

# FITOPLANCTON POTENCIALMENTE NOCIVO EN EL BANCO NATURAL DE CONCHA DE ABANICO EN ISLA LOBOS DE TIERRA Y EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LAGUNAS-CHÉRREPE (ABRIL, SETIEMBRE 2017)

## POTENTIALLY HARMFUL PHYTOPLANKTON IN THE NATURAL BANK OF PERUVIAN SCALLOP IN LOBOS DE TIERRA ISLAND AND THE LAGUNAS-CHERREPE CONCESSION AREA (APRIL, SEPTEMBER 2017)

Sergio Bances

### RESUMEN

BANCES S. 2020. *Fitoplancton potencialmente nocivo en el banco natural de concha de abanico en isla Lobos de Tierra y el área de concesión de Lagunas-Chérrepe (abril, setiembre 2017)*. Bol Inst Mar Perú. 35(2): 352-367.- Se detallan las comunidades fitoplanctónicas en el banco natural de concha de abanico de la isla Lobos de Tierra (abril) y frente a Lagunas-Chérrepe (setiembre) en el 2017. El estudio se basó en especies potencialmente tóxicas y/o nocivas y la relación que existe con parámetros ambientales. En ambas localidades las condiciones oceanográficas fueron variables debido al Niño Costero en el primer semestre y al enfriamiento ante el arribo de ondas Kelvin frías en setiembre. En abril, en las estaciones de muestreo de la isla Lobos de Tierra, predominó el fitoplancton, caracterizándose por abundancia de diatomeas de afloramiento costero: *Chaetoceros curvisetus*, *C. compressus*, *Thalassiosira subtilis* y *T. angulata*, señalando intensa condición de afloramiento costero, registrándose 41 diatomeas, 19 dinoflagelados y 2 silicoflagelados. Las densidades del dinoflagelado *Dinophysis acuminata* fluctuaron entre 0 y 160 cel.L<sup>-1</sup>, no sobrepasando los límites permisibles de Control Sanitario para México (>200 cel.L<sup>-1</sup>) y Uruguay (>500 cel.L<sup>-1</sup>); también se registraron los grupos *Pseudo-nitzschia seriata* y *P. delicatissima*, fluctuando sus densidades de 0 a 320 cel.L<sup>-1</sup>, sin sobrepasar los valores permisibles de los países citados. Las mayores concentraciones de *D. acuminata* y *P. seriata* se ubicaron en la zona eufótica (0 - 5 m de profundidad), mientras que *P. delicatissima* se encontró entre 10 y 15 m de profundidad relacionada con niveles de silicatos y nitratos. En setiembre, frente a la futura concesión de maricultura de Lagunas-Chérrepe, el fitoplancton predominó en todas las estaciones, caracterizándose por diatomeas neríticas: *Coscinodiscus perforatus*, *Lithodesmium undulatum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassiosira rotula*, *T. angulata*, *Stephanopyxis turris* y *Thalassionema nitzschioides*, esta última abundante en la mayoría de estaciones; se registraron 29 diatomeas, 8 dinoflagelados y 2 silicoflagelados; en algunas estaciones de muestreo se registraron los grupos *P. delicatissima* y *seriata*.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton potencial nocivo, isla Lobos de Tierra, Lagunas-Chérrepe, 2017

### ABSTRACT

BANCES S. 2020. *Potentially harmful phytoplankton in the natural bank of Peruvian scallop in Lobos de Tierra Island and the Lagunas-Chérrepe concession area (April, September 2017)*. Bol Inst Mar Peru. 35(2): 352-367.- We describe the phytoplankton communities on the natural bank of Peruvian scallop in Lobos de Tierra Island (April) and off Lagunas-Chérrepe (September) in 2017. The study was based on potentially toxic and/or harmful species and their relationship with environmental parameters. In both locations, the oceanographic conditions were variable due to the El Niño Costero in the first semester and to the cooling caused by the arrival of cold Kelvin waves in September. In April, in the sampling stations of Lobos de Tierra Island, phytoplankton predominated, characterized by an abundance of diatoms typical of coastal upwelling: *Chaetoceros curvisetus*, *C. compressus*, *Thalassiosira subtilis*, and *T. angulata*, which indicated a strong coastal upwelling. We recorded 41 diatoms, 19 dinoflagellates, and 2 silicoflagellates. The densities of the dinoflagellate *Dinophysis acuminata* ranged from 0 to 160 cel.L<sup>-1</sup>, which did not exceed the allowable limits of Sanitary Control for Mexico (> 200 cel.L<sup>-1</sup>) and Uruguay (> 500 cel.L<sup>-1</sup>). We also recorded *Pseudo-nitzschia seriata* and *P. delicatissima*, whose densities ranged from 0 to 320 cel.L<sup>-1</sup>, which did not exceed the allowable limits of those countries. The highest concentrations of *D. acuminata* and *P. seriata* were located in the euphotic zone (0 - 5 m depth), while *P. delicatissima* was found between 10 and 15 m depth related to silicate and nitrate levels. In September, phytoplankton in Lagunas-Chérrepe predominated in all stations, characterized by neritic diatoms: *Coscinodiscus perforatus*, *Lithodesmium undulatum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassiosira rotula*, *T. angulata*, *Stephanopyxis turris*, and *Thalassionema nitzschioides*, the latter was abundant in most stations. We recorded 29 diatoms, 8 dinoflagellates, and 2 silicoflagellates. In some sampling stations, the *P. delicatissima* and *P. seriata* groups were recorded.

KEYWORDS: harmful potential phytoplankton, Lobos de Tierra Island, Lagunas-Chérrepe, 2017

## 1. INTRODUCCIÓN

Son consideradas especies fitoplanctónicas nocivas, aquellos microorganismos que son percibidas como dañinos por sus efectos adversos en la salud humana, en las zonas de explotaciones de acuicultura y turísticas en áreas costeras, así como también en las poblaciones naturales de organismos marinos, incluso, aunque sus concentraciones celulares no sean muy elevadas (REGUERA, 2002).

Están descritas alrededor de 75 especies de microalgas capaces de producir poderosas toxinas que se transfieren a través de la cadena alimenticia (moluscos, crustáceos y peces de escama) para ser consumidas por el hombre, provocando diversas enfermedades gastrointestinales y neurológicas (Hallegraeff, 1995; Sar *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2005 en HERRERA *et al.*, 2008). Algunas especies producen toxinas en baja concentración debiendo contar con millones de células por litro para ser tóxicas, mientras que otras, con unos cuantos cientos de células por litro, resultan ser altamente perjudiciales (Hallegraeff, 1995; Van Egmond *et al.*, 2005 en HERRERA *et al.*, 2008).

El litoral lambayecano es una de las áreas importantes de pesca y extracción de la costa norte peruana, en donde se desarrollarán proyectos de maricultura como es el caso de Chérrepe, además cuenta con un área natural de criadero de larvas y juveniles de importancia comercial como la concha de abanico en la isla Lobos de Tierra, representando el medio de subsistencia de muchas comunidades pesqueras costeras, por estas razones es que el estudio de la dinámica de los organismos fitoplanctónicos potencialmente nocivos es de gran importancia, debido a que ciertas especies representan riesgos potenciales para la salud pública, la maricultura, las pesquerías y el turismo. Lo que originaría serios problemas socio-económicos y ambientales, especialmente los ocasionados por las especies que provocan daños al ser humano y a los organismos acuáticos.

BANCES (2017) menciona que de las 16 especies indicadas como potencialmente tóxicas para el mar peruano, se observaron dos especies durante el 2016 catalogadas como *Pseudo-nitzschia* spp. (Grupo *seriata*) y *Dinophysis caudata*.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las áreas de estudio comprendieron el banco natural de concha de abanico de la isla Lobos de

## 1. INTRODUCTION

Harmful phytoplankton species are those microorganisms that are perceived as damaging by humans because of their adverse effects on human health, in aquaculture and touristic zones in coastal areas, as well as in natural populations of marine organisms, even if their cellular concentrations are not very high (REGUERA, 2002).

HERRERA *et al.* (2008) citing Hallegraeff (1995), Sar *et al.* (2002) and Wang *et al.* (2005), indicate that about 75 species of microalgae produce powerful toxins that are transferred through the food chain (mollusks, crustaceans, and fish scales) for human consumption, causing various gastrointestinal and neurological diseases. Some species produce toxins in low concentration and must have millions of cells per liter to be toxic, while others, with a few hundred cells per liter, are highly harmful (Hallegraeff, 1995; Van Egmond *et al.*, 2005 cited in HERRERA *et al.*, 2008).

The Lambayequean coast is an important fishing and extraction area on the northern Peruvian coast, where mariculture projects such as Chérrepe will be developed. It also has a natural breeding area for larvae and juveniles of commercial importance such as the Peruvian scallop in the Lobos de Tierra Island, representing the means of livelihood for many coastal fishing communities. Therefore, the study of the dynamics of potentially harmful phytoplanktonic organisms is of great importance, because certain species represent potential risks to public health, mariculture, fisheries, and tourism. This would lead to serious socio-economic and environmental problems, especially those caused by species that are harmful to humans and aquatic organisms.

