INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 44, Número 2

Abril - Junio 2017
Callao, Perú

PERÚ Ministerio de la Producción

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS. ISLA LOBOS DE TIERRA, PERÚ. MARZO 2014

CHARACTERIZATION OF PHYSICAL, CHEMICAL, BIOLOGICAL AND SEDIMENTOLOGICAL PROCESSES. LOBOS DE TIERRA ISLAND, PERU. MARCH 2014

Georgina Flores[1] *Octavio Morón* *Sergio Bances*
Juana Solís *Manuel Guzmán* *Jonathan Correa*
Edson Gómez *Marcelo Crispín* *Tony Anculle*

RESUMEN

Flores G, Morón O, Bances S, Solís J, Guzmán M, Correa J, Gómez E, Crispín M, Anculle T. 2017. *Caracterización de los procesos físicos, químicos, biológicos y sedimentológicos. Isla Lobos de Tierra, Perú. Marzo 2014. Inf Inst Mar Perú. 44(2): 212-244.*- En marzo 2014, la temperatura superficial alrededor de la isla Lobos de Tierra, fluctuó de 17,7 a 22,5 °C. Al oeste de la isla los valores variaron entre 17,5 y 20 °C y en el este entre 21 y 22,5 °C. La salinidad, tanto en superficie como en la columna de agua fue homogénea, ≈35 ups, característica de Aguas Costeras Frías (ACF). El oxígeno disuelto varió entre 2,81 y 7,93 mL/L; los valores mayores a 5 mL/L estuvieron relacionados con altas temperaturas. Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,09 y 0,68 mL/m^3, con dominancia de fitoplancton en 39% de las estaciones muestreadas. Microfitoplancton fue el grupo más significativo conformado principalmente por presencia y abundancia en algunas estaciones de la diatomea de afloramiento *Chaetoceros socialis* Lauder, 1864 acompañada de especies neríticas como *Skeletonema costatum* Cleve, 1873, *Thalassiosira anguste-lineata* Fryxell y Hasle, 1977, *Actinocyclus* sp., *Cylindrotheca closterium* Reimann y Lewin, 1964, *Dactyliosolen fragilissimus* Hasle, 1996, entre otras. Además, se registró una discoloración producida por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann, 1908) con densidades de 985 x 10^{3}cel/L. Se registraron especies potencialmente nocivas como *Pseudonitzschia* spp. (Grupo *seriata* y *delicatissima*), *Protoperidinium crassipes* (Kofoid, 1907) y *Dinophysis caudata* Saville-Kent, 1881. Los sedimentos predominantes se caracterizaron por texturas de arena, arena arcillosa y mínima presencia de sustrato rocoso. La arena dominó el área de estudio, se encontraron pequeños parches dispersos de arena arcillosa al oeste de la isla, cercanos a la línea de costa. Al este, alejado de la línea de costa, se determinaron sedimentos con gravas, cascajo y arena gruesa. Al norte de la isla se presentaron mezclas de facies texturales de arena y arena arcillosa. Los fondos rocosos están cerca de la línea de costa. Altos contenidos de materia orgánica total (MOT) (10,02%) se detectaron en el islote Albatros. Bajos contenidos orgánicos están asociados a sedimentos con predominancia de fracciones de arena, presentes en la zona cercana a la línea de costa, el mínimo valor de materia orgánica total fue de 1,56%.
Palabras clave: Isla Lobos de Tierra, sedimentos, procesos físicos, químicos, biológicos

ABSTRACT

Flores G, Morón O, Bances S, Solís J, Guzmán M, Correa J, Gómez E, Crispín M, Anculle T. 2017. *Characterization of physical, chemical, biological and sedimentological processes. Lobos de Tierra Island, Peru. March 2014. Inf Inst Mar Peru. 44(2): 212-244.*- During the evaluation conducted in March 2014, surface temperatures around the island ranged from 17.7 to 22.5 °C. To the west of the island, the values varied between 17.5 and 20 °C and in the east the values varied between 21 and 22.5 °C. The salinity, in surface and in the water column was homogeneous, ≈35 psu, characteristic of Cold Coastal Waters. Dissolved oxygen varied between 2.81 and 7.93 mL/L; values higher than 5 mL/L were related to high temperatures. Plankton volumes fluctuated between 0.09 and 0.68 mL/m^3, with phytoplankton dominance in 39% of the stations sampled. Microphytoplankton was the most important group formed mainly by presence and abundance in some stations of the outcropping diatom *Chaetoceros socialis* Lauder, 1864 accompanied by neritic species such as *Skeletonema costatum* Cleve, 1873, *Thalassiosira anguste-lineata* Fryxell and Hasle, 1977, *Actinocyclus* sp., *Cylindrotheca closterium* Reimann and Lewin, 1964, *Dactyliosolen fragilissimus* Hasle, 1996, among others. In addition, a discoloration was registered produced by the ciliated *Mesodinium rubrum* (Lohmann, 1908) with densities of 985 x 10^{3}cel/L. Potentially noxious species such as *Pseudonitzschia* spp. were registered. (Groups: *seriata* and *delicatissima*), *Protoperidinium crassipes* Balech, 1974 and *Dinophysis caudata* Saville-Kent, 1881. Predominant sediments were characterized by sand textures, sandy clay and minimal presence of rocky substrate. The sand dominated the study area, small patches were found scattered of argillaceous sand to the west of the island, near the coastline. To the east, away from the coastline, sediments were determined with gravel, gravel and coarse sand. Blends of textural patches of sand and clay sand are presented to the north of the island. The rocky bottoms are near the coastline. High contents of total organic matter (TOM) (10.02%) were detected in the Albatros islet. Low organic content are associated with sediments with a predominance of sand fractions present in the area near the coastline, the minimum value of total organic matter was 1.56%.
Keywords: Lobos de Tierra Island, sediments, physical, chemical, biological processes

1 IMARPE, esq. Gamarra y Gral Valle s/n, Callao, Perú. gflores@imarpe.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

Esta evaluación se efectuó en el marco del proyecto GEF-UNDP Hacia un manejo ecosistémico de la Corriente de Humboldt (GEMCH) – PIMS 4147, que financió el Estudio de Línea Base ambiental en la isla Lobos de Tierra, para contar con información cuantificable *in situ* (sitios piloto), que sirva de respaldo en la validación de los enfoques de manejo diferenciado utilizados como herramientas de gestión. Se reportan los resultados de las componentes: física, química, calidad de agua, fitoplancton, zooplancton, bentos y geología marina.

En lo que respecta a Calidad Ambiental, el informe se enfoca comparativamente con la evaluación realizada en la isla San Lorenzo (Callao) a fines de noviembre 2011 y en la bahía San Nicolás de Marcona en agosto 2012. También se correlacionó con la distribución de la biodiversidad que sustentan esos ecosistemas.

Se presenció una marea roja en las islas Lobos de Afuera, que según los registros del Laboratorio costero Santa Rosa del IMARPE, se están desarrollando con mayor intensidad en la zona de estudio. La presencia de algunas especies catalogadas como potencialmente tóxicas provoca preocupación porque podría ocasionar efectos adversos para las comunidades biológicas cercanas a la isla.

