

# CONDICIONES HIDROQUÍMICAS EN MAR ABIERTO Y BAHÍAS COSTERAS FRENTE A HUACHO

## HYDROCHEMICAL CONDITIONS IN THE OPEN SEA AND COASTAL BAYS OFF HUACHO

Georgina Flores<sup>1</sup>Michelle Graco<sup>1</sup>Edwin Pinto<sup>1</sup>

### RESUMEN

FLORES, G., GRACO, M. y PINTO, E. (2023). *Condiciones hidroquímicas en mar abierto y bahías costeras frente a Huacho. Inf Inst Mar Perú, 50(2), 199-213.*- Se realizó la recopilación de información de variables químicas frente a Huacho, incluyendo tres muestreos, el primero entre el 10 y 15 de octubre 2014, el segundo entre el 16 y 20 abril 2015, con cobertura variable de 5 a 7 mn, y el tercero entre el 22 noviembre y el 1 diciembre 2018, hasta 35 mn de la costa. La información de las bahías de Huacho, Carquín y Végueta no es regular, hay años sin monitoreos. Los estudios realizados en 2014 y 2015, entre 5 y 35 mn de la costa, indican condiciones dentro de rangos normales sin altos o bajos contenidos de nutrientes en las bahías estudiadas (<1 o >3,5  $\mu\text{M}$  de fosfatos, >30  $\mu\text{M}$  de silicatos, <5 o >25  $\mu\text{M}$  de nitratos), por influencia de procesos de afloramiento costero, actividad fotosintética, producción biológica, remineralización de nutrientes y desnitrificación. Los análisis de nutrientes (fosfatos, silicatos y nitratos) y de salinidad, indicadores de masas de agua, encontrados en las bahías de Huacho, Carquín y Végueta en 2018 sugieren que existe un constante aporte antrópico que se ha evidenciado con incrementos de nutrientes a través del tiempo de 1995 al 2018 en Huacho, del 2002 al 2017 en Carquín y del 2011 al 2015 en Végueta.

PALABRAS CLAVE: oxígeno disuelto, nutrientes, bahías

### ABSTRACT

FLORES, G., GRACO, M., and PINTO, E. (2023). *Hydrochemical conditions in the open sea and coastal bays off Huacho. Inf Inst Mar Perú, 50(2), 199-213.*- Chemical variables data were collected along the Huacho coastline through three sampling campaigns: the first one took place from October 10 to 15, 2014; the second from April 16 to 20, 2015, with a variable coverage of 5 to 7 nm; and the third from November 22 to December 1, 2018, extending up to 35 nm offshore. The monitoring of Huacho, Carquín, and Végueta bays has been irregular, with some years lacking data collection. Based on studies conducted in 2014 and 2015, within a range of 5 to 35 nm offshore, the conditions in the studied bays indicate that nutrient contents fall within normal ranges. The nutrient concentrations, including phosphates (<1 or >3.5  $\mu\text{M}$ ), silicates (>30  $\mu\text{M}$ ), and nitrates (<5 or >25  $\mu\text{M}$ ), are influenced by coastal upwelling processes, photosynthetic activity, biological production, nutrient remineralization, and denitrification. Analysis of nutrients (phosphates, silicates, and nitrates) and salinity, which serve as indicators of water masses, conducted in the Huacho, Carquín, and Végueta bays in 2018, suggests a consistent anthropogenic contribution. This contribution is evident from the observed increase in nutrient levels over time: from 1995 to 2018 in Huacho, from 2002 to 2017 in Carquín, and from 2011 to 2015 in Végueta.

KEYWORDS: dissolved oxygen, nutrients, bays

## 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios en el área de Huacho (Punta Végueta y Punta San Juan) se iniciaron en octubre 2014 y se continuó en abril 2015. El estudio realizado como Línea de Base (LB) en el área piloto de Huacho, entre noviembre y diciembre 2018, con gran amplitud en el diseño del muestreo 11,02°S – 11,50°S (Punta Végueta - Playa Grande) hasta 35 millas de la costa, permitió observar los procesos hidroquímicos que ocurren en la zona costera y oceánica, y fue elaborado en el marco del proyecto: “Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en el Ecosistema Marino Costero del Perú y sus Pesquerías”, Componente 2: “Desarrollo de un sistema de vigilancia y predicción ambiental moder-

no y eficiente en los ecosistemas marino costeros a escala regional y local que apoya la gestión de la pesca adaptativa bajo los principios del EEP”, Actividad 2.1.2: “Establecimiento de programas de vigilancia del ambiente marino en sitios piloto en coordinación con los actores locales”. Además, este estudio forma parte del Objetivo Específico del IMARPE: “Impacto de los Cambios Climáticos en los ecosistemas marinos frente al Perú: vulnerabilidad, riesgo, modelado y adaptación” en el que está involucrada la Dirección General de Investigaciones y Cambio Climático (DGIOCC). El Laboratorio Costero de Huacho realiza monitoreos permanentes en las bahías de Végueta, Huacho y Carquín, mediante los cuales se aprecia el impacto de los cambios en el ambiente marino.

<sup>1</sup> IMARPE, DGIOCC, gflores@imarpe.gob.pe

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de los parámetros hidroquímicos desde la zona costera hasta la oceánica para conocer la distribución del oxígeno, nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos), pH y clorofila-a en el área de 11,02°S – 11,50°S frente a Huacho, en la cual se encuentran las bahías de Végueta, Carquín y Huacho (Fig. 1).

La información obtenida corresponde principalmente a dos muestreos que se ejecutaron en octubre del 2014 y abril 2015 en la L/P “Don Jacinto” que cubrió el área de 11,02° a 11,27°S (Punta Végueta y Playa La Arenilla) hasta 7 mn, aproximadamente. Posteriormente, entre el 22 noviembre y 1 de diciembre 2018, se efectuó el Estudio de Línea de Base en Huacho, usando el EC/IMARPE IV, cubriendo el área comprendida entre 11,02° y 11,42°S (Punta Végueta y Playa Grande). Muestreo que tuvo una cobertura más amplia respecto a los dos muestreos anteriores, alcanzando hasta 35 mn, aproximadamente, realizándose 73 estaciones entre superficiales e hidrográficas. El Laboratorio Costero de Huacho mantiene monitoreos permanentes en las bahías de Végueta, Carquín y Huacho.

Los muestreos de agua para la determinación de oxígeno disuelto, clorofila-a, pH y nutrientes se realizaron con baldes y botellas Niskin. El oxígeno disuelto se determinó de acuerdo a CARRIT & CARPENTER (1966) y los nutrientes se analizaron

según el método de STRICKLAND & PARSON (1972). Las determinaciones de clorofila-a se realizaron según el método fluorométrico de YENTSCH & MENZEL (1963) y HOLM-HANSEN *et al.* (1965), para el pH se utilizó un potenciómetro marca *Thermo Scientific*. Para la elaboración de los gráficos se utilizó el programa Surfer 15.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### PRIMER MONITOREO: 10 - 15 OCTUBRE 2014

#### Características hidroquímicas en superficie y fondo

La distribución de oxígeno en la superficie del mar mostró concentraciones mayores a 5 mL/L al norte de playa Carquín y en un pequeño núcleo al sur de playa Herradura; valores menores a 4 mL/L tuvieron gran amplitud al sur de playa Colorado, característica de las aguas de afloramiento. En toda el área de estudio las aguas fueron frías (temperaturas de 14,5 y 15 °C) y salinidad de 34,9 que son características de las aguas costeras frías (Fig. 2a).

En el nivel de fondo, la isoxígena de 1 mL/L se encontró paralela a la costa delimitando el área de mayor y menor concentración de oxígeno. Dentro de la zona costera las aguas estuvieron oxigenadas, encontrándose frente a Humedal Paraíso un máximo de 3 mL/L, predominando temperaturas de 13,5 y 14 °C (Fig. 2b).

