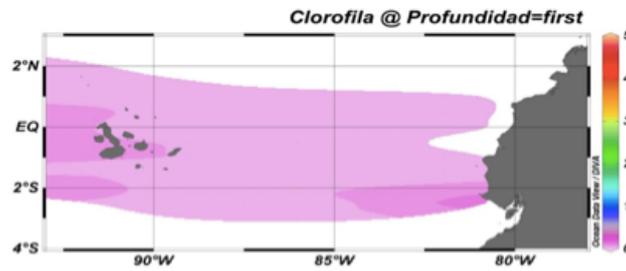


FIGURA 7  
Distribución superficial de Clorofila a, durante el C0-1-2015.

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se registraron aguas ligeramente productivas de clorofila, a los 75 m de profundidad correspondiente a la E-1, con 0.19 mg/m<sup>3</sup> y localizada a 3°sur.

La menor concentración de biomasa clorofílica se encontró a los 30 m de profundidad E- 9, con 0.02 mg/m<sup>3</sup>, (Figura 8).

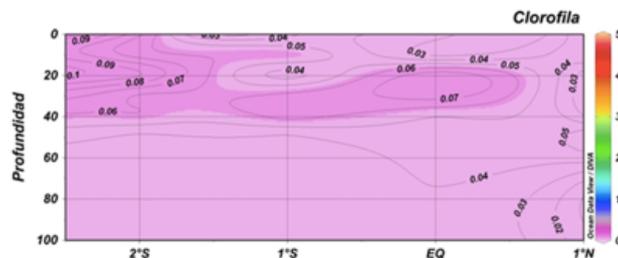


FIGURA 8  
Distribución subsuperficial de Clorofila a, durante el C0-1-2015, Sección 82°W.

Sección 86°W: Distribución superficial de Clorofila a.

En la capa superficial se registraron aguas de baja productividad de clorofila con 0.05 mg/m<sup>3</sup> correspondiente a la E-17 localizada a 2°sur (Figura 7).

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de baja productividad de clorofila con rangos entre 0.07-0.08 mg/m<sup>3</sup> localizadas en la E-15, en los niveles de 30-40 m de profundidad, siendo la menor concentración de clorofila en la estación 11 con 0.02 mg/m<sup>3</sup> a los 10 metros de profundidad (Figura 9).

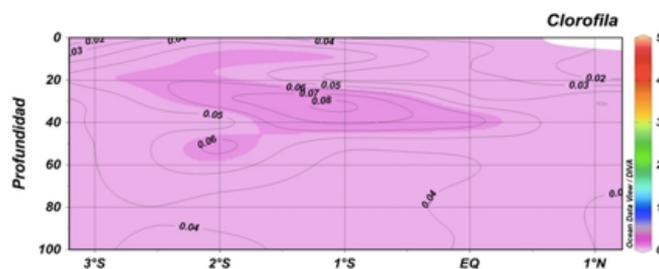


FIGURA 9  
Distribución subsuperficial de Clorofila a de la Sección 86° W, durante el C0-1-2015.

Sección 89°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de baja productividad de clorofila con 0.05 mg/m<sup>3</sup> correspondiente a la E-23 a 1°sur (Figura 7).

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se encontraron aguas de baja productividad de clorofila con rangos entre 0.07-0.08 mg/m<sup>3</sup> localizadas a 1°sur E-23 en los niveles de 20-30 m de profundidad, siendo la menor concentración de clorofila en la estación 21 con 0.03mg/m<sup>3</sup> a los 30 metros de profundidad (Figura 10).

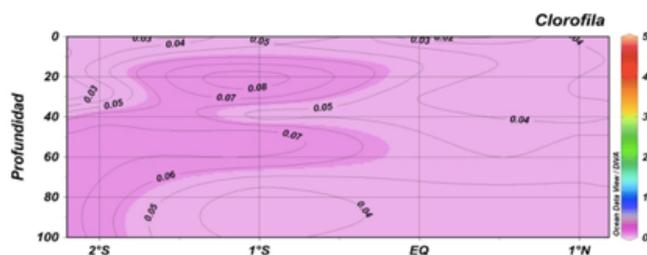


FIGURA 10

Distribución subsuperficial de Clorofila a de la Sección 89° W, durante el C0-1-2015.