BANCES (2017) mentions that of the 16 species indicated as potentially toxic to the Peruvian sea, two species were observed in 2016, *Pseudo-nitzschia* spp. (Group *seriata*) and *Dinophysis caudata*.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The study areas included the natural bank of Peruvian scallop in Lobos de Tierra Island, which was monitored from April 11 to 13, and the other area was located off the Chérrepe concession area from September 18 to 20. The works were carried out onboard the Señor de Sipán vessel.

Tierra cuyo monitoreo fue del 11 al 13 abril y la otra área se situó frente al área de concesión de Chérrepe del 18 al 20 de setiembre, los trabajos se realizaron a bordo de la embarcación Señor de Sipán.

En el banco natural de concha de abanico se evaluaron 12 estaciones (Fig. 1), mientras que en Chérrepe fueron 10 (Fig. 2). En ambas áreas se obtuvieron muestras mediante arrastres verticales con red estándar de fitoplancton de 10 micras de abertura de malla que sirvió para el análisis semicuantitativo, donde se determinaron abundancias relativas de las especies presentes de acuerdo a la escala según metodología dada en ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985). Además, se recolectaron muestras de agua por estratos de 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 m de profundidad con manguera desmontable (REGUERA, 2002) para el análisis cuantitativo. La metodología utilizada para los recuentos celulares de las especies potencialmente nocivas y/o tóxicas fue la de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados se expresaron en N° cel.L<sup>-1</sup>.

Parámetros físico-químicos: se determinó la temperatura en toda la columna de agua con un termómetro protegido cuyo rango fue de -10 a 32 °C y escala de 0,1 °C; el oxígeno disuelto (mL. L<sup>-1</sup>) se estableció con el método de Winkler (CARRIT & CARPENTER, 1966); el pH mediante el multiparámetro calibrado Hanna HQ 40d m; la transparencia fue medida con el disco de Secchi y los nutrientes (fosfatos, silicatos, nitritos y nitratos) fueron analizados mediante el método estándar de STRICKLAND & PARSONS (1972).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Banco natural de concha de abanico en la isla Lobos de Tierra

##### Temperatura (°C)

En abril, en el banco natural de concha de abanico, la temperatura en superficie varió de 22,1 a 23,3 °C registrándose mayores valores frente a la bahía Juanchuquita y las más bajas al norte de Cabo Cruz (Fig. 3).

El rango de temperatura en la columna de agua fluctuó entre 19,4 y 23,3 °C, promediando 21,8 °C (Fig. 4).

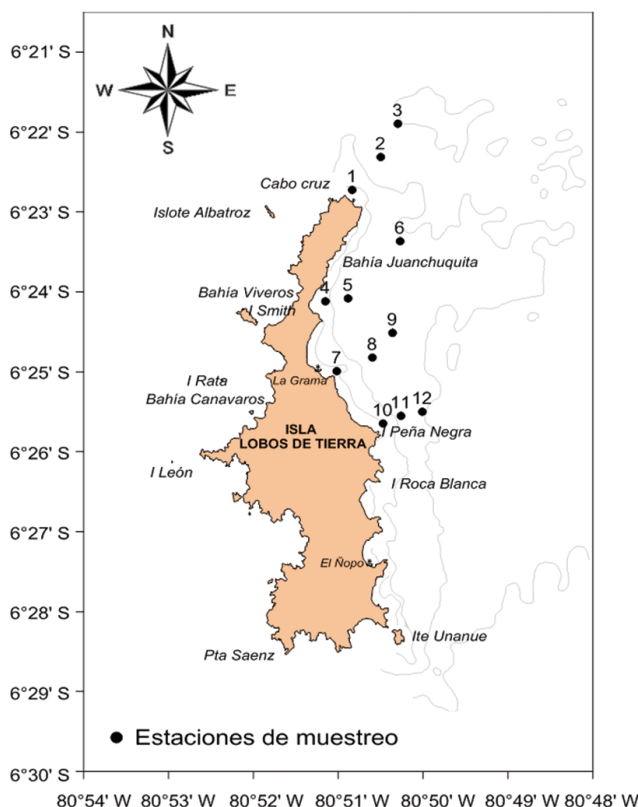


Figura 1.- Estaciones de muestreo en el banco natural de concha de abanico. Isla Lobos de Tierra, abril 2017

Figure 1. Sampling stations in the natural bank of Peruvian scallop. Lobos de Tierra Island, April 2017

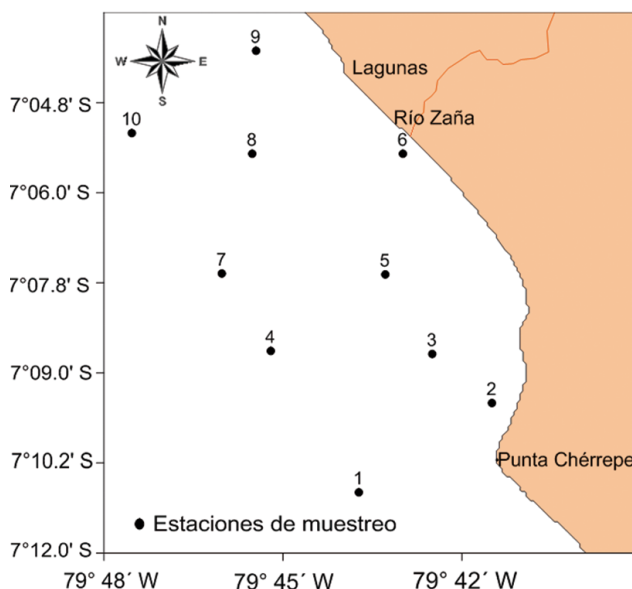


Figura 2.- Estaciones de muestreo en la zona de concesión frente a Lagunas- Chérrepe, septiembre 2017

Figure 2. Sampling stations in the Lagunas-Chérrepe concession area, September 2017

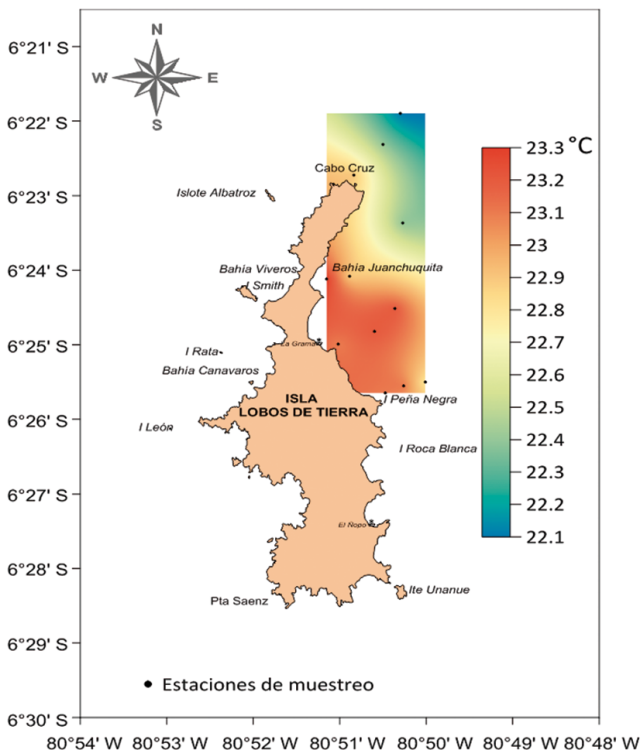


Figura 3.- Temperatura Superficial del Mar, banco natural de concha de abanico. Isla Lobos de Tierra, abril 2017

Figure 3. Sea Surface Temperature (SST), natural bank of Peruvian scallop. Lobos de Tierra Island, April 2017

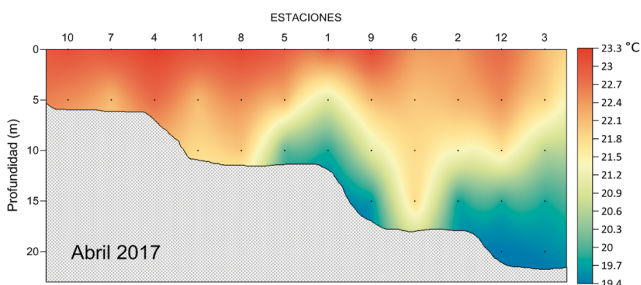


Figura 4.- Distribución de la Temperatura de agua de mar (°C) en columna de agua. Banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 4. Distribution of temperature (°C) in the water column. Natural bank of Peruvian scallop, April 2017

Las anomalías térmicas originadas por la TSM en el área de estudio, según cuadrados Marsdem, oscilaron entre +2,30 y +3,5 °C. ENFEN (2017) señaló para el mismo mes anomalías positivas de +1,0 °C, con condiciones de Niño Costero.