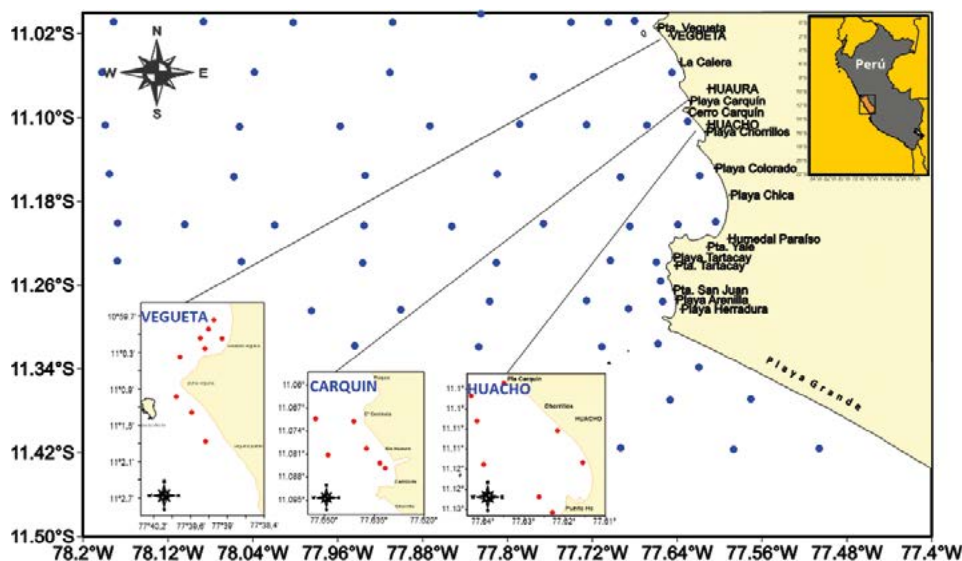


Figura 1.- Carta de Posiciones

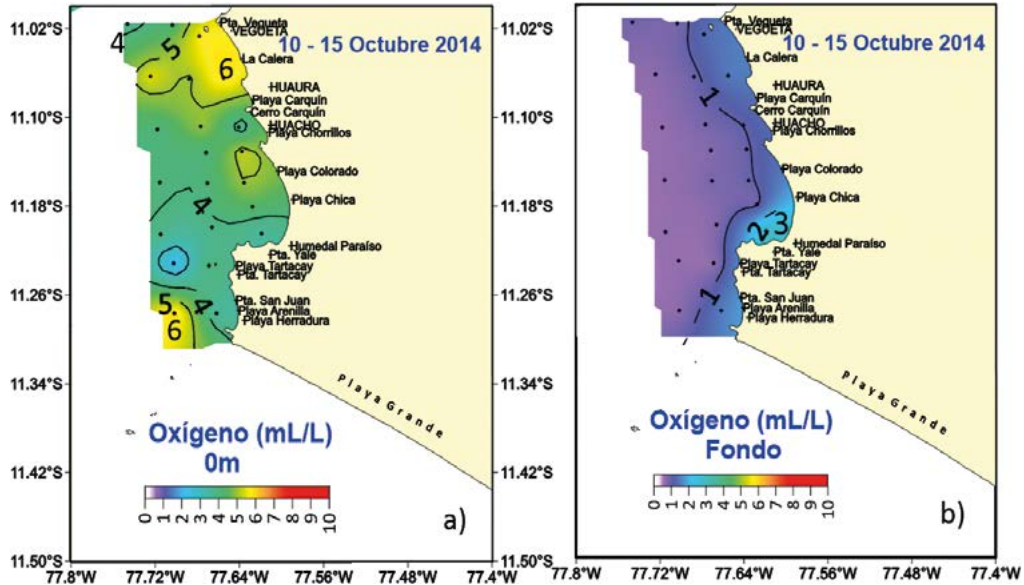


Figura 2.- Distribución de Oxígeno Disuelto: (a) Superficie del mar y (b) Fondo

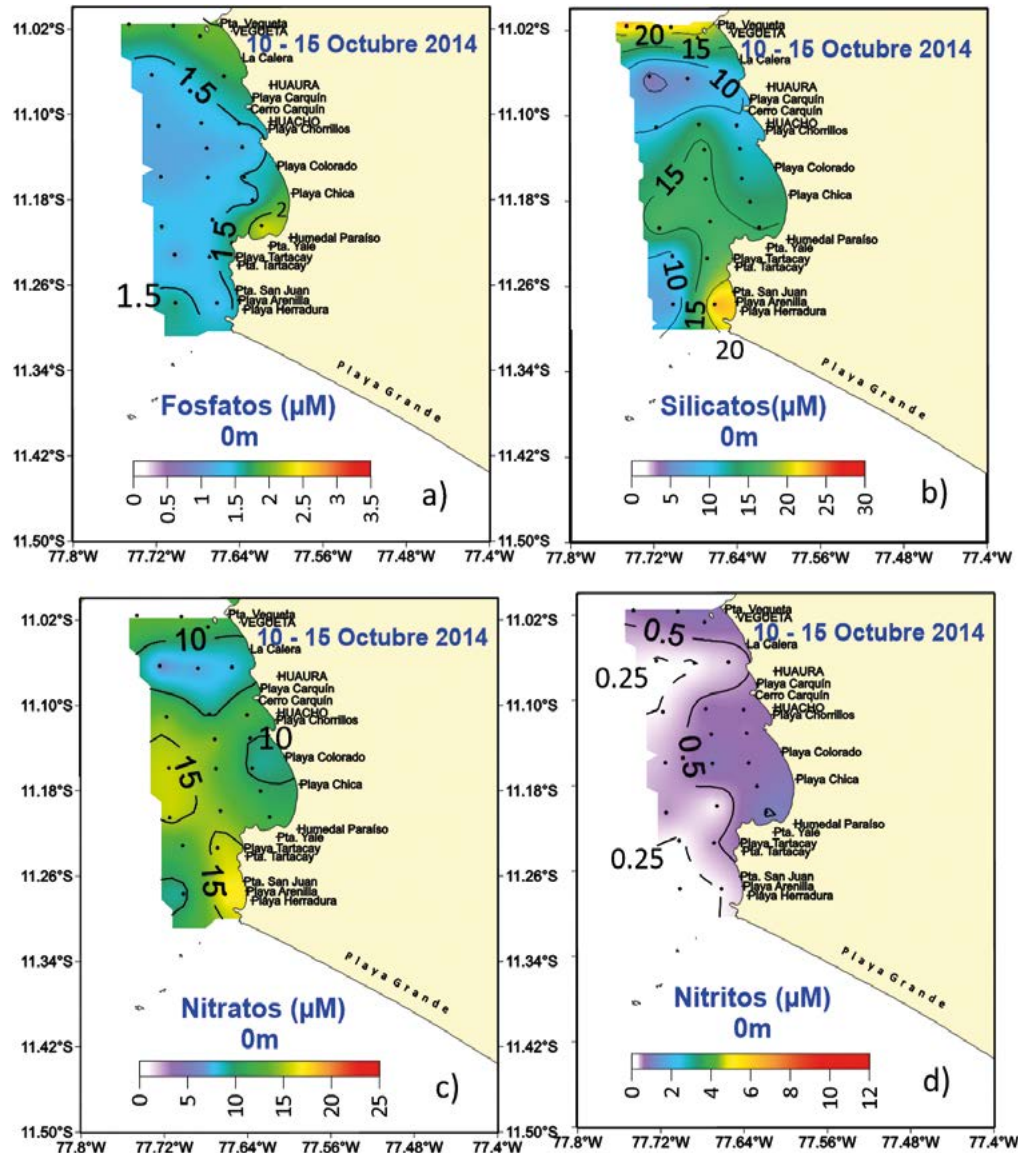


Figura 3.- Distribución superficial de nutrientes: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos, (d) Nitritos

En la superficie del mar, fosfatos ( $> 1,5 \mu\text{M}$ ), silicatos y nitratos ( $> 10 \mu\text{M}$ ) (Figs. 3a, 3b, 3c) mostraron altos contenidos, sin embargo, entre La Calera y cerro Carquín se encontraron concentraciones menores a  $10 \mu\text{M}$  de silicatos y nitratos, lo que estuvo asociado a los valores mayores de  $5 \text{ mL/L}$  de oxígeno, posiblemente debido al consumo de estos nutrientes por especies fitoplanctónicas. Respecto a los nitritos presentaron características dentro de los rangos normales (Fig. 3d).

En el nivel de fondo, los nutrientes se incrementaron respecto a la superficie (Fig. 4), principalmente los nitritos cuyos valores predominantes variaron entre  $1$  y  $3 \mu\text{M}$  en gran parte del área de estudio.

**SEGUNDO MONITOREO: 16 - 20 ABRIL 2015**

**Características hidroquímicas en superficie y fondo**

Las concentraciones de oxígeno en la superficie del mar mostraron una capa homogénea de gran amplitud entre La Calera y playa Arenilla donde predominaron valores menores a  $4 \text{ mL/L}$  debido a los procesos de afloramiento. Frente a Punta Végueta se encontró un núcleo de  $5 \text{ mL/L}$ , los valores de temperatura de  $16,89$  y  $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$  y salinidad de  $34,935$  y  $35,041$  evidenciaron la presencia de aguas costeras frías (Fig. 5a).