Sección 92° W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registró aguas de baja productividad de clorofila a, con 0.08 mg/m<sup>3</sup> localizado a 2°sur en la E-25. La menor concentración de clorofila se registró en la E-33 con un valor de 0.02 mg/m<sup>3</sup> (Figura 7). Estas bajas concentraciones de clorofila se deben a la presencia de elevadas temperaturas superior a 27° C y anomalías positivas 2.4° C reportadas en el índice ONI (Tabla. 1).

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se presentaron aguas de baja productividad de clorofila con rangos entre 0.08-0.09 mg/m<sup>3</sup> localizados a 0°sur y 2°sur en la E-29 y 25 a los 10 y 30 m de profundidad respectivamente.

La menor concentración de biomasa clorofílica se encontró en la estación 33 a los 30 m de profundidad con 0.02 mg/m<sup>3</sup> (Figura 11). Las condiciones físicas no favorecieron la presencia del afloramiento ecuatorial al oeste de las islas Galápagos, condiciones biológicas que se vieron afectadas por la presencia del evento El Niño 2015-2016, lo que confirma que la clorofila es un buen indicador biológico para evaluar las condiciones oceanográficas y su relación con los aspectos físicos.

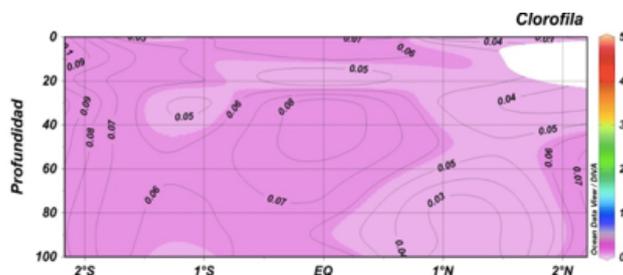


FIGURA 11

Distribución subsuperficial de Clorofila a de la Sección 92° W, durante el C0-1-2015.

Crucero CO-1-2016:

Sección 82°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas de alta productividad de clorofila a, entre 1.58-2.01 mg/m<sup>3</sup> correspondientes a las E-1 y 3 respectivamente.

La menor concentración de clorofila se registró en la E-9 con 0.22 mg/m<sup>3</sup> (Figura 12).

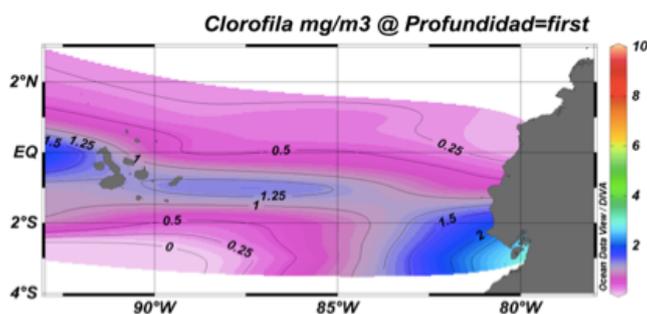


FIGURA 12  
Distribución superficial de Clorofila a durante el C0-1-2016, Sección 82°W.

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se presentaron altas concentraciones de clorofila con rangos entre 1.61-1.76-2.18 mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-1 y 3, desde los 10 hasta los 30 metros de profundidad.

Las menores concentraciones de biomasa clorofílica se encontraron en las E- 7 y 9, con valores entre 0.17-0.21 mg/m<sup>3</sup>, (Figura 13).

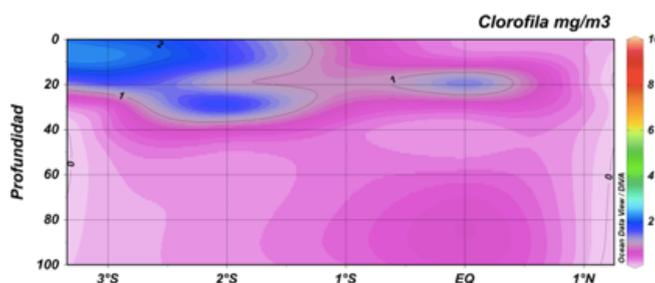


FIGURA 13  
Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-1-2016, Sección 82°W.