El sustrato del fondo marino tiene relevancia, como factor abiótico condicionante, en la distribución de organismos bénticos (Krebs 1985, Vegas 1980), por lo que es fundamental la caracterización sedimentológica y geoquímica de los sedimentos. Estos estudios en conjunto con la caracterización morfológica del fondo marino y las características hidrodinámicas y químicas de la columna de agua, ayudan a comprender los procesos que ocasionan la dispersión de los sedimentos, de los contaminantes particulados y de los procesos biogeoquímicos en los sedimentos relacionados a la mineralización de la materia orgánica, contribuyendo a conocer mejor la ecología y el hábitat de los organismos bento-demersales (Smith 1968).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre el 11 y 17 de marzo 2014, alrededor de la isla Lobos de Tierra, situada a 19 kilómetros de distancia de la costa continental, entre los departamentos de Piura y Lambayeque. Los trabajos se efectuaron a bordo de la embarcación Mi Marisol, cubriendo el área comprendida entre las coordenadas 6°22′S - 6°30′S y 80°48′W - 80°54′W. Los límites geográficos para esta línea base están enmarcados dentro de lo establecido por la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras RNSIIPG.

Para la navegación y ubicación de las estaciones se utilizó el sistema de navegación satelital (GPS) Furuno.

Alrededor de la isla de Lobos de Tierra se realizaron 52 estaciones hidrográficas, incluyendo nueve perfiles hidrográficos (P1, P2… P9), de los cuales se seleccionaron seis para su descripción (Perfiles 1, 3, 4, 5, 7, 9). Se obtuvieron registros continuos de temperatura y salinidad efectuando toma de muestras de agua a profundidades estándar. En las restantes estaciones las observaciones fueron en superficie y fondo (Fig. 1).

Las muestras superficiales se tomaron con un balde plástico; las de fondo (estaciones hidrográficas) con botellas Niskin de 5 L de capacidad. La temperatura se obtuvo con termómetro de superficie. El análisis de salinidad se efectuó en la Sede central con el Salinómetro Guildline 8410A. Para el estudio de

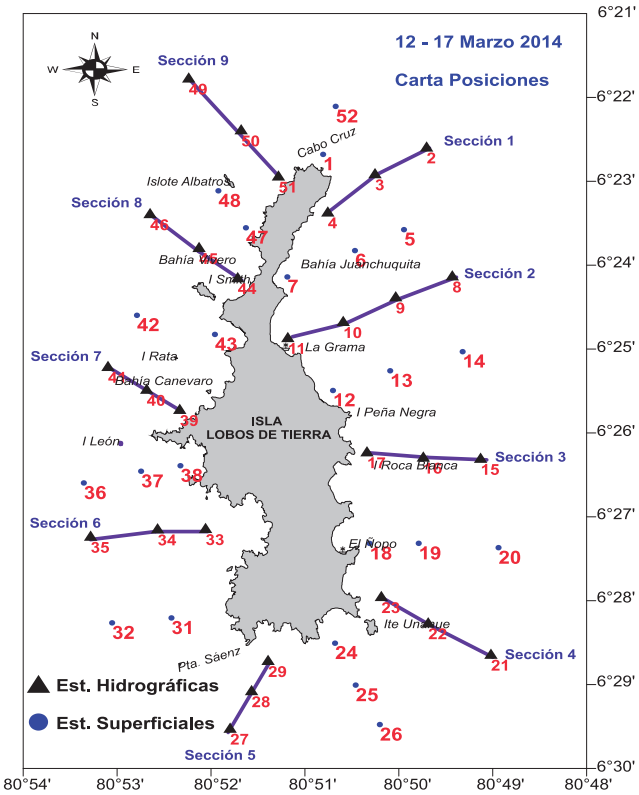

Figura 1.- Ubicación de estaciones. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

corrientes marinas se empleó el Correntómetro perfilador Aanderaa modelo RCM9 programado con intervalos de tiempo de 5 a 10 minutos en cada nivel. Se usó un perfilador CTD 19 Plus V2 marca Sea Bird Electronic's para registrar parámetros físicos. Los vientos se registraron con un anemómetro portátil marca Ames.

Para determinar el oxígeno disuelto se siguió a Carrit y Carpenter (1966); para fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos a Strickland y Parsons (1972) y UNESCO (1983) y se utilizó el espectrofotómetro Lambda 45 marca Perkin Elmer. La determinación de clorofila-a se efectuó con las metodologías de Yentsch y Menzel (1963) y Holm-Hansen et al. (1965) mientras que para el pH se usó el potenciómetro marca HANNA. La transparencia del agua de mar se determinó con un disco Secchi de 30 cm de diámetro. La elaboración de los gráficos se hizo con el programa Surfer 11.

El estudio de calidad ambiental se realizó en 22 estaciones en los alrededores de la isla, colectándose muestras en superficie y fondo que sirvieron para el análisis de sólidos suspendidos totales, aceites y grasas (superficie) y sulfuro de hidrógeno (fondo). Adicionalmente, para la determinación de trazas de metales pesados, se colectaron 10 muestras de agua superficial y 10 de sedimento utilizando una draga van Veen.

Las muestras fueron preservadas y almacenadas con hielo (a excepción del sulfuro que fue preservado y guardado en un lugar fresco y oscuro) se fijaron de acuerdo al Protocolo para Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Marino Receptor (PRODUCE 2002), los análisis se efectuaron en el Laboratorio de Contaminación Marina (LCM) siguiendo a Kennish (2001).

Las determinaciones fisicoquímicas para evaluar la calidad acuática se basaron en los métodos siguientes:

- Método gravimétrico APHA-AWWA-WEF (2005). Method 2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C.
- Método gravimétrico para determinación de aceites y grasas Standard.
- Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WEF (2005) Method 5520B.
- Método colorimétrico azul de metileno descrito por Grasshoff et al. 1999.

Para la elaboración de cartas de distribución horizontal de los diversos parámetros mencionados, se trabajó con el método de interpolación Kriging en el programa Surfer 11.0.

El estudio de fitoplancton se efectuó analizando cualitativamente 28 muestras obtenidas alrededor de la isla, que se recolectaron con red estándar de fitoplancton durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad. Las muestras fueron preservadas con formalina neutralizada en concentración de 1% (Throndsen 1978). Los volúmenes de plancton se obtuvieron por centrifugación a 2.400 rpm durante 5 minutos. Los resultados se expresan en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m^3). Para el análisis se dieron valores convencionales a los organismos más representativos del plancton (fito y zooplancton) según metodología del IMARPE.

Se analizaron cuantitativamente 28 muestras de agua obtenidas con botella Niskin a 10 m de profundidad. Para el conteo, se siguió a Utermöhl (1958) empleándose cilindros de sedimentación de 25 mL de capacidad. Los resultados se expresan en Nº cel x 10^3/Litro.