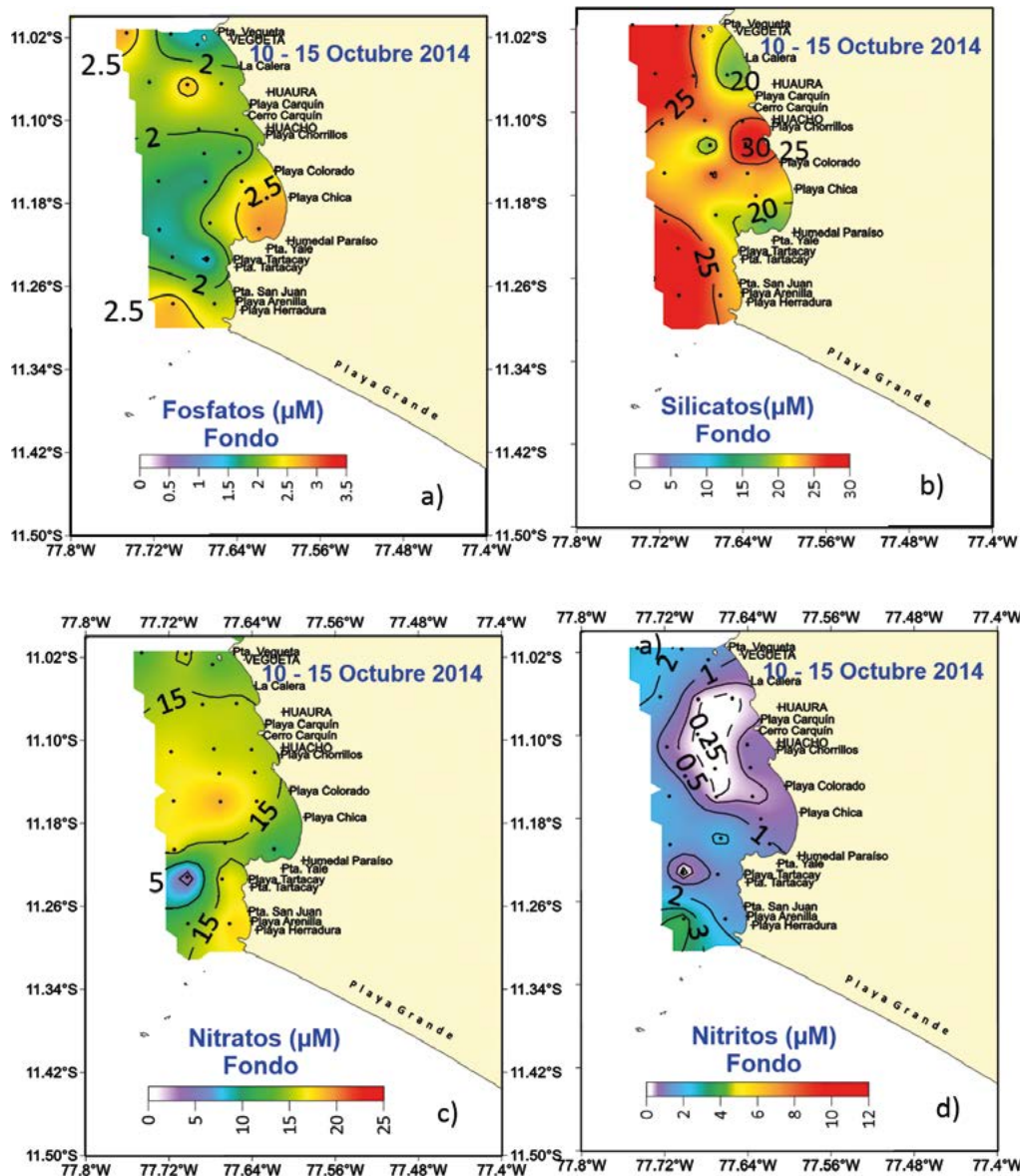


Figura 4.- Distribución en el nivel de fondo de nutrientes: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos y (d) Nitritos



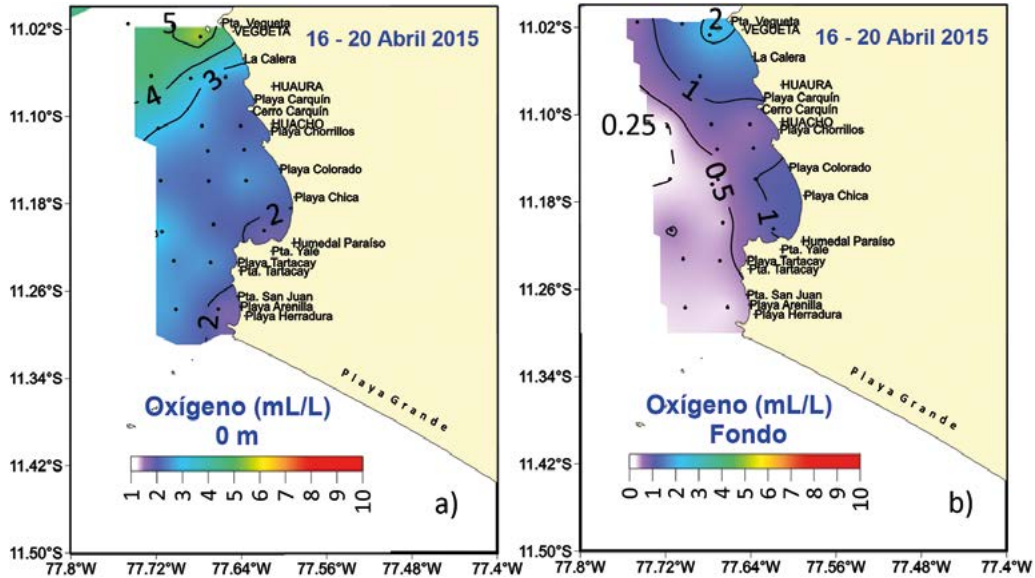


Figura 5.- Distribución de Oxígeno disuelto: (a) Superficie del mar, (b) en Fondo

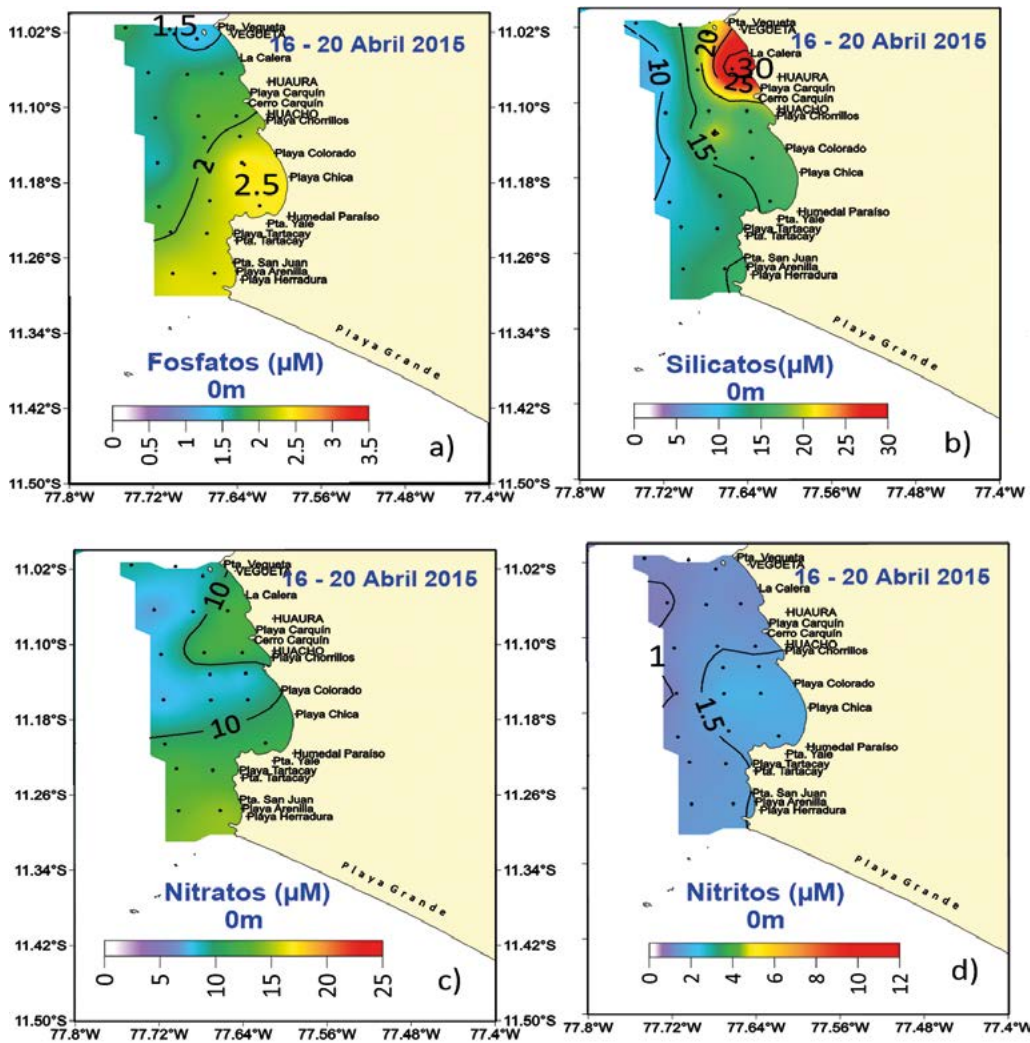


Figura 6.- Distribución superficial de Nutrientes: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos y (d) Nitritos

En el nivel de fondo, las aguas estuvieron bien oxigenadas, se hallaron valores de 1 y 2 mL/L en la zona costera, con mayor oxigenación al norte de playa Carquín (1-2 mL/L), mientras que las más bajas (< 1 mL/L) entre playa Carquín y Punta Tartacay, se registró un desplazamiento hacia la costa de la isoxígena de 0,5 mL/L (Fig. 5b).

Los nutrientes en superficie fueron altos (fosfatos > 1,5  $\mu\text{M}$  y silicatos > 10  $\mu\text{M}$ ), los fosfatos se distribuyeron en forma homogénea en gran parte del área, un pequeño núcleo de 1,5  $\mu\text{M}$  se localizó frente a Végueta (Fig. 6a). En cambio, los silicatos mostraron valores más altos de 20 a 30  $\mu\text{M}$  entre Végueta y Cerro Carquín (Fig. 6b). En los nitratos predominó la isolinéa de 10  $\mu\text{M}$  indicando buenas concentraciones, distribuyéndose en gran parte del área (Fig. 6c). Sin embargo, se observa consumo de nitratos (< 10  $\mu\text{M}$ ) que coincide con los bajos contenidos de oxígeno por degradación de la materia orgánica. Respecto a los nitritos se

encontraron isolinéas de 1 y 1,5  $\mu\text{M}$  con valores menores a 1  $\mu\text{M}$  (Fig. 6d).