**Oxígeno disuelto (mL/L)**

En superficie el oxígeno disuelto fluctuó entre 5,90 y 7,95 mL/L el mayor valor se registró en la zona frente a Punta Negra (Fig. 5).

El tenor de oxígeno disuelto en la columna de agua varió entre 0,77 y 8,06 mL/L, promediando 5,69 mL/L (Fig. 6), el mayor valor se encontró al norte de Cabo

In the natural bank of Peruvian scallop, we evaluated 12 stations (Fig. 1), and in Chérrepe they were 10 (Fig. 2). In both areas, samples were obtained by vertical dragging with standard phytoplankton net of mesh size of 10 µm used for semi-quantitative analysis, we determined relative abundances of the species based on the scale proposed in ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985). For quantitative analysis, water samples were collected by strata from 0-5, 5-10, 10-15, and 15-20 m deep with detachable hose (REGUERA, 2002). We applied the methodology UTERMÖHL (1958) for cell counts of potentially harmful and/or toxic species, whose results were expressed in N° cel.L<sup>-1</sup>.

Physical-chemical parameters: we determined the temperature in the entire water column with a protected thermometer whose range was from -10 to 32 °C and scale of 0.1 °C; the dissolved oxygen (mL. L<sup>-1</sup>) was established with Winkler’s method (CARRIT & CARPENTER, 1966); the pH using the calibrated multiparameter Hanna HQ 40d m; the transparency was measured with Secchi’s disk, and the nutrients (phosphates, silicates, nitrites, and nitrates) were analyzed using the standard method of STRICKLAND & PARSONS (1972).

**3. RESULTS AND DISCUSSION**

**Natural bank of Peruvian scallop in Lobos de Tierra Island**

**Temperature (°C)**

In April, the surface temperature varied from 22.1 to 23.3 °C, with higher values recorded off Juanchuquita Bay and lower values north of Cabo Cruz (Fig. 3).

The temperature range in the water column varied between 19.4 and 23.3 °C, averaging 21.8 °C (Fig. 4).

In the study area, the SSTA, according to Marsden squares, ranged from +2.30 to +3.5 °C. ENFEN (2017) reported positive anomalies of +1.0 °C for the same month, under El Niño Costero conditions.

**Dissolved oxygen (mL/L)**

At the surface, dissolved oxygen varied between 5.90 and 7.95 mL/L. The highest value was recorded off Punta Negra (Fig. 5).

Dissolved oxygen in the water column varied between 0.77 and 8.06 mL/L, averaging 5.69 mL/L

Cruz a 10 m de profundidad y los menores en el fondo de las estaciones 9 y 12, ubicadas en la parte más alejada de la isla y relacionada con la isoterma de 20 °C.

**Potencial de Hidrógeno (pH)**

Los valores en superficie variaron entre 8,23 y 8,63, ligeramente superiores a lo encontrado en octubre 2016 que variaron de 8,20 a 8,34 (BANCES, 2017).

En la columna de agua fluctuó de 7,80 a 8,63 resultando promedio de 8,45, estos valores relativamente altos en superficie estarían relacionados por el consumo de CO<sub>2</sub>, producto de la actividad fotosintética del abundante fitoplancton registrado en casi toda el área de muestreo, causando el aumento del pH (FUENTES y MASSOL-DEYÁ, 2002) lo mismo sostiene UNREIN (2001) afirmando que un conspicuo desarrollo de fitoplancton con alta tasa fotosintética genera, consecuentemente, incremento del pH.

**Nutrientes (µM)**

Aunque los factores físicos y los herbívoros pueden afectar el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas en los ecosistemas acuáticos, la producción algal está a menudo limitada por la

(Fig. 6). The highest value was found north of Cabo Cruz at a depth of 10 m and the lowest at the bottom of stations 9 and 12, located at the farthest part of the island and related to the 20 °C isotherm.

**Potential of Hydrogen (pH)**

Surface values ranged from 8.23 to 8.63, slightly higher than those found in October 2016 which varied from 8.20 to 8.34 (BANCES, 2017).

In the water column, pH ranged from 7.80 to 8.63, averaging 8.45. These relatively high surface values are related to the consumption of CO<sub>2</sub>, due to the photosynthetic activity of the abundant phytoplankton recorded in almost the entire sampling area, causing an increase in pH (FUENTES & MASSOL-DEYÁ, 2002). UNREIN (2001) also states that a conspicuous phytoplankton development with a high photosynthetic rate generates an increase in pH.

**Nutrients (µM)**

Although physical factors and herbivores can affect the growth of phytoplankton populations in aquatic ecosystems, algal production is often limited by the number of available nutrient salts (PAERL, 1982). About 90% of the pollution produced by countries is transported through rivers to the sea. In the basins, the intensification of agricultural land use, the expansion of agricultural and urban frontiers, and the consequent deforestation produce significant nutrient and sediment loads in coastal waters, which when they exceed the carrying capacity of the ecosystems become real environmental problems (ESCOBAR, 2002).

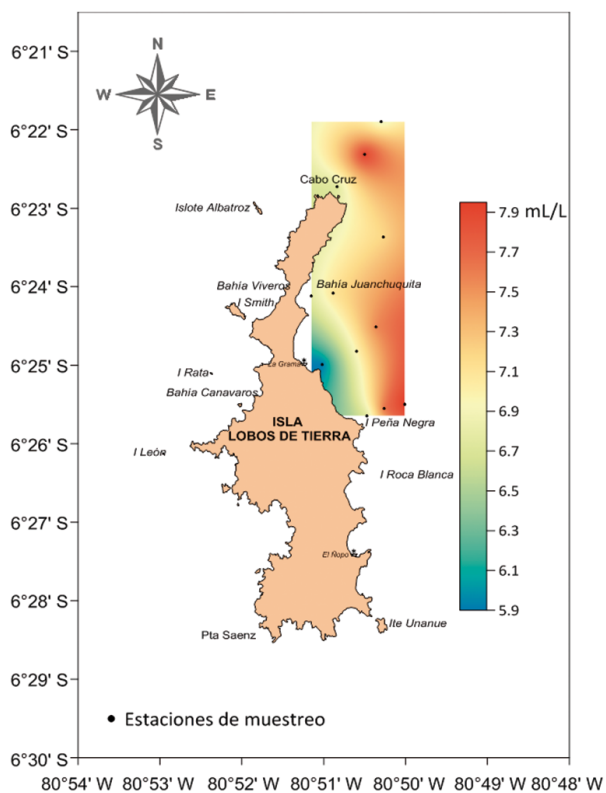


Figura 5.- Oxígeno Disuelto Superficial. Banco Natural de concha de abanico. Isla Lobos de Tierra, abril 2017

Figure 5. Surface Dissolved Oxygen. Natural bank of Peruvian scallop. Lobos de Tierra Island, April 2017

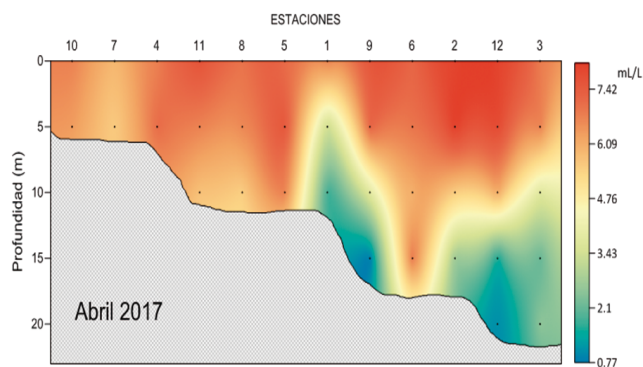


Figura 6.- Distribución del oxígeno disuelto en agua de mar (mL/L) en columna de agua. Banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 6. Distribution of dissolved oxygen (mL/L) in the water column. Natural bank of Peruvian scallop, April 2017



cantidad de sales nutritivas disponibles (PAERL, 1982). Cerca del 90% de la contaminación producida al interior de los países es transportada por los ríos al mar. En las cuencas, la intensificación del uso agrícola del suelo, la ampliación de las fronteras agrícola y urbana y la consiguiente deforestación producen importantes cargas de nutrientes y sedimentos en las aguas costeras, que cuando exceden la capacidad de carga de los ecosistemas se traducen en verdaderos problemas ambientales (ESCOBAR, 2002).

Algunas especies del fitoplancton tienen gran interés ecológico debido a que presentan diferentes captaciones de nutrientes y pueden producir biotoxinas que son transmitidas mediante la cadena alimentaria (fitoplancton, zooplancton, peces); además, pueden ser vectores de toxinas y también alterar los niveles tróficos y la biodiversidad del ecosistema, que involucra directamente la salud del hombre (ANDERSEN, 1996; REGUERA, 2002, 2003; UNESCO, COI, 2013).