Las especies menores de 2 µm y las abundantes, se contaron en un área que representa 1 mL de la muestra y se observó con un aumento de 400x. Células mayores de 20 µm y menos abundantes fueron contadas en media base de la cámara con aumento de 200x. Para la determinación taxonómica de los organismos fitoplanctónicos se consultaron los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Sournia (1967), Schiller (1971) y Sundström (1986). Se desarrolló el Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (1963) y los cálculos se efectuaron con el programa PRIMER (versión 6.0). Para la elaboración de mapas, con sus respectivas isolíneas, se utilizó el programa SURFER (versión 11).

Para el estudio del zooplancton se colectaron 28 muestras con red Baby bongo de 22 cm de diámetro y 2 m de longitud, con mallas nytal de 150 µm y 300 µm, operada mediante lances oblicuos a diferentes profundidades dependiendo del fondo de la isla (máximo 54 m). Para determinar el volumen de agua filtrada se colocó un flujómetro marca Hidrobios en la boca de la red de 150 µm. Los bio-volúmenes de zooplancton se obtuvieron con el método de Robertson (1970). Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras; dependiendo de la abundancia de las especies se contó el total de la muestra o una fracción (Van Guelpen et al. 1982).

La determinación de las especies del zooplancton, se basó en los trabajos de Gurney (1942), Bowman y Gruner (1973), Boschi (1981), Bouillon (1999), Bradford-Grieve et al. (1999), Onbé (1999), Pohle et al. (1999) y Pugh (1999), entre otros y para el caso del ictioplancton, principalmente, en los trabajos de Einarsson y Rojas de Mendiola (1963) y Watson y Sandknop (1996b).

Las abundancias fueron expresadas en Nº individuos/10 m^3 y los bio-volúmenes en mL/10 m^3. Teniendo en cuenta las recomendaciones de Pielou (1984), se calcularon los parámetros comunitarios con base en la frecuencia relativa superior al 10% del total de organismos. Se determinaron los índices de diversidad, equidad, riqueza de especies, similaridad de Bray Curtis y Cluster. El procesamiento de los datos se realizó en Excel, los gráficos de distribución y abundancia en los programas Surfer 11 y RStudio.

Las muestras de sedimentos marinos se obtuvieron con una draga tipo van Veen de 0,05 m^2 de superficie de colecta, tomándose entre una y tres réplicas por estación. El contenido fue tamizado en una malla de 500 µm y preservado en frascos con formol al 10% neutralizado con bórax y teñido con rosa de bengala. Se determinó la composición de la comunidad macrozoobentónica hasta el menor nivel taxonómico posible, utilizándose bibliografía especializada: para poliquetos Fauchald (1977) y Hobson y Banse (1981), para moluscos Álamo y Valdivieso (1987), para crustáceos Chirichigno (1970) y para anfípodos Barnard y Karaman (1991), entre otros. Para el estudio granulométrico comparativo, se determinaron los porcentajes parciales de grava, arena, limo y arcilla. En laboratorio se determinó el tipo de fracción orgánica, presencia de algunos minerales, contenido de materia orgánica y carbonatos totales.

Para la estructura comunitaria se tuvo en cuenta densidad, biomasa y número de especies por réplica y estación de muestreo. Se trabajó con los índices de diversidad de Shannon -Wiener (H′), de equidad (J′) de Pielou y la dominancia de Simpson (1-lambda′), los dos últimos índices se calcularon usando Log2 (en base 2). La densidad (Nº de individuos) y biomasa (peso húmedo) de los organismos se expresaron al metro cuadrado (Nº de individuos.m^{-2} y g.m^{-2}).

Se realizó un análisis multivariado de ordenamiento (nMDS) y de clasificación numérica para determinar el grado de similitud entre estaciones y especies, usando el método de clasificación jerárquica aglomerativa con media ponderada (Sneath y Sokal, 1973). Con el índice de Bray-Curtis, se hizo una transformación de las abundancias a Ln(X+1).

Para el estudio de sedimentos superficiales se colectaron 18 muestras distribuidas alrededor de la isla empleando una draga Van Veen de 0,25 m^2, también se colectaron muestras en algunas estaciones próximas a los islotes León y Albatros. Las muestras fueron conservadas en refrigeración hasta su análisis. Las profundidades de muestreo variaron entre 6 y 54 m.

Los análisis granulométricos se realizaron con tamices (Ingram 1971). El contenido de partículas finas de limo y arcilla se determinó por el método de la pipeta de Galehouse (1971) y la materia orgánica mediante el método de pérdida de peso por ignición (Dean 1974). La textura sedimentaria se estableció empleando el diagrama de Shepard (1954) utilizando las proporciones de arena, limo y arcilla. Todos los valores obtenidos representan el porcentaje del peso del total del sedimento seco. El procesamiento de datos se realizó en Excel. La confección de cartas temáticas se efectuó con el programa Surfer 11.

3. RESULTADOS

Aspectos oceanográficos en el plano horizontal

El rango de temperatura en la superficie del mar alrededor de la isla varió de 17,5 a 22,5 °C, promedio 20,6 °C. Se apreciaron dos zonas bien definidas:

a Zona del borde occidental, con temperaturas <20 °C entre el norte del islote Albatros y al sur hasta punta Sáenz (Fig. 2), zona mayormente influenciada por la Corriente Costera Peruana generando características físicas y químicas propias de esta corriente (Morón 2000); este borde mostró en la parte central una zona de mínimas temperaturas (<18 °C) entre el islote Smith por el norte (6°24′20″S) y la ensenada al sur (6°27′30″S).

b Zona del borde oriental, que presentaron temperaturas homogéneas (21-22,5 °C), característica que tendría relación con la menor profundidad y menor remoción de agua, principalmente alrededor de bahía Juanchuquita y La Grama, donde se concentraron las mayores temperaturas (Fig. 2).

La anomalía térmica respecto al cuadrante 308-60 (entre latitudes 6° y 7°S y longitudes 80° y 81°W) fue negativa (-1,3 °C).

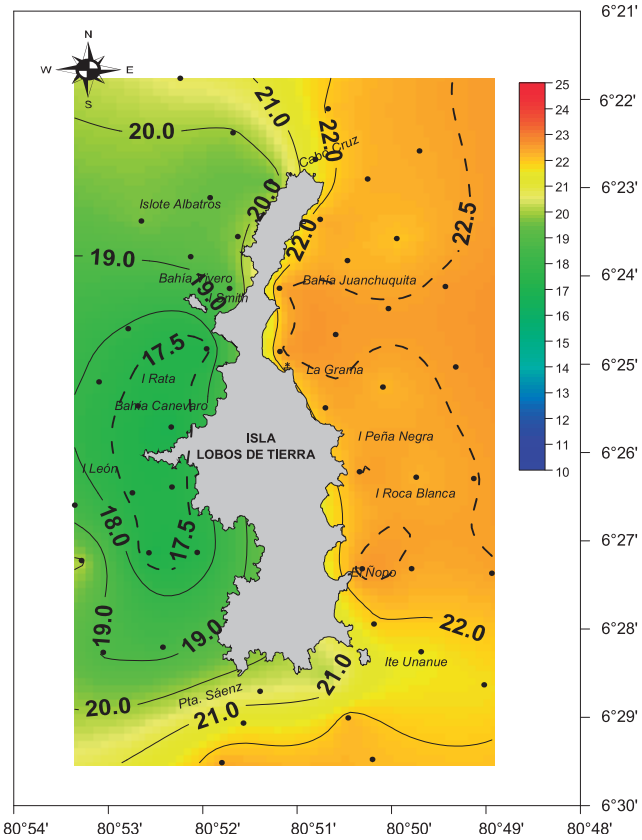

Figura 2.- Distribución superficial de temperatura (°C). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

La salinidad en la superficie del mar (Fig. 3) varió entre 34,965 y 35,095 ups, valores homogéneos con promedio 34,984 ups, que son propios de Aguas Costeras Frías (ACF).