En el nivel de fondo, los nutrientes tienden a incrementarse con la profundidad, dándose los grandes cambios en la capa de 0 a 50 m. El área de estudio se caracterizó por ser profunda (50 m) por fuera de 6 mn y al sur de playa Tartacay. Las concentraciones de fosfatos mayores a 2,5  $\mu\text{M}$  se encontró entre Cerro Carquín y Punta Yale un pequeño núcleo de 3  $\mu\text{M}$  se localizó frente a playa Colorado, valores de 2  $\mu\text{M}$  se hallaron frente a Végueta y al sur de Punta San Juan (Fig. 7a). En referencia a los silicatos hay un ingreso de aguas con altos contenidos (20  $\mu\text{M}$ ) hacia la costa asociado a la ZMO (Fig. 7b). Los nitratos mostraron dos áreas con altos contenidos (10  $\mu\text{M}$ ) una al norte y la otra hacia el sur, sin embargo, se puede observar gran consumo de nitratos (< 10  $\mu\text{M}$ ) de mayor amplitud con respecto a la superficie (Fig. 7c). Los nitritos fueron altos (1,0 – 2,5  $\mu\text{M}$ ) (Fig. 7d).

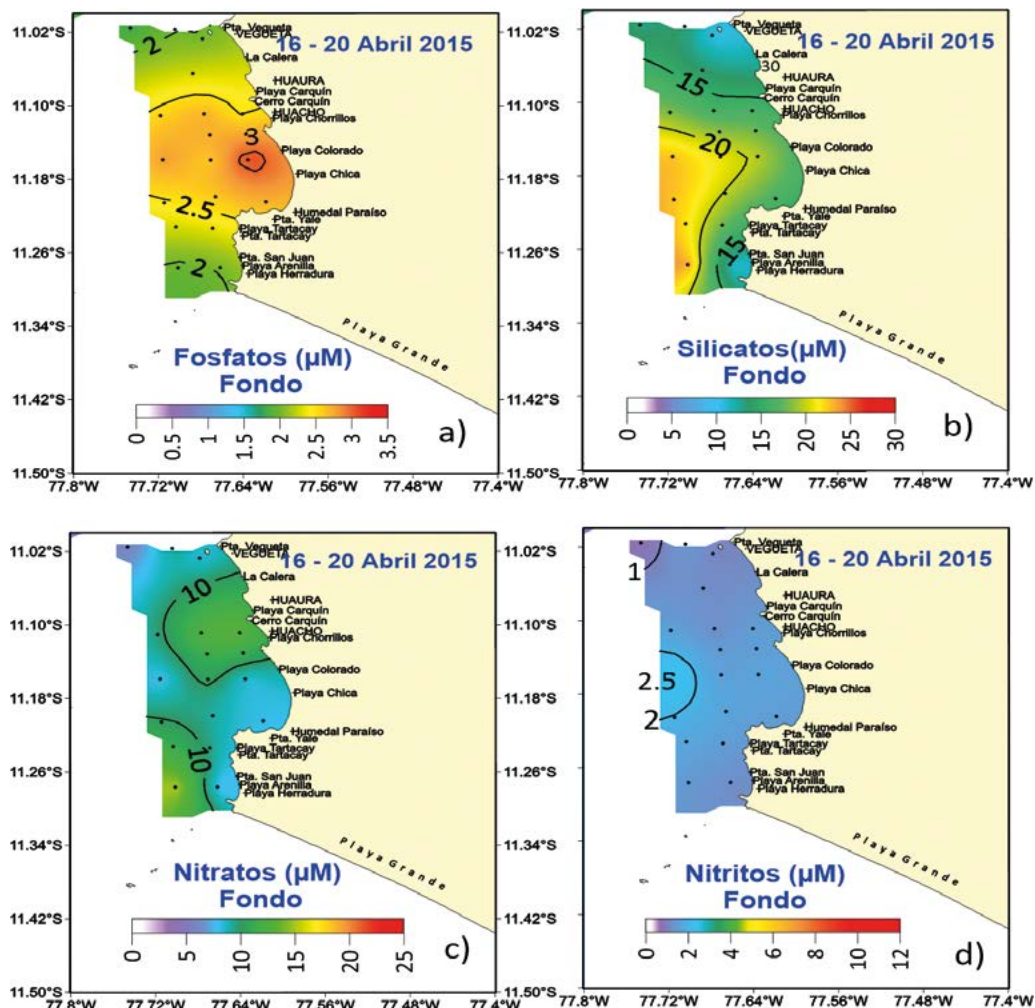


Figura 7.- Distribución en el nivel de fondo de nutrientes: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos y (d) Nitritos

**ESTUDIO DE LÍNEA DE BASE: 22 noviembre - 1 diciembre 2018**

**Características hidroquímicas**

**Distribución de las variables químicas en la superficie del mar**

Los valores menores a 5 mL/L de oxígeno se localizaron entre Pta. Végueta y Playa Herradura, con mínimo en la zona de Playa Chica, asociados a temperaturas menores a 17 °C indicando un activo afloramiento costero. Un núcleo de 7 mL/L se localizó frente a Pta. Végueta (15 mn) (Fig. 8a).

El potencial de Hidronio (pH) presentó distribución similar a la del oxígeno superficial, valores menores a 8,0 se presentaron en las áreas con menores concentraciones de oxígeno, mientras los valores mayores a 8,1 estuvieron en relación con altos valores de oxígeno, coincidiendo el máximo de pH (8,3) con el máximo de oxígeno (7,0 mL/L) (Fig. 8b).

La carta satelital MODIS-AQUA de octubre y noviembre (Fig. 9a, b) coincide con los altos valores de clorofila (*in situ*) para el área de Huacho. La clorofila-a presentó concentraciones entre 2,84 y 48,77 µg/L con promedio de 9,76 µg/L. En toda el área de estudio predominaron concentraciones mayores a 2 µg/L, la máxima concentración de clorofila (48,77 µg/L) se localizó en un núcleo frente a Végueta (Fig. 9c).

Respecto a los nutrientes, en gran parte del área de estudio se encontraron valores mayores 1 µM de fosfatos con máximos valores (>2 µM) en la

zona costera frente a playa Tartacay (0,5 mn) (Fig. 10a).

En referencia a los silicatos, la isolínea de 5 µM se encontró cercana a la costa y al igual que los fosfatos, máximas concentraciones se dieron frente a playa Tartacay (Fig. 10b).

La isolínea de 10 µM de nitratos delimitó el área de mayores concentraciones entre las playas Chorrillos y Grande, las menores de 5 µM predominaron por fuera de 10 y 20 mn (Fig. 10c).

La concentración de nitritos también fue alta en gran parte del área con valores de 1,0 y 1,5 µM asociado, al igual que en los otros nutrientes, con la celda de afloramiento presente en la zona de playa Tartacay y Pta. San Juan (Fig. 10d).

**Relación N/P**

La relación de Nitrógeno/Fósforo (N/P) en superficie mostró una capa homogénea entre Végueta y sur de playa Herradura con valores significativamente menores a la proporción dada por Redfield (N/P = 16: 1). Los valores menores a 5 estuvieron relacionados a bajas concentraciones de nitratos y nitritos, esta baja concentración de los nitratos se debió, posiblemente, al consumo por especies fitoplanctónicas por el alto contenido de oxígeno (7 mL/L), sin embargo, en el caso de los fosfatos hubo mucha disponibilidad, lo que resulta en un bajo N/P. En cambio, frente y al sur de playa Dorada, el efecto del afloramiento incrementó los nitratos (10 µM) resultando en valores de N/P (Fig. 11).