Sección 86°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registraron aguas productivas con valores entre 0.64-1.41 mg/m<sup>3</sup> correspondientes a las E-13 y 15 respectivamente, (Figura 12).

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se encontraron altos núcleos de clorofila con rangos entre 2.55-2.96 mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-17 y 19, en los niveles de 20-30m de profundidad siendo considerada esta sección la de mayor productividad primaria, (Figura 14).

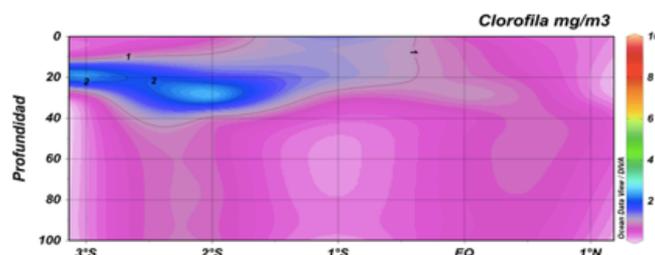


FIGURA 14  
Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-1-2016, Sección 86°W.

Sección 89°W: Distribución superficial de Clorofila a.

Se registró aguas de alta productividad con un núcleo de 1.35 mg/m<sup>3</sup> localizado en la E-23, (Figura 12).

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se registraron núcleos de clorofila con rangos entre 1.23-1.24-2.89 mg/m<sup>3</sup> localizados en la E-23 en los niveles de 10-20 y 30 m de profundidad, (Figura 15).

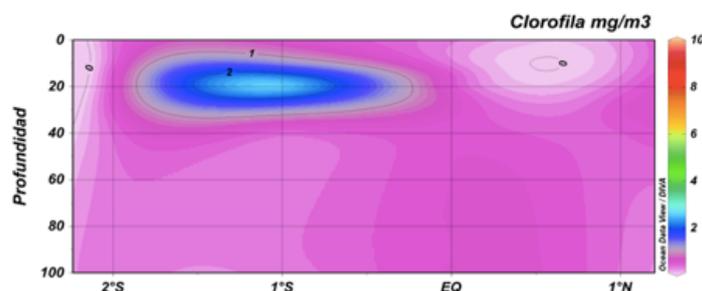


FIGURA 15  
Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-1-2016, Sección 89°W.

Sección 92° W: Distribución superficial de Clorofila a.

En la capa superficial se registraron aguas productivas de clorofila a, con 1.09-1.59 mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-27 y 29.

La menor concentración de clorofila se registró en la E-33 con 0.26 mg/m<sup>3</sup>, (Figura 12).

Distribución subsuperficial de Clorofila a.

Se presentaron tres núcleos de clorofila con rangos entre 1.01-1.22-1.33 mg/m<sup>3</sup> localizados en las E-27 y 29, desde los 10 hasta los a los 30 metros de profundidad, caracterizando un área de afloramiento de características débil, a pesar de la presencia de condiciones de anomalías negativas, registradas en el índice ONI.

La menor concentración de biomasa clorofílica se encontró en la E-33, con rangos entre 0.35-0.37 mg/m<sup>3</sup>, (Figura 16).

Las condiciones del Índice ONI en agosto y septiembre 2016, presentaron anomalías de -0.5° C y -0.6° C respectivamente en la región El Niño 3.4. De tal manera se inició un evento de la fase fría de La Niña para finales de 2016, (Tabla 1).

De acuerdo a la relación de la clorofila con las variables químicas, mostró que en las zonas de afloramiento ubicadas al oeste de las islas Galápagos (1°S -92°W) las mayores concentraciones de clorofila durante el crucero 2014, los elementos de fosfatos y silicatos favorecen núcleos de alta fertilidad marina, asociado a temperatura cercanas a lo normal.

En tanto que las concentraciones de clorofila a fueron menores en 1 mg/m<sup>3</sup> durante el crucero 2015 y con incremento de la productividad durante el siguiente crucero de 2016.