La densidad en la superficie (Fig. 4) fluctuó entre 1.024,1 y 1.025,5 kg/m^3. Las mayores densidades se registraron en el lado occidental de la isla y estuvieron relacionadas con las temperaturas más bajas.

Aspectos oceanográficos cerca al fondo

La temperatura osciló entre 15,6 °C y 22,0 °C, promedio 17,5 °C. La distribución térmica mostró relación con lo observado en superficie; los bajos valores (16 – 18 °C) se registraron frente al borde occidental de la isla. En el lado oriental y a lo largo de la isla se registraron valores mayores de 20 °C disminuyendo hacia mar abierto.

La salinidad tuvo valores entre 34,881 y 35,077 ups. En la distribución halina predominaron Aguas Costeras Frías (ACF). La densidad en el fondo presentó valores de 1.024,2 a 1.026,1 kg/m^3, promedio 1.025,5 kg/m^3, observándose mayor densidad en el lado oeste de la isla.

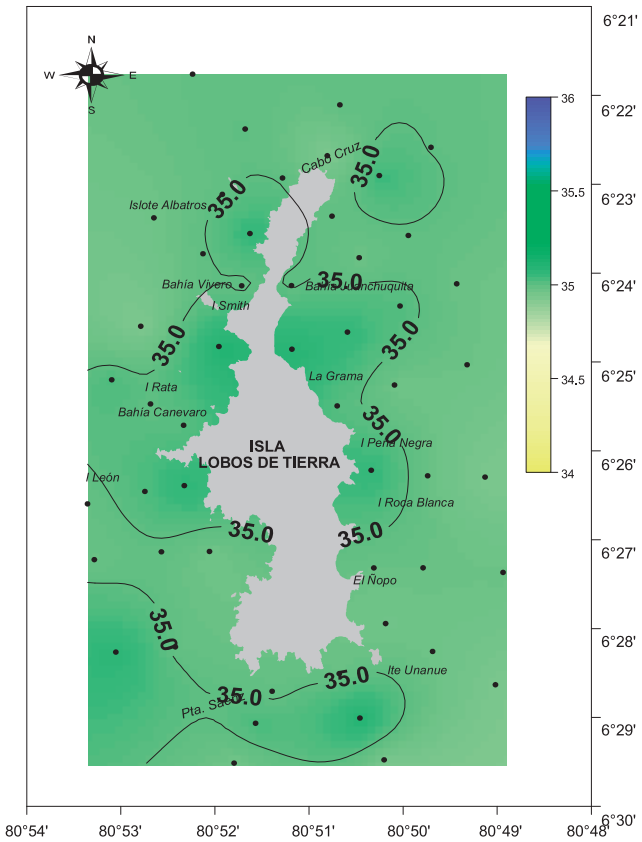

Figura 3.- Salinidad (ups). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

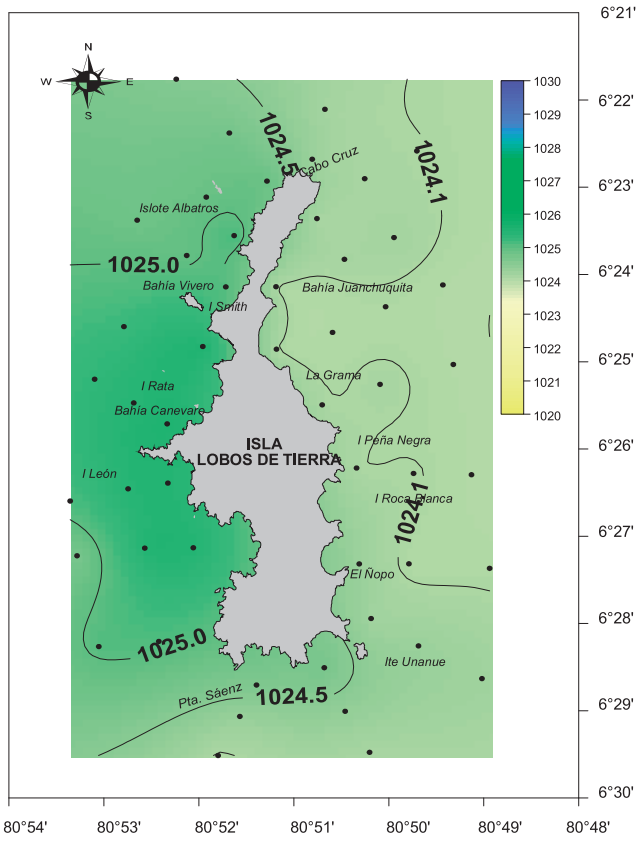

Figura 4.- Densidad en la superficie del mar (kg/m3). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

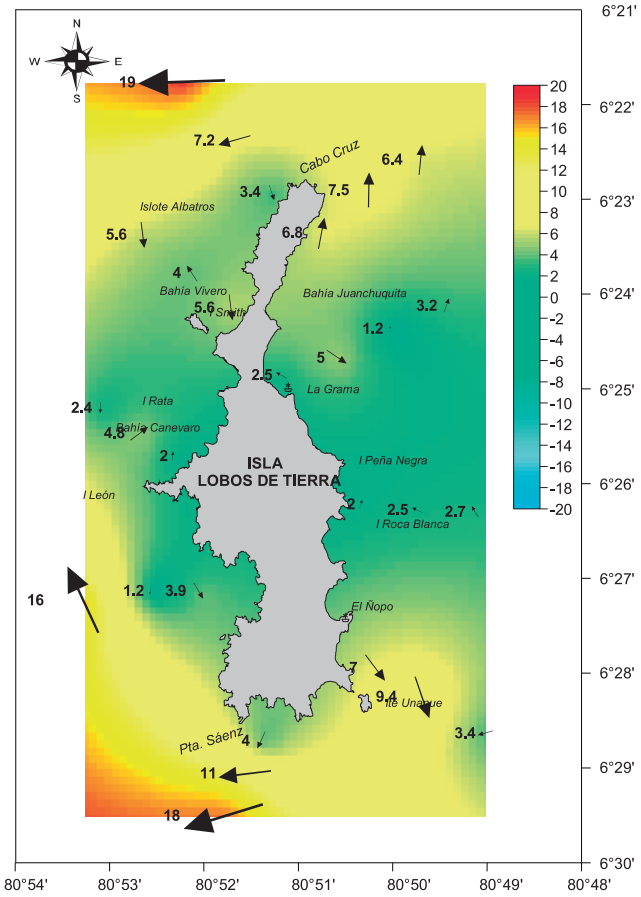

Figura 5.- Circulación marina en superficie (cm/seg). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