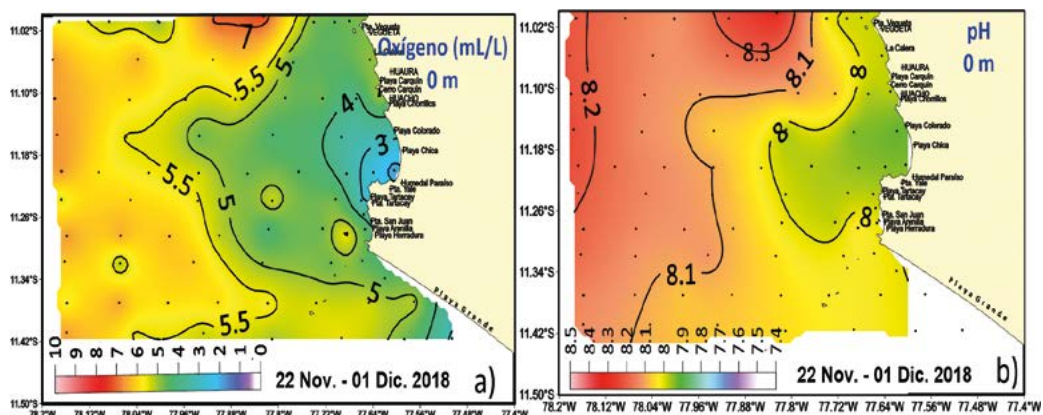


Figura 8.- Distribución superficial de: (a) Oxígeno Disuelto y (b) pH



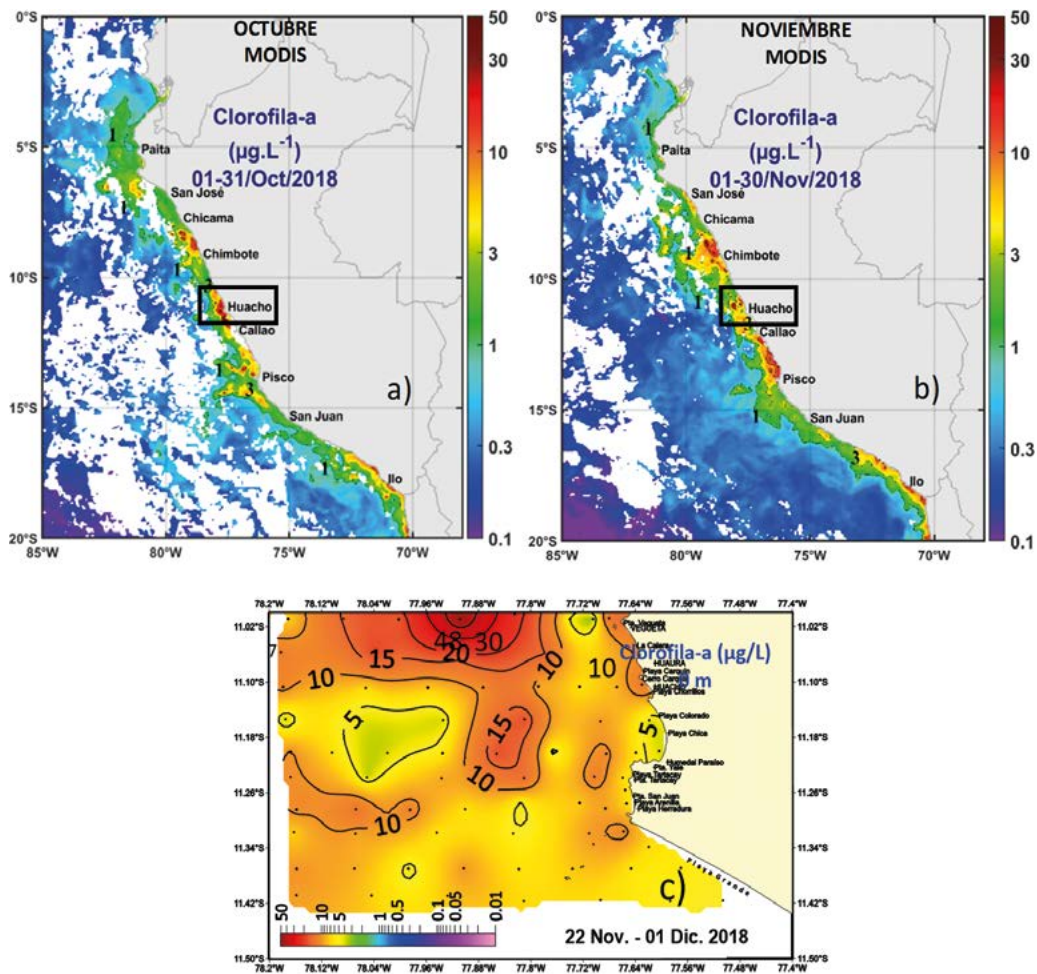


Figura 9.- Clorofila-a, promedio mensual del satélite MODIS-AQUA, resolución de 4 km: (a) octubre 2018, (b) noviembre 2018; (c) in situ distribución superficial

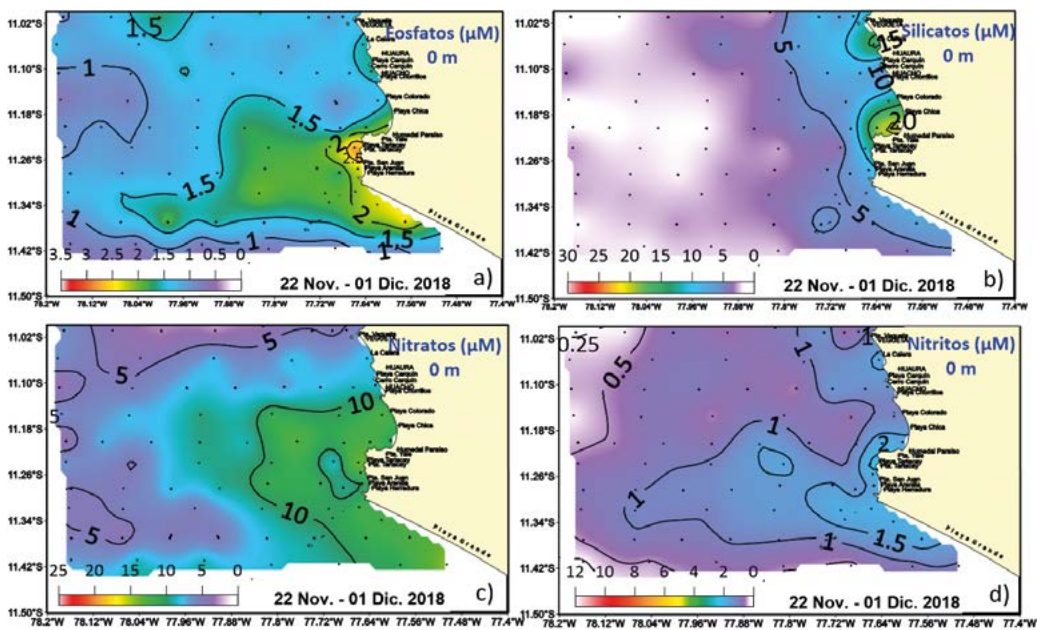


Figura 10.- Distribución superficial de nutrientes: (a) fosfatos, (b) silicatos, (c) nitratos, (d) nitritos



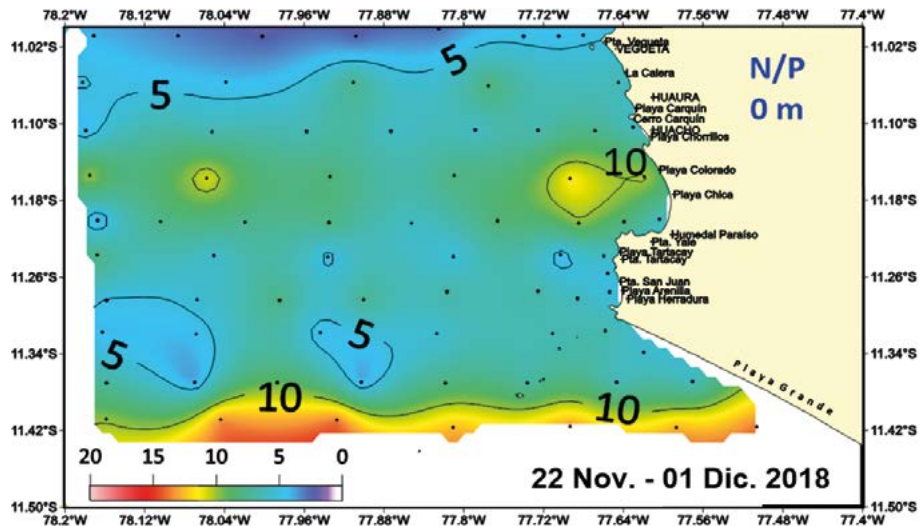


Figura 11.- Distribución Superficial de N/P

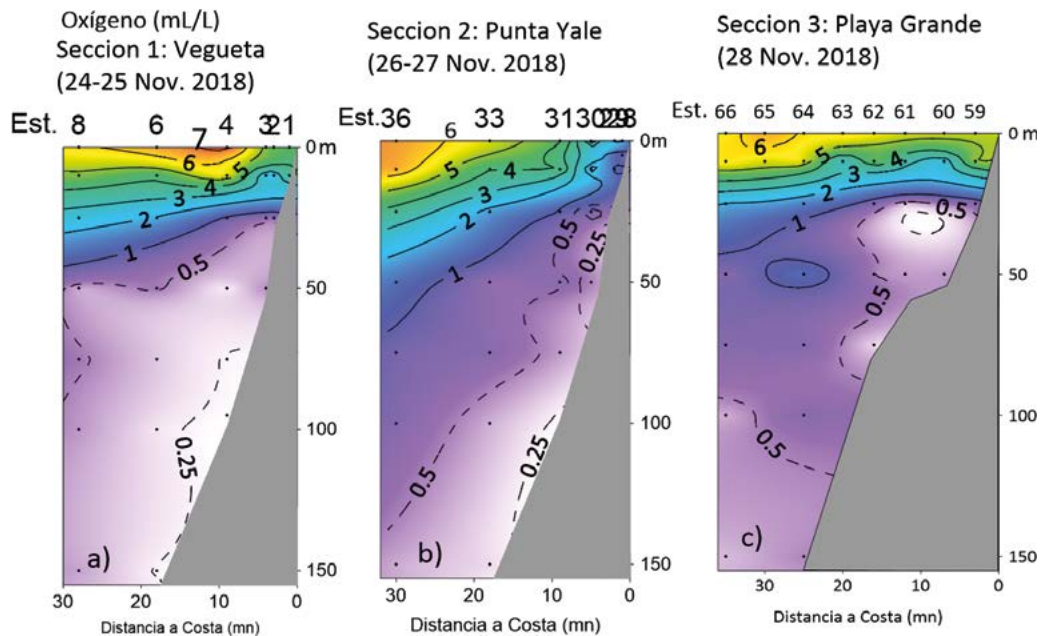


Figura 12.- Distribución vertical de oxígeno: (a) Végueta, (b) Punta Yale, (c) Playa Grande

**Distribución de las variables químicas del mar oxígeno y nutrientes en las secciones verticales**

**Sección 1: Végueta.** Por fuera de 8-10 mn y entre 0 y 10 m, se presentaron concentraciones de oxígeno mayores a 5 mL/L mientras que por dentro los valores fueron menores. Entre 10 y 40 m se halló la oxiclina con el gradiente 1-4 mL/L. La base de la oxiclina, se presentó en la costa aproximadamente a 25 m y a 30 mn hacia los 40 m. La mínima de oxígeno (<0,5 mL/L) se ubicó entre 25 y 50 m alcanzando incluso en la parte oceánica los 90 m de profundidad (Fig. 12a).