Los fosfatos fluctuaron entre 0,71 y 5,20  $\mu\text{M}$ , promediando 1,65, el mayor valor se dio en la superficie de la estación 10 ubicada frente a Peña Negra (Fig. 7).

Con respecto a los silicatos, los valores fluctuaron entre 1,12 y 16,53  $\mu\text{M}$ , promediando 4,89  $\mu\text{M}$ , el mayor valor se registró en el fondo de la estación 1 ubicada frente a Cabo Cruz (Fig. 8).

Los valores de nitritos oscilaron entre 0,12 y 1,37  $\mu\text{M}$ , promediando 0,35  $\mu\text{M}$  el mayor valor se dio en el fondo de la estación 9 ubicada al este de la isla (Fig. 9).

Los nitratos fluctuaron entre 0,015 y 14,45  $\mu\text{M}$ , promediando 2,92, los mayores valores se relacionaron con el fondo de las estaciones alejadas de la isla (Fig. 10).

Some phytoplankton species are of great ecological interest since they have different nutrient uptakes and can produce biotoxins that are transmitted through the food chain (phytoplankton, zooplankton, fish). Moreover, they can be vectors of toxins and also alter the trophic levels and biodiversity of the ecosystem, affecting directly human health (ANDERSEN, 1996; REGUERA, 2002, 2003; UNESCO, COI, 2013).

Phosphates varied between 0.71 and 5.20  $\mu\text{M}$ , averaging 1.65. The highest value was found on the surface of station 10 located off Peña Negra (Fig. 7).

Concerning silicates, values ranged from 1.12 to 16.53  $\mu\text{M}$ , averaging 4.89  $\mu\text{M}$ . The highest value was recorded at the bottom of station 1 located off Cabo Cruz (Fig. 8).

Nitrite values were between 0.12 and 1.37  $\mu\text{M}$ , averaging 0.35  $\mu\text{M}$ . The highest value was at the bottom of station 9 located to the east of the island (Fig. 9).

Nitrates oscillated between 0.015 and 14.45  $\mu\text{M}$ , averaging 2.92. The highest values were related to the bottom of the stations located far from the island (Fig. 10).

**Transparency**

The seawater was dark green with transparency of 2 to 3 m deep. In this opportunity, the turbidity was more intense than that of October 2016, when the transparency varied between 3 and 5.5 m (BANCES, 2017).

**Phytoplankton community**

In all sampling stations, phytoplankton predominated over zooplankton which was represented by some copepods.

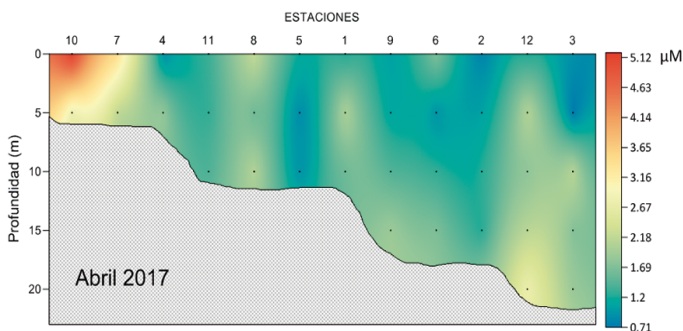


Figura 7.- Fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) en el banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 7. Phosphates ( $\mu\text{M}$ ) in natural bank of Peruvian scallop, April 2017

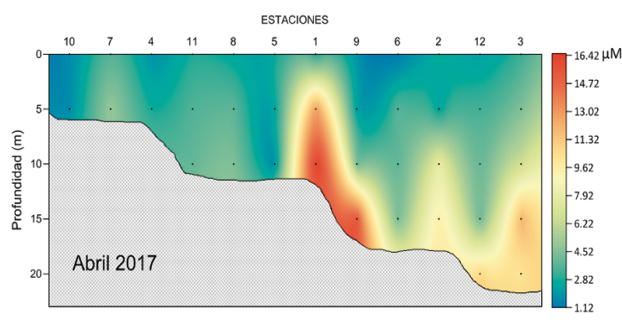


Figura 8.- Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) en banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 8. Silicates ( $\mu\text{M}$ ) in natural bank of Peruvian scallop, April 2017

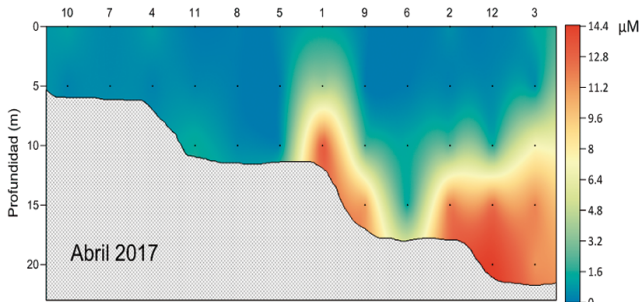


Figura 9.- Nitritos ( $\mu\text{M}$ ) en el banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 9. Nitrites ( $\mu\text{M}$ ) in natural bank of Peruvian scallop, April 2017

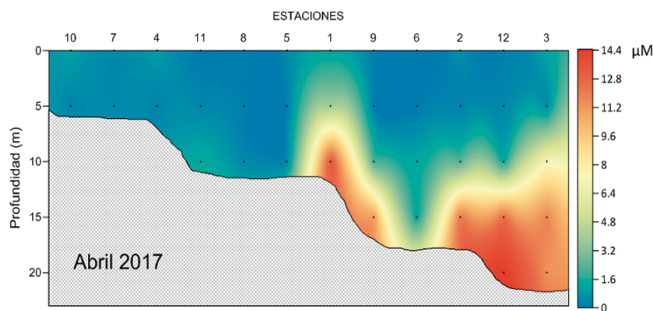


Figura 10.- Nitratos ( $\mu\text{M}$ ) en el banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 10. Nitrates ( $\mu\text{M}$ ) in natural bank of Peruvian scallop, April 2017

### Transparencia

El agua de mar presentó color verde oscuro con transparencia de 2 a 3 metros de profundidad, en esta oportunidad la turbidez se presentó más intensa de lo detectado en octubre 2016 cuya transparencia fluctuó entre 3 y 5,5 m (BANCES, 2017).

### Comunidad del fitoplancton

En todas las estaciones de muestreo, el fitoplancton predominó sobre el zooplancton que estuvo representado por algunos copépodos.

La comunidad fitoplanctónica se caracterizó por abundancia de diatomeas de afloramiento costero como *Chaetoceros curvisetus*, *C. compressus*, *Thalassiosira subtilis* y *T. angulata*, también fue importante la abundancia de la diatomea nerítica *Coscinodiscus radiatus*, además estuvieron acompañadas por otras especies pequeñas como *Thalassiosira mendiolana*, *T. angulata*, *Chaetoceros lorenzianus*, *C. debilis*, *C. didymus*, entre muchas otras (Anexo I).

Se registraron 41 diatomeas, 19 dinoflagelados y 2 silicoflagelados (Fig. 11).

Entre los dinoflagelados, se encontraron numerosas especies de distribución cosmopolita como *Triplos fusus* var. *fusus*, *T. furca*, *T. dens*, *Protoperidinium pentagonum*, *P. depressum*, *Noctiluca scintillans*, entre otras.

### Presencia de especies potencialmente tóxicas

Según la lista actualizada de especies potencialmente tóxicas (IMARPE, 2015) en el área de la isla Lobos de Tierra se encontró al dinoflagelado *Dinophysis acuminata* distribuido en casi todas las estaciones de muestreo (Anexo I), también se observó solo en algunas estaciones diatomeas de los grupos *seriata* y *delicatissima* del género *Pseudo-nitzschia* (Tabla 1).

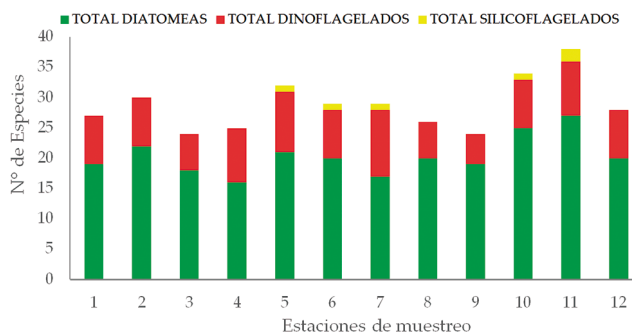


Figura 11.- Distribución del número de especies por grupos fitoplanctónico. Banco natural de concha de abanico, abril 2017

Figure 11. Distribution of the number of species by phytoplankton groups. Natural bank of Peruvian scallop, April 2017

The phytoplankton community was characterized by an abundance of diatoms typical of coastal upwellings such as *Chaetoceros curvisetus*, *C. compressus*, *Thalassiosira subtilis*, and *T. angulata*. The abundance of the neritic diatom *Coscinodiscus radiatus*, was also important, and they were accompanied by other small species such as *Thalassiosira mendiolana*, *T. angulata*, *Chaetoceros lorenzianus*, *C. debilis*, *C. didymus*, among others (Appendix I).