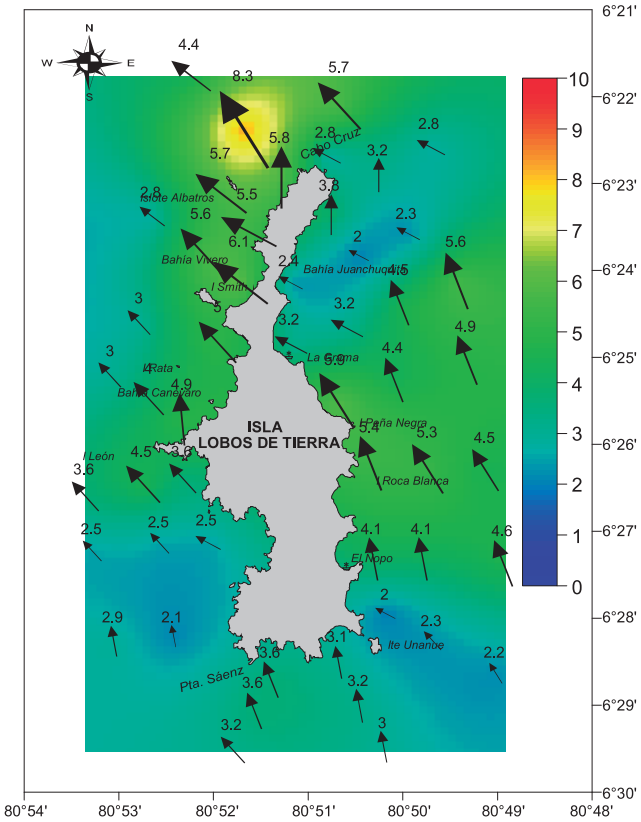

Figura 6.- Dirección y velocidad del viento. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Circulación marina

En la superficie se presentaron flujos cuyas intensidades variaron entre 1,2 y 18,7 cm/s y los flujos dominantes en la zona oriental norte fueron hacia el norte, mientras que en el área restante (oriental y occidental) predominaron flujos de poca intensidad hacia el sur. Las mayores intensidades se registraron en la parte sur (Fig. 5).

Cerca del fondo las orientaciones dominantes de los flujos fueron hacia el sureste y suroeste con intensidades que variaron de 1,8 a 26,2 cm/s. La mayor intensidad de los flujos se registró en el extremo norte de la isla.

Sólidos en suspensión (NTU)

La capa superficial presentó turbidez con rango de 0,2 a 3,5 NTU. Para la capa de 1 m subsuperficial el promedio fue de 0,7 NTU dando lugar a mayor visibilidad en la zona, a excepción del norte de la isla donde se registró la mayor turbidez.

En el fondo la turbidez varió de 0,3 a 2,3 NTU; al occidente de la isla se tuvo mayor visibilidad en el fondo, a diferencia del lado oriental, donde la visibilidad fue menor.

Vientos (m/s)

La velocidad del viento cerca de superficie del mar fluctuó entre 2,0 y 6,1 m/s, manteniendo dirección dominante del suroeste (SW) (Fig. 6).

Distribución vertical

La columna de agua presentó marcadas variaciones térmicas entre los lados oriental y occidental de la isla. En las secciones 1, 3 y 4 (S1, S3 y S4), ubicadas en el lado oriental (Figs. 7a, 8a, 9a) se determinaron temperaturas entre 16,07 y 22,5 °C. Se registró una capa de mezcla de aproximadamente 12 m de profundidad, debajo de la cual se encontró la termoclina con temperaturas de 21 a 17 °C y, entre los 12 y 15 m de profundidad la misma termoclina mostró mayor fortalecimiento en el extremo sur. La salinidad (Figs. 7b, 8b, 9b) en las 3 secciones presentó valores homogéneos, que fluctuaron entre 34,9 y 35,0 ups, tipificando la presencia de Aguas Costeras Frías (ACF).

La intensidad de las corrientes marinas varió entre 1,8 cm/s (S3) y 21,1 cm/s (S4) (Figs. 7c, 8c, 9c). En la capa subsuperficial de 1 a 5 m los flujos fueron hacia el norte y noreste en S1 y S3, en S4 en superficie se presentaron flujos hacia el sureste. De 10 m hacia el fondo, los flujos fueron de intensidad variable, con dirección predominante hacia el sureste y suroeste.

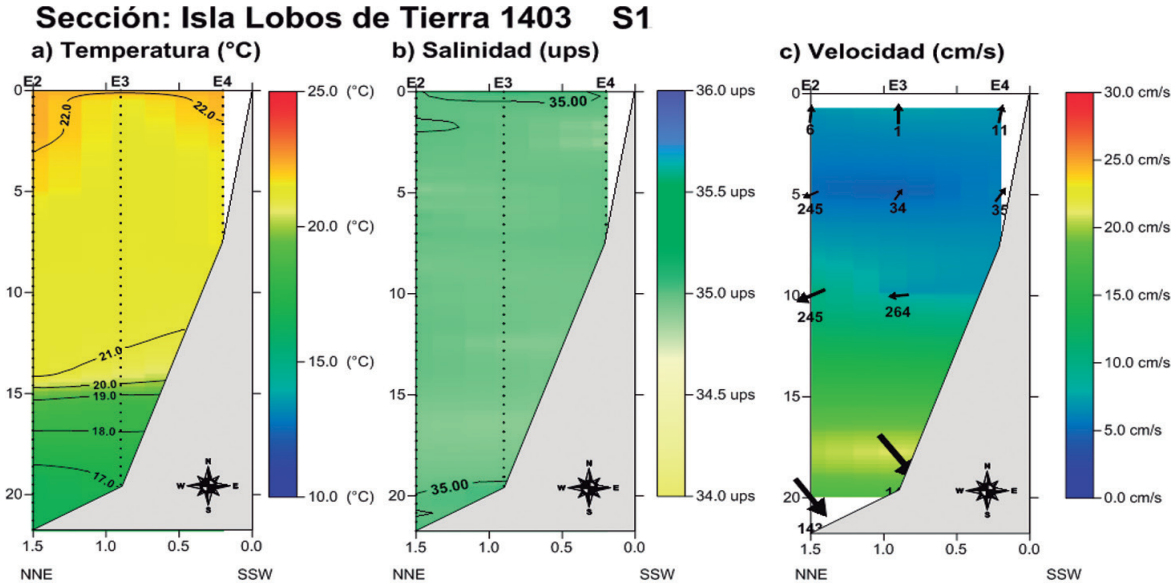

Figura 7.- Sección 1 (S1): a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) corrientes marinas (cm/s). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