**Sección 2: Punta Yale.** La distribución vertical del oxígeno disuelto indicó un patrón similar al de Végueta con valores mayores hacia afuera (> 20 mn), alcanzando en la parte costera concentraciones de aproximadamente 2 mL/L. Un núcleo de 6 mL/L se localizó a 25 mn. La oxiclina formada por 5 isoxígenas (1 – 5) se presentó por fuera de las 10 mn. La mínima de oxígeno (< 0,5 mL/L) se ubicó desde los primeros metros en la costa profundizándose hasta alcanzar más de 100 m en la parte más oceánica (Fig. 12b).

**Sección 3: Playa Grande.** La distribución de oxígeno superficial no presentó cambios significativos entre la parte costera y mar afuera con un pequeño núcleo de 6 mL/L a 30 mn. Se presentó una oxiclina por encima de 25 m formada por 5 isoxígenas (1-5 mL/L) más superficial respecto a las secciones de Végueta y Pta. Yale. La mínima de oxígeno se distribuyó bordeando el zócalo y por debajo de 130 m (Fig. 12c).

**Sección 1: Végueta.** Los nutrientes se presentan en la Fig. 7. Las concentraciones de fosfatos se incrementaron con la profundidad y sobre la plataforma. A 25 mn se localizó un pequeño núcleo con valores menores a 1  $\mu\text{M}$  el

cual estuvo asociado a la presencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Por debajo de 50 m se presentó una capa homogénea (Fig. 13a). Los silicatos y nitratos presentaron concentraciones menores a 5  $\mu\text{M}$  en la capa superficial por fuera de las 5 millas entre 0 y 25 m (Fig. 13b, c).

En el caso de silicatos, se observa su incrementó en profundidad y sobre la plataforma, mientras que los nitratos disminuyen hacia la plataforma y se incrementan en profundidad y aguas afuera. Respecto a los nitritos dentro de las 20 mn predominaron concentraciones de 1 y 3  $\mu\text{M}$  con valores más altos frente al zócalo continental (Fig. 13d).

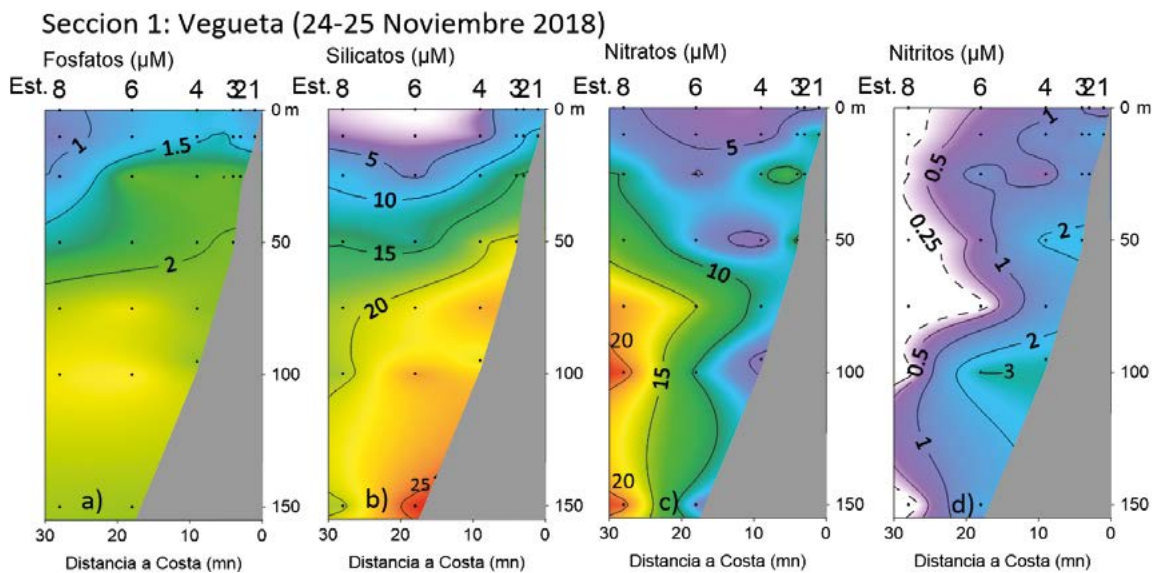


Figura 13.- Distribución vertical de: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos, (d) Nitritos

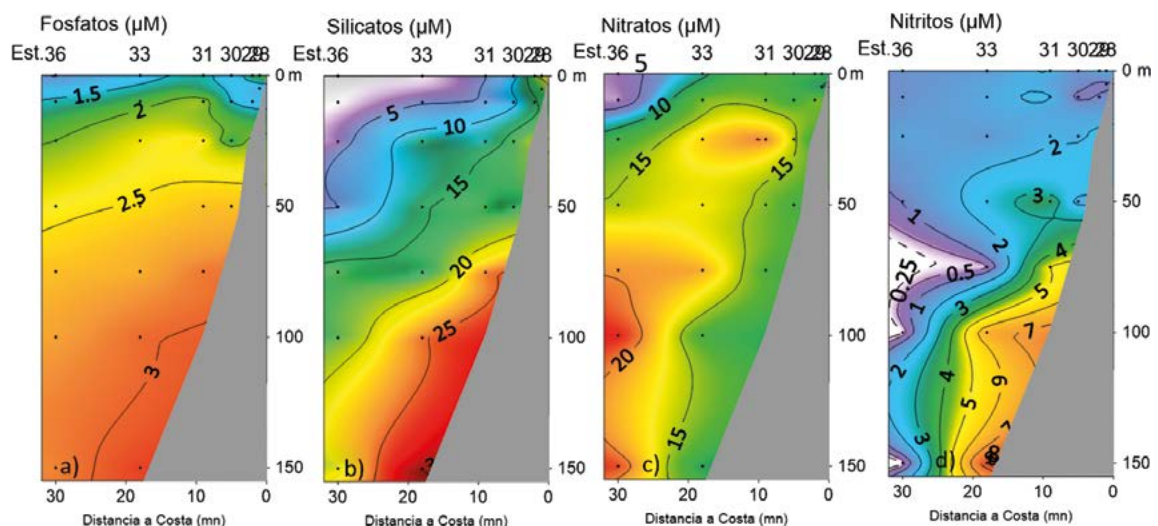


Figura 14.- Distribución vertical de: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos, (d) Nitritos

**Sección 2: Punta Yale.** La distribución de nutrientes al igual que en Végueta, presenta el efecto de un afloramiento costero por dentro de las 10 mn. En el caso de los silicatos por fuera de las 10 mn presentan las menores concentraciones (< 5  $\mu\text{M}$ ), a diferencia de los nitratos que presentan disminución por fuera de las 20 mn. Cierta disminución de nitratos e incremento de nitritos asociados a la plataforma con el máximo de 8  $\mu\text{M}$  cerca al zócalo continental y a 150 m de profundidad, indican intensos procesos de remineralización, deficiencia en oxígeno y consumo de nitratos (Fig. 14).

**Sección 3: Playa Grande.** La distribución de nutrientes en la columna de agua se caracterizó por presentar en superficie bajos contenidos de silicatos y nitratos (Fig. 15b, c) en una capa variable de 0 a 10 m, que en el caso de fosfatos se presentó por fuera de las 25 mn (Fig. 15a). Dentro de las 15 mn se encontraron los valores más altos asociados a temperaturas menores a 18 °C y salinidad de 35. Por su parte la plataforma se caracterizó por altos valores de fosfatos, silicatos y nitritos. Los nitritos mostraron un máximo de 5  $\mu\text{M}$  a 25 mn y 150 m (Fig. 15d).

Los resultados hidroquímicos obtenidos entre el 22 noviembre y 1 diciembre de 2018, mostraron dentro de 3 y 15 mn los menores valores de oxígeno (< 5 mL/L), bajo pH 8,1, asociados con temperaturas menores a 17 °C y altos contenidos de nutrientes (fosfatos > 1,5

$\mu\text{M}$ , > 5  $\mu\text{M}$  silicatos y 10  $\mu\text{M}$  nitratos) lo que indicaría un activo afloramiento costero entre playa Chorrillos y playa Arenilla. Mientras que, frente a Végueta, las altas concentraciones de oxígeno (hasta 7 mL/L) y alto pH (8,3) se asociaron con alta biomasa fitoplanctónica que, a su vez, se asoció con el consumo de nutrientes, como indican los bajos valores encontrados (< 1  $\mu\text{M}$  de fosfatos y < 5  $\mu\text{M}$  de silicatos y nitratos). La información de temperatura y salinidad indicaría presencia de aguas costeras frías en gran parte del área de estudio a excepción de un pequeño núcleo en el extremo norte de la bahía con valor mayor a 35,1 debido al ingreso de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Las secciones verticales muestran el predominio en la columna de agua de las aguas costeras frías (0 - 150 m). El oxígeno en la capa de 0 a 10 m mantuvo altas concentraciones (> 5 mL/L) por fuera de 10 y 20 mn y bajos nutrientes (< 1  $\mu\text{M}$  fosfatos < 5  $\mu\text{M}$  silicatos y nitratos) debido a la actividad fotosintética. Los valores menores a 4 mL/L estuvieron en relación con el afloramiento costero dentro de las 10 mn, lo que coincide con presencia de mayores concentraciones de nutrientes. En los tres perfiles, la oxiclina se encontró por encima de 40 m, al igual que la termoclina. La mínima de oxígeno (< 0,5 mL/L) se distribuyó más somera en la costa (aproximadamente 30 m) profundizándose en la parte oceánica hasta más de 140 m. En el caso de playa Grande se observó ligera oxigenación, reduciéndose la distribución de aguas con oxígeno menores a 0,5 mL/L.