We recorded 41 diatoms, 19 dinoflagellates, and 2 silicoflagellates (Fig. 11).

Among the dinoflagellates, we found numerous species of cosmopolitan distribution such as *Triplos fusus* var. *fusus*, *T. furca*, *T. dens*, *Protoperidinium pentagonum*, *P. depressum*, *Noctiluca scintillans*, among others.

### Presence of potentially toxic species

According to the updated list of potentially toxic species (IMARPE, 2015) in Lobos de Tierra Island, we found the dinoflagellate *Dinophysis acuminata* distributed in almost all the sampling stations (Appendix I). We also observed diatoms of the *seriata* and *delicatissima* groups of the genus *Pseudo-nitzschia* in some stations (Table 1).

Tabla 1.- Análisis semi cuantitativo de fitoplancton marino. Banco Natural de concha de abanico, abril 2017

Table 1. Semi-quantitative analysis of marine phytoplankton. Natural bank of Peruvian scallop, April 2017

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Predominancia	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Leyenda: 0= Ausente, 1= Presente, 2= Escaso, 3= Abundante, 4= Muy abundante, FITO= Fitoplancton

Legend: 0= Absent, 1= Present, 2= Scarce, 3= Abundant, 4= Very abundant, FITO= Phytoplankton

**Análisis cuantitativo de especies potencialmente tóxicas**

Se presentó en el área de estudio el dinoflagelado *Dinophysis acuminata* especie frecuente en aguas templadas y frías de la región (Sudamérica), aunque es probadamente tóxica, su producción de toxina varía mucho con la localidad y la época del año. Se sospecha de esta especie como productora de diarreas en aguas de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y en Uruguay (BALECH, 2002), las densidades fueron bajas y fluctuaron entre 0 y 160 cel.L<sup>-1</sup> estas densidades no sobrepasaron los límites permisibles de Control Sanitario para México que no debe superar los 200 cel.L<sup>-1</sup> (COFEPRIS, 2005) y de Uruguay cuyo límite es 500 cel.L<sup>-1</sup> (MÉNDEZ, 2015). En Perú la lista de especies a tomar en cuenta es la generada por UNESCO (1996).

Fueron registrados los grupos *Pseudo-nitzschia seriata* y *P. delicatissima* cuyo hábitat es exclusivamente planctónico-marino y están asociados a la producción de la toxina ácido domoico (FERRARIO *et al.*, 2002), presentaron densidades que fluctuaron de 0 a 320 cel.L<sup>-1</sup>, no sobrepasaron 50,000 cel.L<sup>-1</sup> valor permisible de los controles sanitarios de los países antes mencionados (Fig. 12).

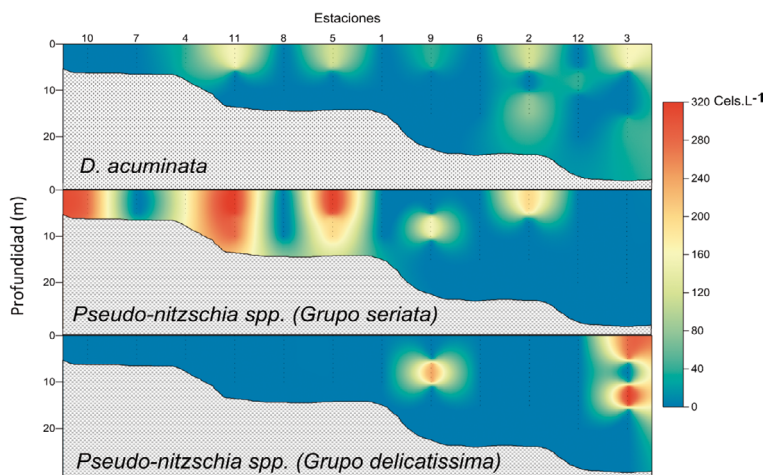
**Quantitative analysis of potentially toxic species**

The dinoflagellate *Dinophysis acuminata* was found in the study area. This species is frequent in temperate and cold waters of South America, although it is proven to be toxic, its toxin production varies a lot with the location and time of the year. This species is suspected of producing diarrhea in the waters of the Province of Buenos Aires (Argentina) and Uruguay (BALECH, 2002). Densities were low and ranged from 0 to 160 cel.L<sup>-1</sup>, which did not exceed the allowable limits of Sanitary Control for Mexico, which should not exceed 200 cel.L<sup>-1</sup> (COFEPRIS, 2005) and Uruguay, which has a limit of 500 cel.L<sup>-1</sup> (MÉNDEZ, 2015). In Peru, we only follow the list of species produced by UNESCO (1996).

The groups *Pseudo-nitzschia seriata* and *P. delicatissima* were recorded. Their habitat is exclusively planktonic-marine and they are associated with the production of domoic acid toxin (FERRARIO *et al.*, 2002). They presented densities ranging from 0 to 320 cel.L<sup>-1</sup>, which did not exceed 50.000 cel.L<sup>-1</sup>, which is the allowable value of the sanitary controls of the aforementioned countries (Fig. 12).

Figura 12.- Densidad en columna de agua de especies potencialmente tóxicas *Dinophysis acuminata*, *Pseudo-nitzschia* spp. (Grupos *seriata* y *delicatissima*). Isla Lobos de Tierra. Abril 2017

Figure 12.- Density of potentially toxic species *Dinophysis acuminata*, *Pseudo-nitzschia* spp. (*seriata* and *delicatissima* groups) in the water column. Lobos de Tierra Island, April 2017





En la Tabla 2 se observó que las mayores concentraciones de las especies *Dinophysis acuminata* y el grupo *Pseudo-nitzschia seriata* se encontraron en la zona eufótica (0- 5 m de profundidad). Además, se observó que *P. delicatissima* se encontró entre 10 y 15 m de profundidad relacionada con altos niveles de silicatos y nitratos.

**Frente a Lagunas, Chérrepe**

**Temperatura (°C)**

En setiembre, los valores de TSM variaron de 15,1 °C a 16,4 °C, los mayores valores se encontraron en las estaciones 5 y 2 ubicadas dentro de la ensenada Chérrepe (Fig. 13). Mientras que el rango de temperatura en la columna varió de 14,9 a 16,4 °C, promediando 15,5 °C, los valores más bajos de temperatura se registraron en el fondo de las estaciones 1, 4 y 7 (Fig. 14).

Table 2 shows that the highest concentrations of *Dinophysis acuminata* and the *Pseudo-nitzschia seriata* were found in the euphotic zone (0- 5 m deep). We also observed that *P. delicatissima* was found between 10 and 15 m deep related to high levels of silicates and nitrates.

**Off Lagunas, Chérrepe**

**Temperature (°C)**

In September, the SST values varied from 15.1 °C to 16.4 °C. The highest values were found at stations 5 and 2 located within the Chérrepe inlet (Fig. 13). While the temperature in the column ranged from 14.9 to 16.4 °C, averaging 15.5 °C. The lowest temperature values were recorded at the bottom of stations 1, 4, and 7 (Fig. 14).

Tabla 2.- Relación de mayores densidades de *D. caudata*, Grupo *Pseudo-nitzschia seriata* *P. delicatissima*, con parámetros ambientales. Isla Lobos de Tierra. Abril 2017

Table 2. List of highest densities of *D. caudata*, *Pseudo-nitzschia seriata* and *P. delicatissima*, with environmental parameters. Lobos de Tierra Island, April 2017

Organismo	Est.	Prof.	Cel.L <sup>-1</sup>	Temp (°C)	O.D (mL/L)	pH	Fosf.(µM)	Silic.(µM)	Nitri.(µM)	Nitra.(µM)
<i>Dinophysis acuminata</i>	3	0- 5 m	160	21,9 - 22,1	6,73 - 6,84	8,54 - 8,56	0,70 - 0,90	3,17 - 4,46	0,22 - 0,27	0,36 - 1,32
	11	0- 5 m	160	22,1 - 23,1	6,73 - 7,63	8,53 - 8,55	1,27 - 1,31	2,84 - 3,54	0,18 - 0,19	0,01 - 0,28
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	5	0- 5 m	320	22,2 - 22,9	7,09 - 7,52	8,61 - 8,62	0,85 - 1,15	0,85 - 1,15	0,22 - 0,23	0,12 - 0,43
	11	0- 5 m	320	22,1 - 23,1	6,73 - 7,63	8,53 - 8,55	1,27 - 1,31	2,85 - 3,54	0,18 - 0,19	0,01 - 0,28
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	3	10- 15 m	320	19,8 - 20,6	2,10 - 3,73	8,35 - 8,36	1,71 - 2,10	6,59 - 12,08	0,43 - 0,48	7,18 - 11,78