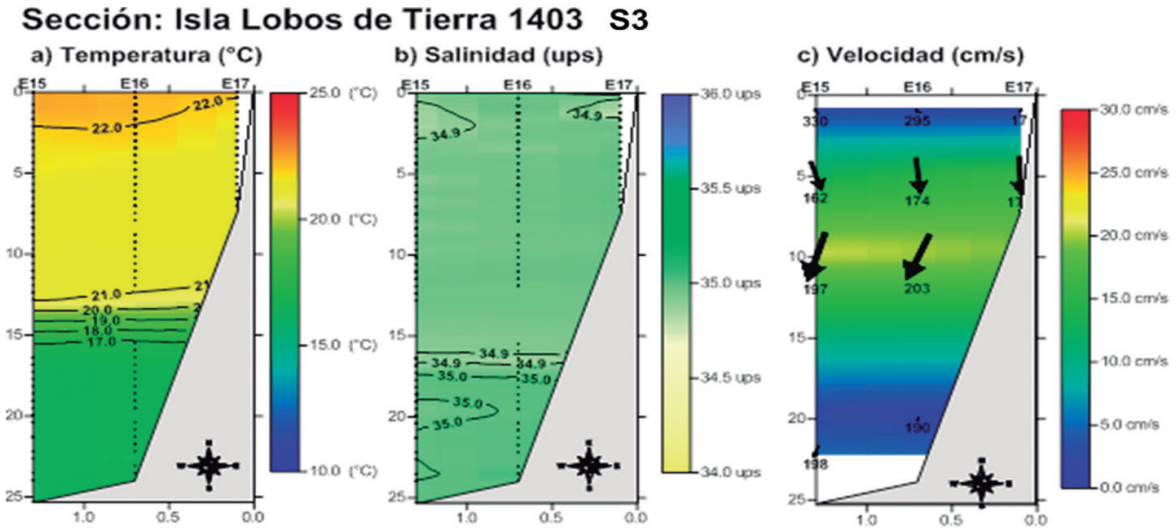

Figura 8.- Sección 3 (S3): a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) corrientes marinas (cm/s). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

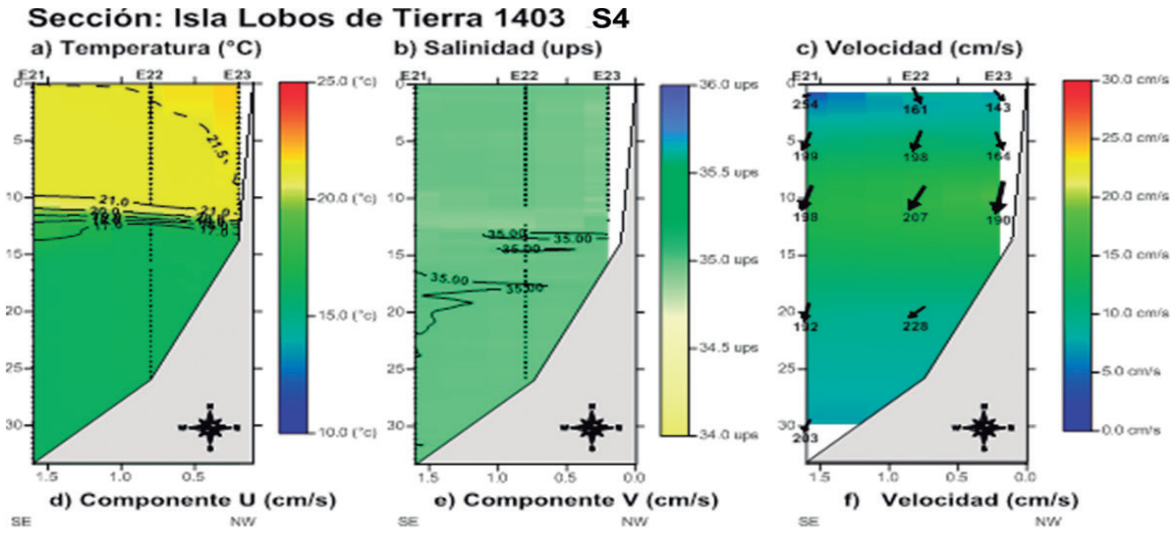

Figura 9.- Sección 4 (S4): a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) corrientes marinas (cm/s). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Las secciones S5, S7 y S9 ubicadas en la zona occidental de la isla Lobos de Tierra presentaron temperaturas de 22,4 °C (S5) a 15,56 °C (S9) (Figs. 10a, 11a, 12a). El valor más elevado (22,4 °C) se registró en el extremo oceánico de S5, mientras que el de 15,56 °C se presentó por debajo de los 40 m en S9.

Las secciones S5 y S9 ubicadas en los extremos sur y norte de la isla, respectivamente, mostraron una termoclina superficial sobre los 10 m de profundidad, mientras que la sección S7 ubicada en la parte central y más fría de la isla presentó una capa homotérmica con valores de 17 a 16,5 °C, ascendentes a la superficie cerca de la línea costera, configurando una zona de afloramiento. La distribución vertical de la salinidad en la parte occidental estuvo en el rango de 34,81 ups (S9) a 35,05 ups (S5) (Figs. 10b, 11b, 12b) lo que indicó la predominancia de ACF y también una ligera mezcla con las Aguas Subsuperficiales (ASS).

Los flujos presentaron intensidades que variaron de 1,9 cm/s (S9) a 26,2 cm/s (S5) (Figs. 10c, 11c, 12c), con mayor intensidad debajo de los 20 m en las secciones S5 y S9. La sección S7 mostró flujos hacia el noreste en superficie. La dirección de las corrientes superficiales en S5 y S9 mostraron tendencia hacia el oeste, mientras que en la capa subsuperficial (debajo de 5 m) la dirección predominante fue hacia el sureste.

Distribución de las variables químicas en la superficie del mar

Oxígeno, pH y Clorofila-a

El oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 2,81 y 7,93 mL/L, los valores altos (>5 mL/L) se registraron en el borde oriental y estuvieron en relación con altas temperaturas, además de la presencia de marea roja producida por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann, 1908) en el sur y norte de la isla. Sin embargo, en el borde occidental de la isla (entre el islote Albatros y Pta. Sáenz) las concentraciones de oxígeno fueron menores, variando de 3 a 5 mL/L, los que asociados a temperaturas <19 °C indicarían el desarrollo de un foco de afloramiento en dicha zona (Fig. 13 a). El potencial de hidronio (pH) tuvo características muy semejantes al oxígeno, el rango varió de 7,72 a 8,28 (Fig. 13 b).

Los valores de clorofila-a fluctuaron entre 0,08 y 1,94 μg/L, el valor más alto se registró frente al islote Albatros y el más bajo frente a bahía Canevaro. La clorofila en general, a excepción de la zona norte de la isla, presentó en el borde oriental concentraciones predominantemente mayores de 0,5 μg/L, sucediendo lo contrario en el borde occidental, donde prevalecieron valores menores de 0,5 μg/L (Fig. 13 c).

Con relación a la transparencia del agua de mar, los valores menores a 4 m se registraron en el borde oriental por la densidad del fitoplancton que se presentó en parches color verde oscuro. Valores entre 6 y 9 m se determinaron en el borde occidental, donde las aguas fueron más transparentes y no estuvieron afectadas por la actividad antropogénica (Fig. 13 d).