Estas bajas concentraciones de clorofila están relacionada a las condiciones de anomalía registradas en el 2015, y una menor disponibilidad de los nutrientes en este caso de Silicatos y Fosfatos (Figura.17)

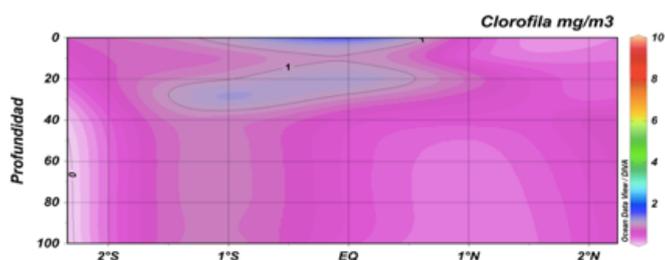


FIGURA 16  
Distribución subsuperficial de Clorofila a durante el C0-1-2016.

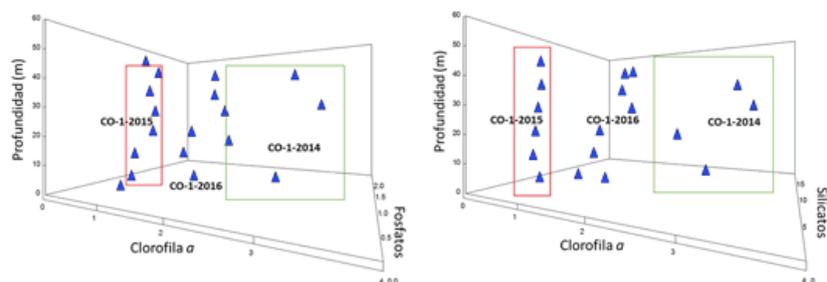


FIGURA 17

Relación de la clorofila a con las variables Fosfatos y Silicatos durante los cruceros oceanográficos de 2014, 2015 y 2016 al oeste de las islas Galápagos.

## DISCUSIÓN

Se realizó una recopilación de la información en ésta área del mar ecuatoriano.

Según Jiménez (1978), destaca que los valores de clorofila a superior a 5.50 mg/m. de clorofila registrados al oeste de las islas Galápagos en áreas de alta productividad clorofílica obedecen a procesos de surgencias o afloramientos.

Guillén y Calienes (1978), han demostrado que la intensidad de los afloramientos costeros varía de acuerdo a la posición geográfica y estación del año y se identifican por medio de la distribución latitudinal de la temperatura.

Cullen, Reid y Stewart (1982), consideran a la clorofila como un indicador de biomasa fitoplanctónica, utilizada para definir zonas potencialmente productivas, y de acuerdo los valores registrados de clorofila en los años 2014 y 2016 al oeste de las islas Galápagos demuestran que la mayor concentración de clorofila fue mayor en el 2014 en comparación al 2015 y 2016.

Tapia y Torres (2000), en un estudio efectuado alrededor de las bahías en las islas Galápagos registraron que la biomasa en peso de Clorofila fue de 0.56 mg/m. es decir una relación de 1:1, con excepción en el área de afloramiento en Isabela que fue 1:3 (1.54 mg/m.: 5405123 cél/l).

Tapia y Naranjo (2005-2006), registraron en las islas Galápagos que la concentración de la biomasa de clorofila se presentó mayor a 1° norte de la sección 90°W y a 0° índice que

fue disminuyendo progresivamente hacía el sur, con rangos que se encuentran dentro de una categoría de baja productividad primaria.

Naranjo y Tapia (2007), reportaron en un estudio efectuado en la isla Baltra una elevada productividad primaria con rangos entre 1.40-1.88 mg/m., en la capa superficial.

Tapia y Naranjo (2012), registraron que las mayores biomásas de clorofila se observaron en la sección 92° W localizados a 1.5 y 2.5° W sur desde el estrato superficial hasta los 20 m, registrándose parches de alta productividad primaria.

## CONCLUSIONES

Durante el Crucero CO-1-2014 se registraron núcleos de elevada clorofila en la columna de agua desde los 0 hasta los 30 m de profundidad ubicado a 1° sur de la sección 89° W y el otro núcleo de alta productividad clorofílica se observó a 1° sur de la sección 92°W hasta los 30 m, esta alta productividad está asociada principalmente a la Corriente de Cromwell que se presenta al oeste de las islas Galápagos.