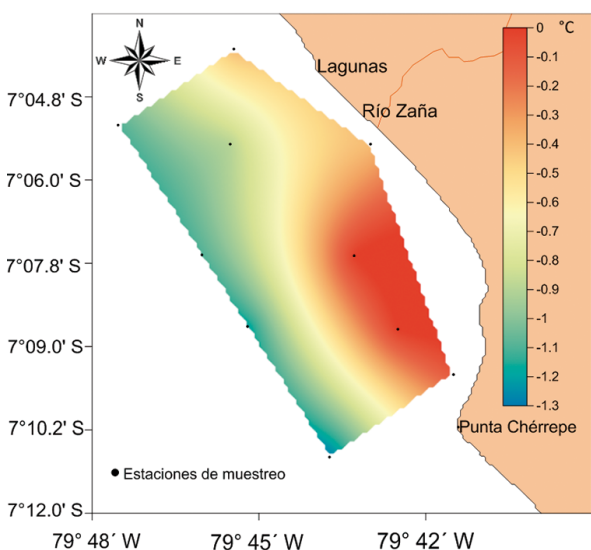


Figura 13.- Anomalia térmica frente a Lagunas -Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 13. Thermal anomaly off Lagunas, Chérrepe. September 2017

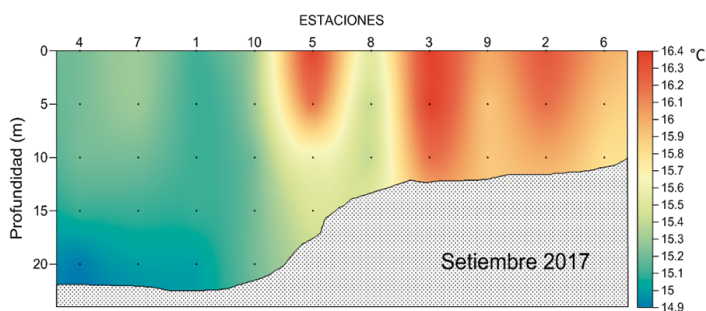


Figura 14.- Temperatura del Mar (°C), en la columna de agua, frente a Lagunas -Chérrepe, setiembre 2017

Figure 14. Sea temperature (°C), in the water column, off Lagunas, Chérrepe. September 2017

Las anomalías térmicas originadas por la TSM en el área, que fue estudiada en base a los cuadrados Marsden (ZUTA y URQUIZO, 1972), oscilaron entre 0,0 y -1,3 °C (Fig. 14) coincidiendo con el ENFEN (14-2017) que señala para la región Niño 1+2 la ATSM de -0,45 °C a -0,63 °C, y se debió a la presencia de ondas Kelvin frías en el Océano Pacífico ecuatorial durante setiembre.

**Oxígeno disuelto (mL/L)**

La mayor concentración de oxígeno en superficie se encontró en la estación 5 ubicada dentro de la ensenada de Chérrepe (Fig. 15).

El tenor de oxígeno disuelto en toda la columna de agua fluctuó entre 0,62 y 4,16 mL/L, promediando 2,33 mL/L. Las zonas con menores valores de contenido de oxígeno (<1 mL/L) se encontraron en el fondo de las estaciones con más de 15 metros de profundidad (Fig. 16).

**Potencial de Hidrógeno (pH)**

La distribución del pH fue casi homogénea en toda el área, excepto en la estación 1 donde se observó el mismo valor en toda la columna de agua, efecto también observado en la prospección de noviembre 2016 (BANCES, 2017).

Medir el pH es de suma importancia porque de él depende la realización de reacciones químicas que son vitales para los organismos marinos. En esta evaluación, la variación del pH en columna de agua fluctuó entre 7,22 y 7,66 que se promedió en 7,54.

SSTA, according to Marsden squares (ZUTA & URQUIZO, 1972), ranging from 0.0 to -1.3 °C (Fig. 14), coinciding with ENFEN ENFEN (14-2017) which indicates SSTA of -0.45 °C to -0.63 °C for the Niño 1+2 region, due to the presence of cold Kelvin waves in the equatorial Pacific Ocean during September.

**Dissolved oxygen (mL/L)**

The highest concentration of surface oxygen was found at Station 5 located within the Chérrepe Inlet (Fig. 15).

Dissolved oxygen in the water column ranged from 0.62 to 4.16 mL/L, averaging 2.33 mL/L. The areas with the lowest oxygen content values (<1 mL/L) were found at the bottom of the stations with more than 15 m deep (Fig. 16).

**Potential of Hydrogen (pH)**

The pH distribution was almost homogeneous throughout the area, except in station 1 where the same value was observed throughout the water column, an effect also observed in the November 2016 survey (BANCES, 2017).

It is important to measure the pH since it is the basis for the chemical reactions that are vital for marine organisms. In this evaluation, the variation of the pH in the water column fluctuated between 7.22 and 7.66, averaging 7.54.

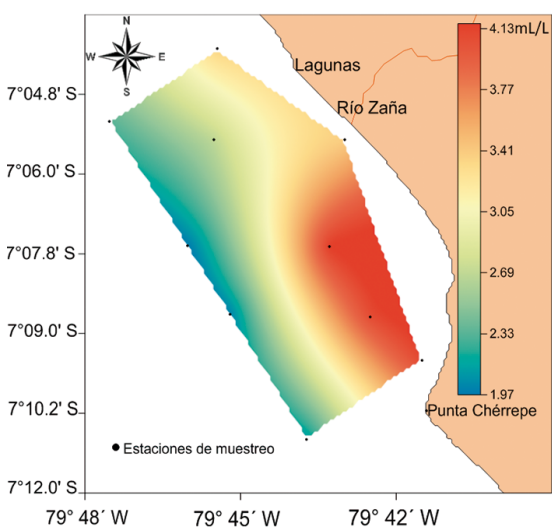


Figura 15.- Oxígeno disuelto superficial (mL/L) frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 15. Surface dissolved oxygen (mL/L) off Lagunas, Chérrepe. September 2017

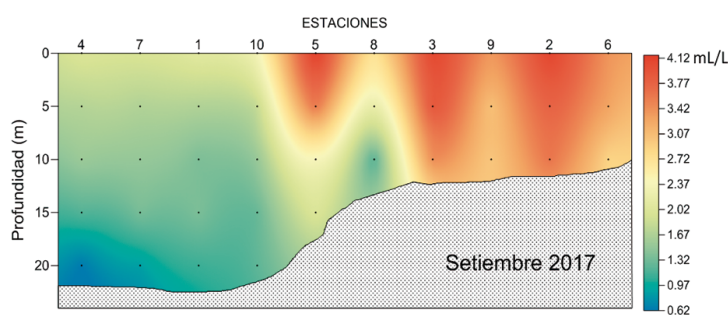


Figura 16.- Oxígeno disuelto (mL/L) en columna de agua, frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 16. Dissolved oxygen (mL/L) in water column, off Lagunas, Chérrepe. September 2017

**Nutrientes (µM)**

Los fosfatos fluctuaron entre 2,04 y 4,88 µM, promediando 3,22 µM, los mayores registros se ubicaron en el fondo de la estación 5 ubicada al norte de Punta Chérrepe (Fig. 17).

Los valores de silicatos fueron elevados y fluctuaron entre 11,20 y 25,62 µM, promediando 20,84 µM (Fig. 18), en medios altos de silicatos las diatomeas tienen ventaja competitiva sobre otras formas de fitoplancton (MONTILLA y SALINAS, 2015).

Los registros de nitritos variaron de 0,27 a 1,23 µM, con promedio de 0,62 µM (Fig. 19); los nitratos fluctuaron entre 14,65 y 25,54 µM promediando 21,17 µM, valores menores a los encontrados en la isla Lobos de Tierra y se relacionó con la eutrofización generada por el río Zaña (Fig. 20).

**Transparencia (m)**

El agua de mar presentó color verde oscuro, su transparencia varió entre 0,5 y 1,5 m. las zonas más turbias se concentraron entre la desembocadura del río Zaña y Punta Chérrepe.

**Nutrients (µM)**

Phosphates ranged from 2.04 to 4.88 µM, averaging 3.22 µM. The largest records were located at the bottom of Station 5, north of Punta Chérrepe (Fig. 17).

Silicates were high and fluctuated between 11.20 and 25.62 µM, averaging 20.84 µM (Fig. 18). Diatoms in high-silicate environments have a competitive advantage over other forms of phytoplankton (MONTILLA & SALINAS, 2015).

Nitrite ranged from 0.27 to 1.23 µM, averaging 0.62 µM (Fig. 19). Nitrates fluctuated between 14.65 and 25.54 µM, averaging 21.17 µM. These values were lower than those found on Lobos de Tierra Island and were related to the eutrophication generated by the Zaña River (Fig. 20).

**Transparency (m)**

The seawater was dark green, its transparency varied between 0.5 and 1.5 m. The most turbid areas were concentrated between the mouth of the Zaña River and Punta Chérrepe.