Nutrientes en la superficie del mar

Las concentraciones de fosfatos variaron entre 0,32 y 2,59 μM, el promedio fue 1,19 μM. Los valores menores a 1 μM se hallaron en el lado oriental, encontrándose características diferentes en el lado occidental con valores mayores a 1 μM (Fig. 14 a).

Los silicatos, nitratos y nitritos tuvieron similar comportamiento. Los silicatos fluctuaron entre 0,34 y 15,45 μM, promedio 6,21 μM; los nitratos de 0,08 a 16,05 μM, promedio 4,47 μM, y los nitritos con mínimo de 0 μM y máximo de 1,32 μM, promedio de 0,31μM (Figs. 14b, 14c, 14d).

Distribución de las variables químicas a nivel de fondo

Oxígeno, pH y Clorofila-a

Alrededor de la isla se registraron concentraciones de oxígeno disuelto entre 0,64 y 7,14 mL/L. El borde oriental presentó valores entre 6 y 7 mL/L asociados a temperaturas de 20 y 21 °C. Las estaciones donde se ubicaron los valores más altos de oxígeno (>5 mL/L) fueron las más someras. En todo el borde occidental de la isla predominaron valores <4 mL/L (Fig. 15 a).

El pH se caracterizó por presentar el mismo patrón que el oxígeno, variando entre 7,69 y 8,16, promedio 7,86 (Fig. 15 b).

La clorofila-a fluctuó entre 0,08 y 2,04 μg/L, al igual que en superficie, se encontró la mayor concentración en el borde oriental y estuvo en relación con los altos contenidos de oxígeno (>5 m/L) y pH (>7,9) (Fig. 15 c).

Nutrientes a nivel de fondo

Se caracterizaron por presentar valores propios de Aguas Costeras Frías. A excepción del noreste de la isla donde se registró alta concentración de fosfatos (>3,5 μM) y silicatos (>20 μM), los valores más altos se registraron en el borde occidental (>1 μM), mientras que en el borde oriental, y debido a un mayor consumo de estos nutrientes por procesos propios de las condiciones observadas, se encontró déficit de nutrientes: <1 μM fosfatos, <5 μM de silicatos y nitratos (Fig. 16 a, b, c, d).

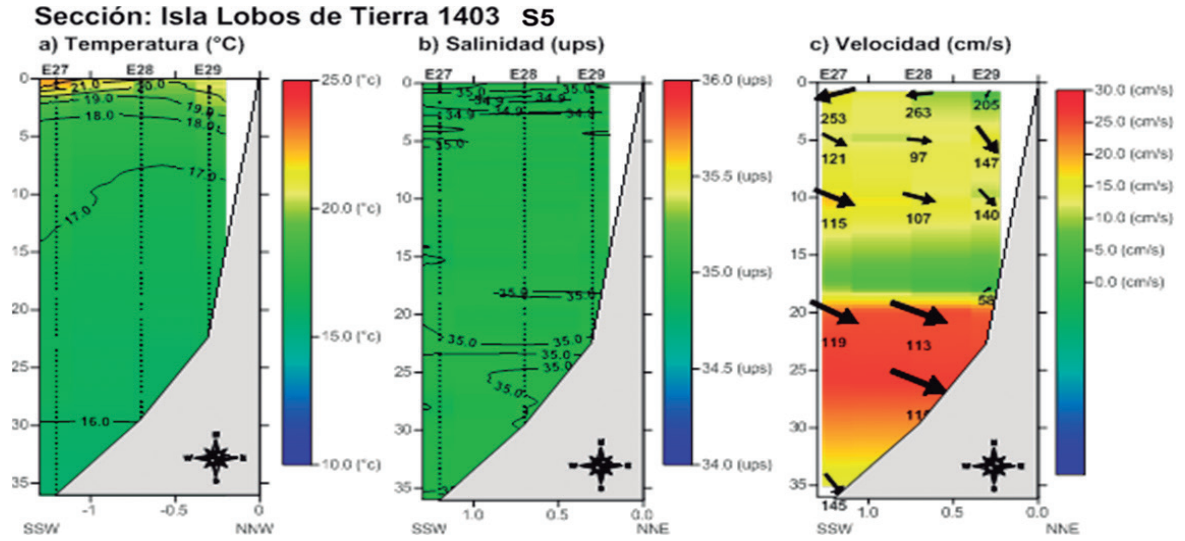

Figura 10.- Sección 5 (S5): a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) corrientes marinas (cm/s). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

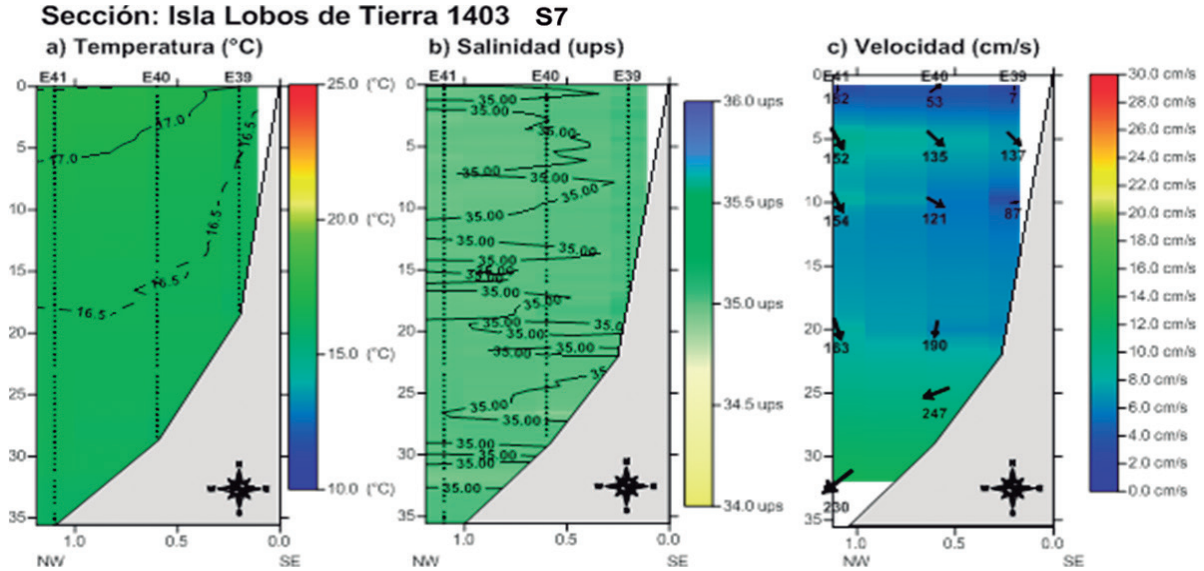

Figura 11.- Sección No. 7 (S7): a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) corrientes marinas (cm/s). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