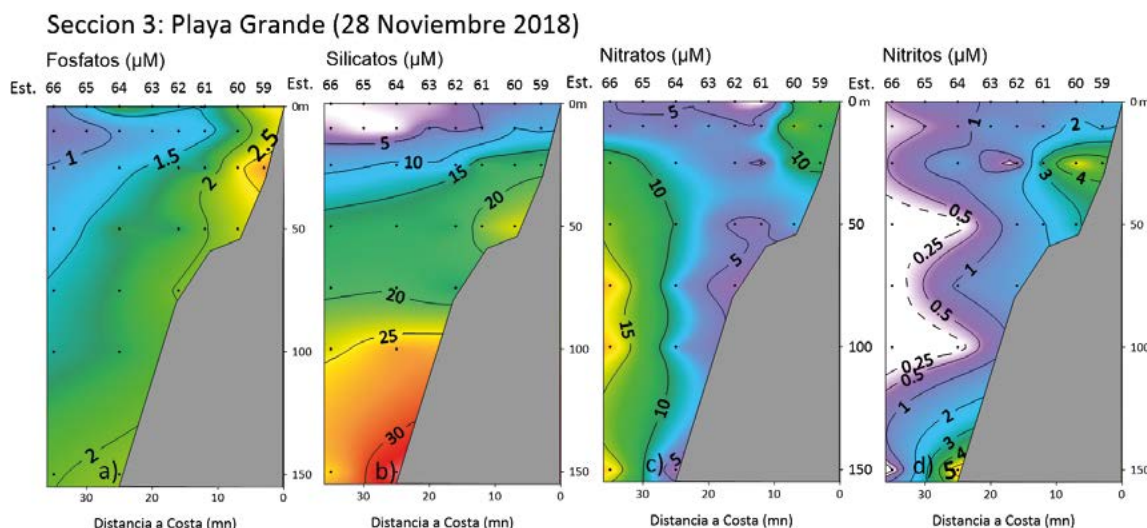


Figura 15.- Distribución vertical de: (a) Fosfatos, (b) Silicatos, (c) Nitratos, (d) Nitritos



Esta deficiencia en oxígeno se asoció, en el caso de la plataforma, a altos nitritos con valores entre 2 -3  $\mu\text{M}$  (Végueta), 7-8  $\mu\text{M}$  (Pta. Yale) y 4-5  $\mu\text{M}$  (Playa Grande) a 50, 100 y 150 m cerca al zócalo continental debido a procesos de remineralización y denitrificación.

Los resultados obtenidos indican que a pesar que las bahías de Huacho, Carquín y Végueta tienen un gran aporte antrópico constante, este no afectó a los resultados obtenidos en mar abierto, debido a que son bahías abiertas.

#### **Características hidroquímicas en bahías: Huacho, Carquín, Végueta**

En verano y primavera de 1995, se realizaron monitoreos en las bahías Huacho y Carquín cuyos resultados ya mostraban variaciones en los nutrientes (fosfatos, silicatos y nitratos) asociados a bajas concentraciones de salinidad ( $< 34,5$ ). SÁNCHEZ *et al.* (1996) indicaron que la contaminación marina en esas bahías se debía al vertimiento continuo de desechos domésticos e industriales que afectaban principalmente las zonas costeras. Por otro lado, la información sobre parámetros hidroquímicos también provino de diferentes años de estudio en las tres bahías, mostrando alteraciones en las variables químicas (nutrientes) asociadas con la salinidad, que es un indicador de masas de agua, el cual también presentó variaciones, con salinidades menores a 34,8.

Los fosfatos sobrepasaron los valores normales (3,5  $\mu\text{M}$ ) encontrándose concentraciones hasta 14  $\mu\text{M}$  en otoño 2014 (bahía Huacho) y 32  $\mu\text{M}$  en otoño 2006 (bahía Carquín). Por otro lado, en bahía Huacho los nitratos tienen un comportamiento irregular presentando algunas veces agotamiento ( $< 5 \mu\text{M}$ ) como en el verano 2002 y 2012, otoño 2014 y 2018, invierno 2018 y primavera 2011, encontrándose también características muy similares en las bahías Carquín y Végueta.

Desde 1995 (Anexos) ya se observaban indicios de contaminación y, a partir del 2002 en Huacho y Carquín y desde 2011 en Végueta, se observa el mayor aporte antrópico, especialmente de compuestos orgánicos por los altos contenidos de fosfatos que superan el rango normal (3,5  $\mu\text{M}$ ) y en el caso de los silicatos por compuestos silíceos.

#### **4. CONCLUSIONES**

Los niveles de oxígeno y nutrientes entre octubre 2014 y abril 2015 mostraron características dentro de rangos normales, debido a las condiciones frías que se presentaron en ese período de estudio.

En las secciones de Végueta, Pta. Yale y playa Grande se evidenció la presencia del afloramiento costero, con mayor intensidad en Pta. Yale, relacionada a altos contenidos de nutrientes y valores menores a 5 mL/L de oxígeno, salinidad de 35 y temperatura menor a 17 °C. La ubicación de la mínima de oxígeno fue variable entre 30 y 140 m de profundidad.

Frente a Végueta (15 mn) se encontró un núcleo máximo (48  $\mu\text{g/L}$ ) de clorofila-a asociado a concentraciones de oxígeno de 7 mL/L indicando la mayor producción biológica. Los valores fueron altos ( $> 2 \mu\text{g/L}$ ) en toda el área, debido a la actividad fotosintética.

Las altas concentraciones de nutrientes se deben principalmente al afloramiento costero ante la presencia de las aguas costeras frías. Por otro lado, la deficiencia de oxígeno ( $< 0,5 \text{ mL/L}$ ) entre 30 y 140 m asociada a la plataforma estuvo relacionada con altos contenidos de nitritos (núcleos de 2, 7, 4 y 5  $\mu\text{M}$ ) debido a la remineralización y la reducción de nitratos por la acción microbiana (denitrificación), condición que no se ha observado en otras bahías.

Los valores de N/P fueron menores a la proporción de Redfield (16: 1). El exceso de P y consumo de N genera valores de N/P menores o iguales a 5, mientras el afloramiento incrementa el N/P a 10.

Los resultados de las variables químicas en bahías de Huacho, Carquín y Végueta mostraron que en las cuatro estaciones del año los nutrientes (fosfatos, silicatos y nitratos) fueron afectados por el aporte antrópico, lo cual no se ha minimizado a través del tiempo, sino que más bien ha incrementado las altas concentraciones de nutrientes.

## Agradecimientos

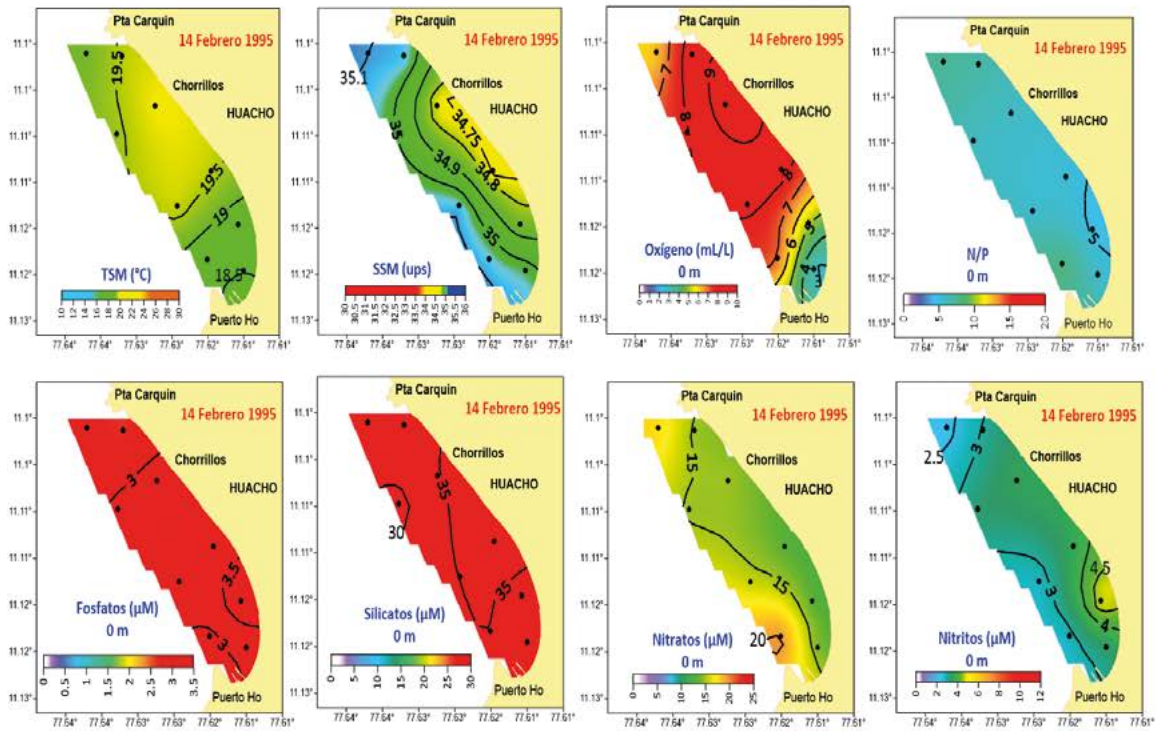
Este trabajo fue financiado por el Fondo de Adaptación a través del Proyecto "Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías" vía el Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONAMPE), ejecutado por el Ministerio de la Producción en colaboración con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