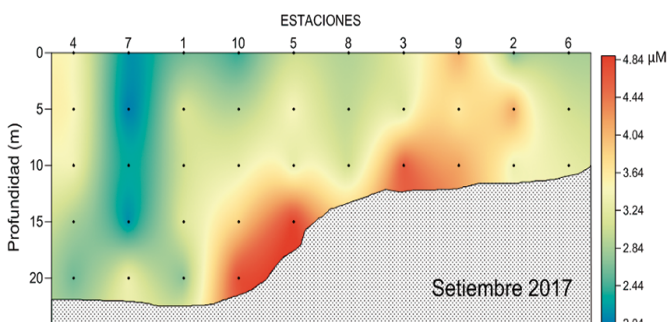


Figura 17.- Fosfatos (µM) en columna de agua frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 17. Phosphates (µM) in water column off Lagunas, Chérrepe. September 2017

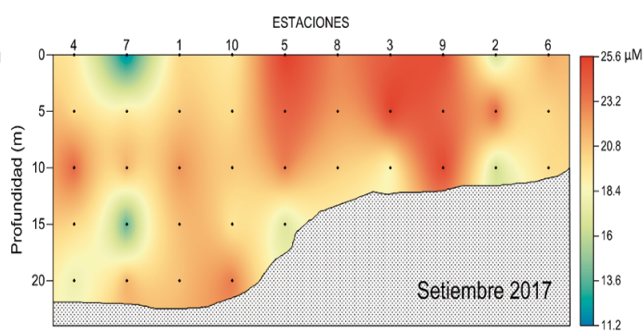


Figura 18.- Silicatos (µM) en columna de agua frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 18. Silicates (µM) in water column off Lagunas, Chérrepe. September 2017

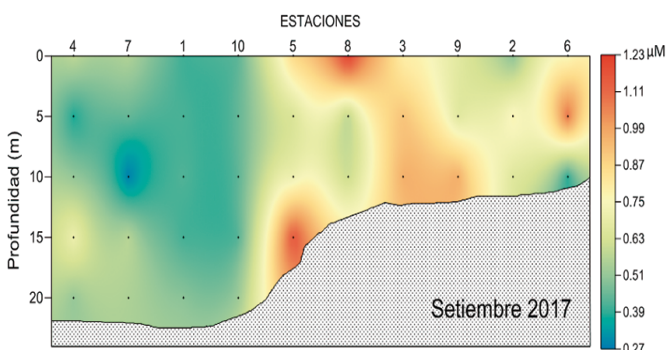


Figura 19.- Nitritos (µM) en columna de agua frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 19. Nitrites (µM) in water column off Lagunas, Chérrepe. September 2017

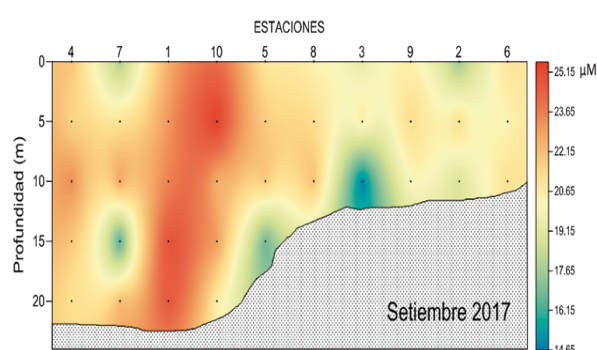


Figura 20.- Nitratos (µM) en columna de agua frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 20. Nitrates (µM) in water column off Lagunas, Chérrepe. September 2017

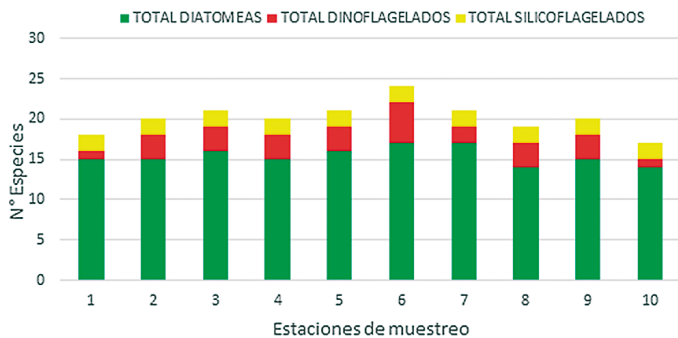


Figura 21.- Distribución del número de especies de fitoplancton, frente a Lagunas - Chérrepe. Setiembre 2017

Figure 21. Distribution of the number of phytoplankton species, off Lagunas, Chérrepe. September 2017

**Comunidad del fitoplancton**

En todas las estaciones de muestreo, el fitoplancton predominó sobre el zooplancton que estuvo representado por especies de copépodos.

Se registraron 29 especies de diatomeas, 8 de dinoflagelados y 2 silicoflagelados. (Fig. 21).

En el área de la futura concesión frente a Lagunas, Chérrepe, la comunidad fitoplanctónica se caracterizó por presencia de diatomeas neríticas como *Coscinodiscus perforatus*, *Lithodesmium undulatum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassiosira rotula*, *T. angulata*, *Stephanopyxis turris* y *Thalassionema nitzschioides*, esta última especie se presentó abundante en la mayoría de las estaciones. Se registraron, además, especies bentónicas como *Pleurosigma* sp., *Gyrosigma* sp., y *Odontella aurita*.

Se hallaron pocas especies de dinoflagelados: *Triplos buceros*, *Protoperidinium pellucidum*, *P. depressum*, *P. pentagonum* y *P. conicum*.

**Presencia de especies potencialmente tóxicas**

Según la lista actualizada de especies potencialmente tóxicas (IMARPE, 2015) se encontraron en solo algunas estaciones (Tabla 3) dos especies catalogadas como tales, se trata de los grupos de *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *P. seriata* (Anexo II).

**Phytoplankton community**

In all sampling stations, phytoplankton predominated over zooplankton which was represented by some copepods.

We recorded 29 diatoms, 8 dinoflagellates, and 2 silicoflagellates. (Fig. 21).

The phytoplankton community was characterized by the presence of neritic diatoms such as *Coscinodiscus perforatus*, *Lithodesmium undulatum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Thalassiosira rotula*, *T. angulata*, *Stephanopyxis turris*, and *Thalassionema nitzschioides*, the latter was abundant in most stations. We also recorded benthic species such as *Pleurosigma* sp., *Gyrosigma* sp., and *Odontella aurita*.

We found fewer dinoflagellates such as *Triplos buceros*, *Protoperidinium pellucidum*, *P. depressum*, *P. pentagonum*, and *P. conicum*.

**Presence of potentially toxic species**

According to the updated list of potentially toxic species (IMARPE, 2015), we found two species in only a few stations (Table 3), *Pseudo-nitzschia delicatissima* and *P. seriata* (Appendix II).

Tabla 3.- Análisis semicuantitativo de fitoplancton, frente a Lagunas – Chérrepe, 2017

Table 3. Semi-quantitative analysis of phytoplankton, off Lagunas, Chérrepe (2017)

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Predominancia	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO
Grupo <i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Grupo <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Leyenda: 0= Ausente, 1= Presente, 2= Escaso, 3= Abundante, 4= Muy abundante, FITO= Fitoplancton

Legend: 0= Absent, 1= Present, 2= Scarce, 3= Abundant, 4= Very abundant, FITO= Phytoplankton



Las especies del grupo *Pseudo-nitzschia seriata* generalmente son consideradas como raras veces tóxicas (HASLE & FRYXELL, 1995; COI, 2002 en REGUERA, 2002), pero su proliferación se relaciona con la presencia del ácido domoico, toxina que ocasiona mortandad inusual de aves marinas, como sucedió en las costas de la Patagonia de acuerdo con ALVAREZ-FALCONI (2009) producida por la diatomea *P. australis*, especie que aun cuando se ha reportado en aguas peruanas hasta el 2012 no se habían hallado informes de floraciones tóxicas o de ácido domoico en la cadena trófica (IMARPE, 2012).

#### 4. CONCLUSIONES

Las condiciones oceanográficas fueron muy variables y se debió a las condiciones de calentamiento por El Niño Costero en el primer semestre y condiciones de enfriamiento en setiembre debido al arribo de ondas Kelvin frías.

De las especies indicadas como potencialmente tóxicas para el mar peruano, se observó el dinoflagelado *Dinophysis acuminata* y los dos grupos de la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp. (*seriata* y *delicatissima*).

La máxima concentración, en isla Lobos de Tierra, de *Dinophysis acuminata* fue 160 cel.L<sup>-1</sup>, densidad menor a los niveles permisibles de los Controles Sanitarios para México y Uruguay.

*Pseudo-nitzschia seriata* y *P. delicatissima* fueron registradas en las dos áreas de estudio, pero su distribución no fue amplia y sus densidades fueron muy bajas.