El afloramiento al oeste de la isla Isabela en la sección 92°W se presentó con gran intensidad, registrando valores altos de nitrato, fosfato y silicato producto del afloramiento de la Corriente de Cromwell, la misma que fluye hacia el este extendiéndose a todo lo largo del Ecuador.

Durante el crucero del 2016 se observó a nivel superficial de la sección 82°W un núcleo de clorofila. A nivel subsuperficial se determinaron núcleos de clorofila hasta los 30 m de profundidad ubicado a 2° sur de la sección 86° W y el otro núcleo de alta productividad clorofílica se observó a los 1° sur de la sección 89°W hasta los 30 m, esta alta productividad está asociada principalmente a la presencia bien marcada del Frente Ecuatorial que se presenta hasta el oeste de las islas Galápagos.

Con respecto a la distribución superficial del fitoplancton, las mayores concentraciones celulares se localizaron al sur del Frente Ecuatorial, decreciendo las concentraciones fitoplanctónicas hacia el noreste.

#### Reconocimientos

Especial agradecimiento a los Directivos del INOCAR por el apoyo brindado y a los Drs. Adriana González docente de la Universidad Autónoma de Baja California, Manuel Cruz docente Emérito de la Universidad de Guayaquil y Luis Troccoli docente de la Universidad Península de Santa Elena por las valiosas sugerencias vertidas al documento. A la Lcda. Alicia Álvarez por facilitarnos la bibliografía especializada.

#### REFERENCIAS

- Guillén O., y Calienes R, 1978. Productividad y Afloramiento frente a las aguas costeras peruanas. Boletín volumen extraordinario. Instituto del Mar del Perú: 130-142. Instituto Nacional Galápagos. 1997. Plan Regional para la Conservación y el desarrollo sustentable de Galápagos: 1-154.
- Jiménez R., 1976. El fitoplancton como posible indicador del afloramiento originado por la subcorriente ecuatorial (Corriente de Cromwell), al oeste de las islas Galápagos-Ecuador.
- Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton, INOCAR: 25-68 King C., 1966. Oceanography: An Introduction. University of Nottingham. Chapter 8: 264-272.
- Kirk J., 1994. Ecological strategies. In Light and Photosynthesis in aquatic ecosystems. J. Kirk 2nd ed: 361-431.
- Naranjo C., & M. Tapia. 2007. Composición del plancton en la bahía Abolían de la isla Baltra, islas Galápagos durante marzo de 2005. Acta Oceanográfica del Pacífico, 2003-2004 Vol. 14 (1): 49-56.
- Pak, H. And J.R. Zaneveld, 1974. Equatorial Front in the Eastern Pacific Ocean. J. Phys. Oceanogr., Vol.4:570-578.
- Robledo, D. & Y. Freile. 2014. Bioindicadores y guardianes de nuestro futuro ambiental. México. I Edición.
- SCOR UNESCO Working group 17, 1966. Determination of photosynthetic pigments in the sea-water. Monographs on oceanographic methodology, 1, UNESCO: 9-18.
- Tapia M., y Torres G, 2000. Variabilidad fitoplanctónica en 5 Bahías, islas Galápagos (Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 10. No.1: 151-159.
- Tapia M., & C. Naranjo. 2005-2006. Plancton alrededor de las islas Galápagos, durante el crucero oceanográfico efectuado en mayo de 2004. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 13 (1): 137-168.
- Tapia M., 2006. Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatorial y su interrelación con el evento "La Niña 1999-2000". Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 14 (1): 37-48.
- Tapia M., & C. Naranjo. 2012. Aspectos Oceanográficos del Plancton y su relación con el Frente Ecuatorial durante septiembre de 2011. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 17(1): 67-91.
- UNESCO, 1966. Methodology for oceanic CO2 measurements. Final Report of SCOR Working Group 75 Woods Hole, U.S.A. October 1988. UNESCO Technical papers in Marine Science.
- Wooster, W., 1969. Equatorial front between Peru and Galapagos. Deep. Sea Res. Supl. Vol 16: 407:419.