## 5. REFERENCIAS

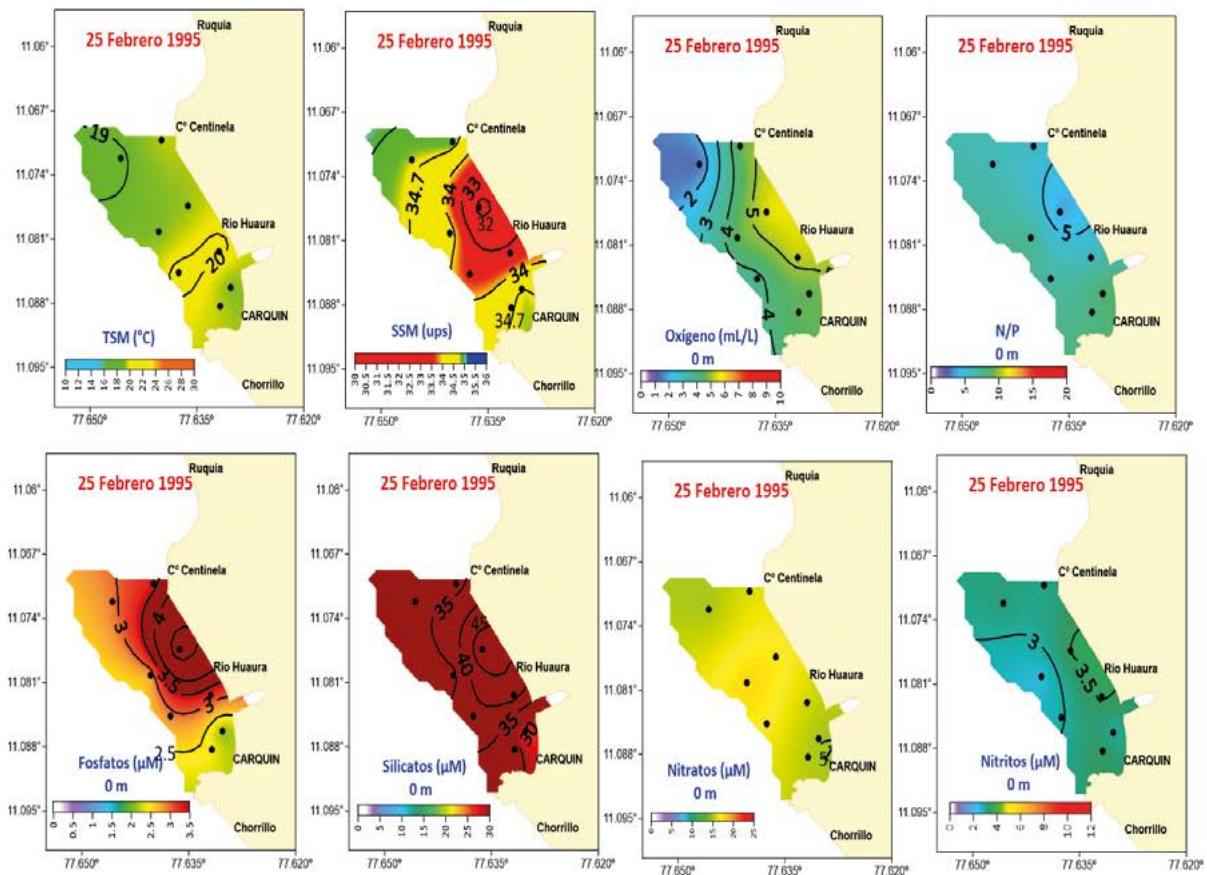
- CARRIT, D. & CARPENTER, J. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of Winkler method for determination dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.*, 24, 286-318.
- HOLM-HANSEN, A., LORENZEN, C., HOLMES, R. & STRICKLAND, J. (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *Cons. Perm. Explor.*, 30, 3-15.
- SÁNCHEZ, S., OROZCO, R., ALVARADO, D. (1996). Evaluación de los efectos de la contaminación en el macrobentos de la bahía Carquín, Huacho. 1990-1991. Informe Progresivo. Instituto del Mar del Perú.
- STRICKLAND, J. & PARSONS, T. (1972). *Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Board of Canada. Ottawa. Bulletin 167.
- YENTSCH, C. & MENZEL, D. (1963). A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.*, 10, 221-231.

ANEXOS

**BAHIA DE HUACHO  
VERANO 1995**

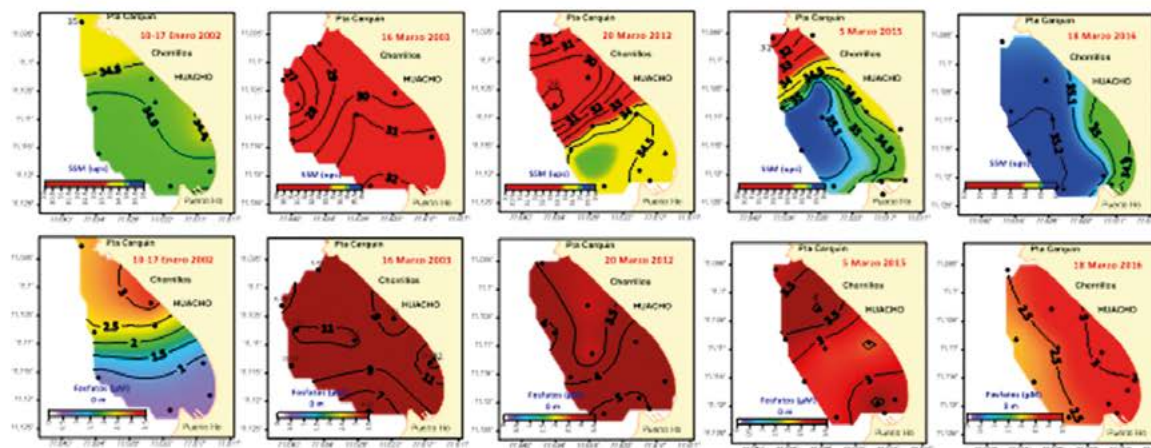


**BAHIA CARQUIN  
VERANO 1995**

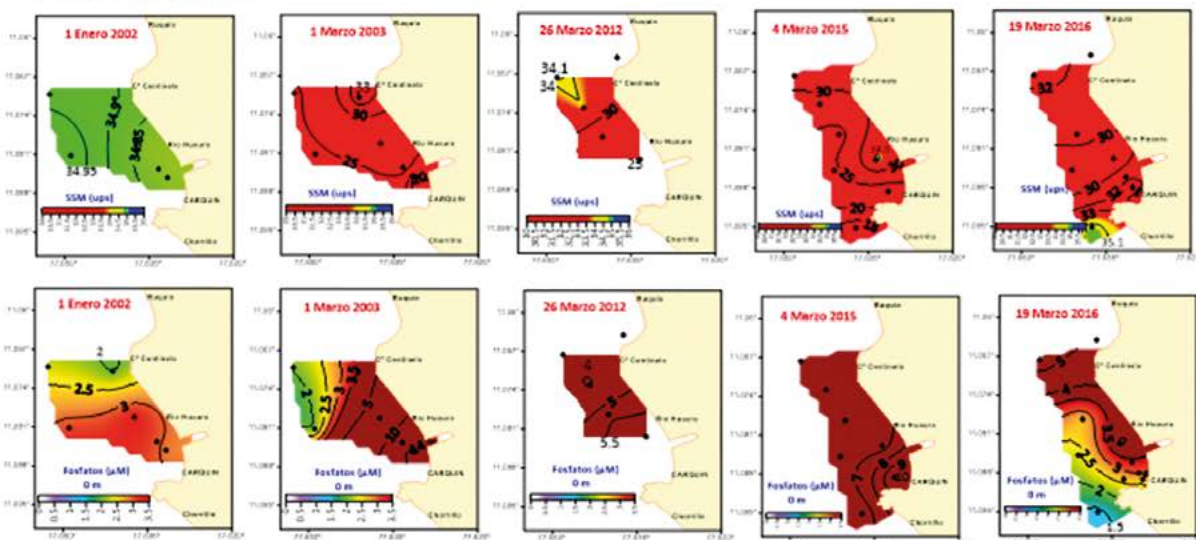




**BAHIA HUACHO: VERANO**



**BAHIA CARQUIN: VERANO**



**BAHIA VEGUETA: VERANO**