The species of the *Pseudo-nitzschia seriata* group are generally considered to be rarely toxic (HASLE & FRYXELL, 1995; COI, 2002 cited in REGUERA, 2002), but their proliferation is related to the presence of domoic acid, a toxin that causes unusual mortality of seabirds as happened on the coasts of Patagonia according to ALVAREZ-FALCONI (2009) produced by the diatom *P. australis*, a species that even though it has been reported in Peruvian waters until 2012, we have not found reports of toxic blooms or domoic acid in the food chain (IMARPE, 2012).

#### 4. CONCLUSIONS

The oceanographic conditions were very variable due to the warming conditions caused by El Niño Costero in the first semester and cooling conditions in September that resulted from the arrival of cold Kelvin waves.

Of the potentially toxic species in the Peruvian sea, we observed the dinoflagellate *Dinophysis acuminata* and the two groups of the diatom *Pseudo-nitzschia* spp. (*seriata* and *delicatissima*).

The maximum concentration of *Dinophysis acuminata* in Lobos de Tierra island was 160 cel.L<sup>-1</sup>, which is below the allowable levels of the Sanitary Controls for Mexico and Uruguay.

We recorded *Pseudo-nitzschia seriata* and *P. delicatissima* in both study areas, but their distribution was not wide and their densities were very low.

#### REFERENCIAS / REFERENCES

- ALVAREZ-FALCONÍ. P. 2009. Ácido domoico e intoxicación amnésica por moluscos en Salud Pública. Rev. Perú Med. Exp Salud Pública. 26(4): 505-516.
- ANDERSEN P. 1996. Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems IOC Technical Series No. 44, UNESCO. 116 pp.
- BALECH E. 2002. Dinoflagelados tóxicos del cono sur americano. En: Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. E. A. Sar; M. Ferrario; B. Reguera (eds.). Instituto Español de Oceanografía, Madrid, España. 132 pp.
- BANCES S. 2017. Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Nocivo en el Área de Concesión de Lagunas-Chérrepe y Banco Natural de Concha de Abanico en la Isla Lobos de Tierra durante el 2016. Informe Técnico Anual (interno). Imarpe. Febrero 2016.
- CARRIT D E, CARPENTER J H. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea-water. J. Mar. Res. 24: 286-318.
- COFEPRIS. 2005. Instrucción de trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas. Secretaría de Salud. México.
- ENFEN. 2017. Comité multisectorial encargado del estudio nacional del fenómeno El Niño. Comunicado oficial. Boletín 8.
- ENFEN. 2017. Comité multisectorial encargado del estudio nacional del fenómeno El Niño. Comunicado oficial. Boletín 14.
- ESCOBAR J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Naciones Unidas. Revista CEPAL, Santiago de Chile. 63 pp.

- FERRARIO M, EUGENIA S, SALA S. 2002. Diatomeas potencialmente tóxicas del Cono Suramericano. En: Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano. E. A. Sar; M. Ferrario; B. Reguera (eds.). Instituto Español de Oceanografía, Madrid, España. 167-194 pp.
- FUENTES F, MASSOL-DEYÁ A. 2002. Manual de Laboratorios Ecología de Microorganismos. Universidad de Puerto Rico.
- HALLEGRAEFF G. 2003. Harmful algal blooms: A global overview, in manual on harmful marine microalgae. Monogr. Oceanogr. Methodol. 11: 25-49.
- HERRERA A, SIERRA-BELTRÁN A, HERNÁNDEZ-SAAVEDRA N. 2008. Floraciones algales nocivas: perspectivas y estrategias biotecnológicas para su detección. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México. Bio Tecnología. 12 (1): 23-40.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. 2015. Especies del fitoplancton potencialmente tóxicas, actualización. Marco de la Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos Vivos. Callao. Perú. 79 pp.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. 2012. Mortandad de delfines en el litoral de la costa norte, de febrero a abril 2012. Informe Final. Callao. Perú.
- MÉNDEZ S. 2015. Gestión y monitoreo de floraciones algales nocivas en Uruguay. En el curso: Nuevas perspectivas en la taxonomía y monitoreo de las floraciones algales nocivas- FAN. Callao IMARPE.
- MONTILLA F, SALINAS D. 2015. Fundamentos de química marina. Cuaderno de actividades grupales. Universidad de Alicante España. 192 pp.
- PAERL H W. 1982. Factors limiting productivity of freshwater ecosystems. In: Advances in microbial ecology. Marshall ed. Plenum Press, New York. 6: 75-110.
- REGUERA B. 2002. Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En: Floraciones algales nocivas en el cono Sur Americano. E. A. Sar; M. Ferrario; B. Reguera (eds.). Instituto Español de Oceanografía, Madrid, España. Cap. 1: 19-54.
- REGUERA B. 2003. Biología, autoecología y toxicología de las principales especies del género *Dinophysis* asociadas a episodios de intoxicación diarreogénica por bivalvos (DSP). Tesis doctoral, Universidad de Barcelona. 311 pp.
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del Fenómeno «El Niño» sobre el Fitoplancton. Boletín Extra. El Niño y su Impacto. 33-40.
- STRICKLAND J D H, PARSON T R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Second Edition, Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310 pp.
- UNESCO, COI. 2013. Quinto Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica Montevideo, Uruguay 16-18 de octubre 2001.
- UNREIN F. 2001 Efecto de los nutrientes y el pH sobre el crecimiento y la estructura del fitoplancton en ambientes de la llanura aluvial del Paraná Inferior. Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires. 162 pp.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton Methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.
- ZUTA S, URQUIZO W. 1972. Temperatura Promedio de la superficie del Mar frente a la costa peruana periodo 1928 - 1969. Bol Inst Mar. Perú. 2 (8): 459-520.

## ANEXO I / APPENDIX I

Análisis semi cuantitativo de fitoplancton. Isla Lobos de Tierra, abril 2017

Semi-quantitative analysis of phytoplankton. Lobos de Tierra Island, April 2017

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Predominancia	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO
<b>DIATOMÉAS</b>												
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Actinocyclus senarius</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina pelagica</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Chaetoceros affinis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	3	1	0	1
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	1	0	1	0	3	3	3	3	3	3	4	1
<i>Chaetoceros debilis</i>	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	1	3
<i>Chaetoceros didymus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Chaetoceros lorentzianus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	3	3	4	3	3	3	1	1	1	3	1	1
<i>Coscinodiscus waillessi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cyclotella</i> sp.	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	3
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Detonula confervacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Eucampia zoodiacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Guinardia flaccida</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Guinardia striata</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lioloma pacificum</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Lithodesmium undulatum</i>	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Proboscia alata</i> var. <i>alata</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Pseudonitzschia</i> spp. (Grupo <i>seriata</i> )	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0
<i>Pseudonitzschia</i> spp. (Grupo <i>delicatissima</i> )	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Rhizosolenia chunii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Rhizosolenia pungens</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
<i>Skeletonema costatum</i>	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Surirella fastuosa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Thalassiosira angulata</i>	1	3	3	3	3	1	0	3	1	1	1	1
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira mendiolana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira rotula</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	3	1	1	0
<i>Thalassiosira subtilis</i>	3	3	0	1	1	1	1	1	1	1	4	3
<b>DINOFLAGELADOS</b>												
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Diplopetopsis minor</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dissodinium asymmetricum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Protoperidinium crassipes</i>	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
<i>Protoperidinium depressum</i>	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Protoperidinium divergens</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium excentricum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium leonis</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium longispinum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Protoperidinium mendiolae</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium minutum</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Protoperidinium subinermis</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Triplos furca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Triplos fusus</i> var. <i>fuscus</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Triplos dens</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<b>SILICOFLAGELADOS</b>												
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
<i>Octactis octonaria</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

Leyenda: 0= Ausente, 1= Presente, 2= Escaso, 3= Abundante, 4= Muy abundante, ACF= Aguas Costeras Frías

## ANEXO II / APPENDIX II

Análisis semi cuantitativo de Fitoplancton. Frente a Chérrepe. Setiembre 2017

Semi-quantitative analysis of phytoplankton. Off Chérrepe. September 2017

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Predominancia	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO	FITO
<b>DIATOMEAS</b>										
<i>Achnanthes longipes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
<i>Actinoptychus senarius</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Chaetoceros debilis</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Coscinodiscus walesii</i>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Licmophora abbreviata</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Odontella aurita</i>	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (grupo seriata)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (grupo delicatissima)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia chunii</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
<i>Tropidoneis</i> sp.	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3
<i>Thalassiosira angulata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Thalassiosira rotula</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<b>DINOFLAGELADOS</b>										
<i>Diplopeltopsis minor</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Protoperidinium excentricum</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Protoperidinium obtusum</i> (ACF)	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tripos buceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>SILICOFLAGELADOS</b>										
<i>Dictyocha fibula</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Octactis octonaria</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Leyenda: 0= Ausente, 1= Presente, 2= Escaso, 3= Abundante, 4= Muy abundante, ACF= Aguas Costeras Frías

Legend: 0= Absent 1= Present, 2= Scarce, 3= Abundant, 4= Very abundant, ACF= Cold Coastal Waters