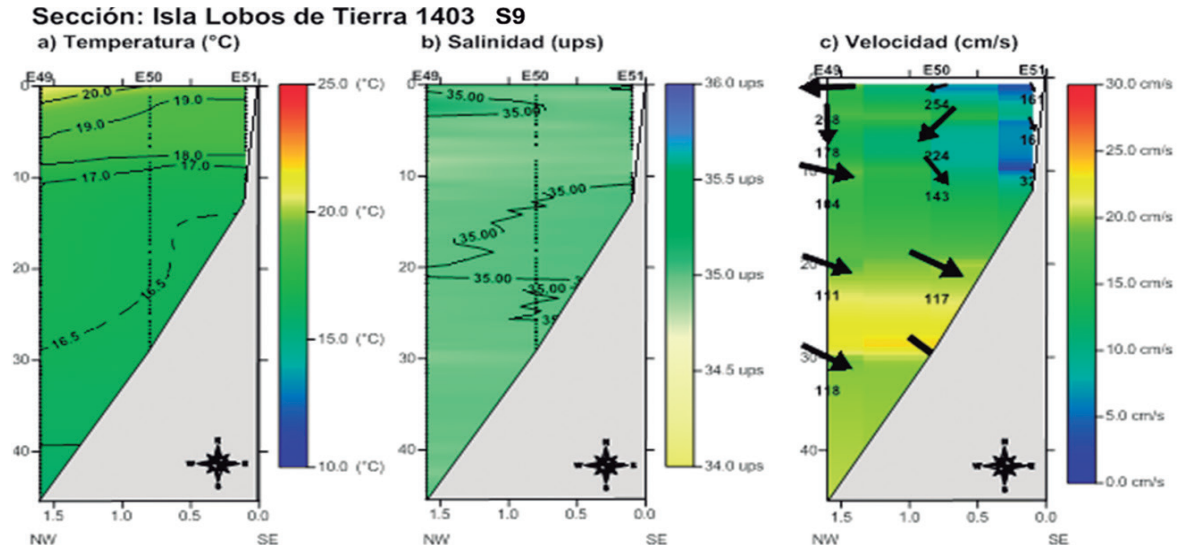

Figura 12.- Sección No. 9 (S9): a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) corrientes marinas (cm/s). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

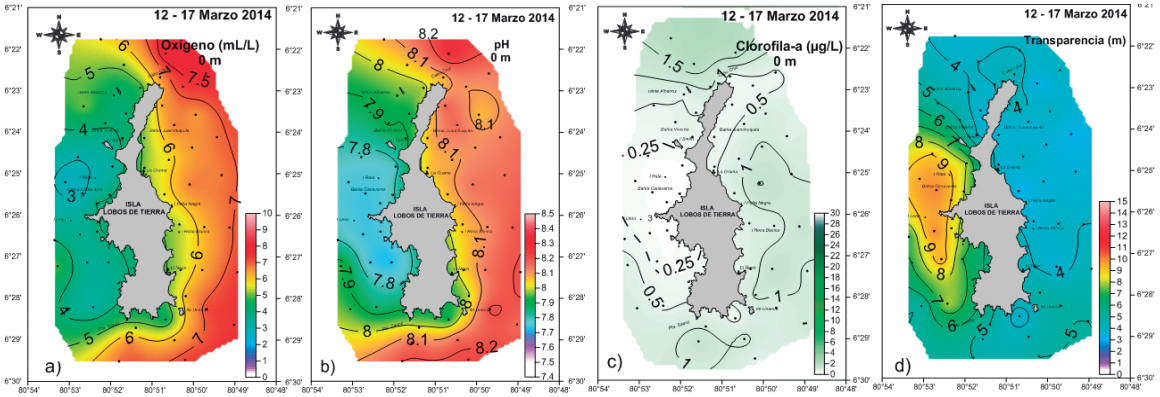

Figura 13.- Distribución superficial de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a, d) Transparencia. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

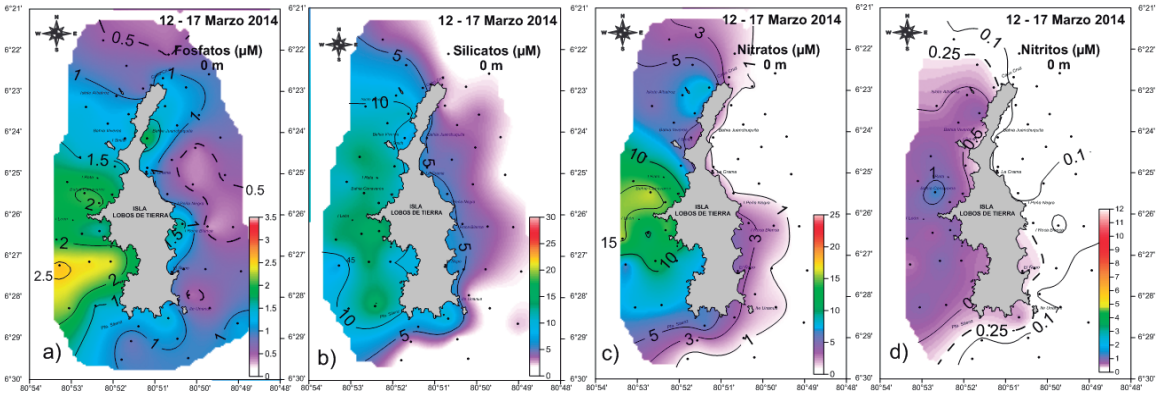

Figura 14.- Distribución superficial de nutrientes a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

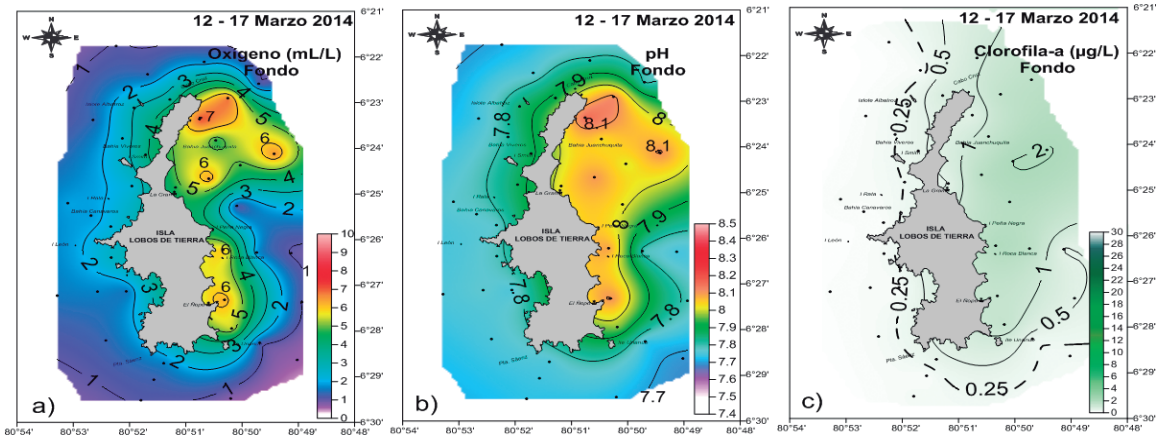

Figura 15.- Distribución a nivel de fondo de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

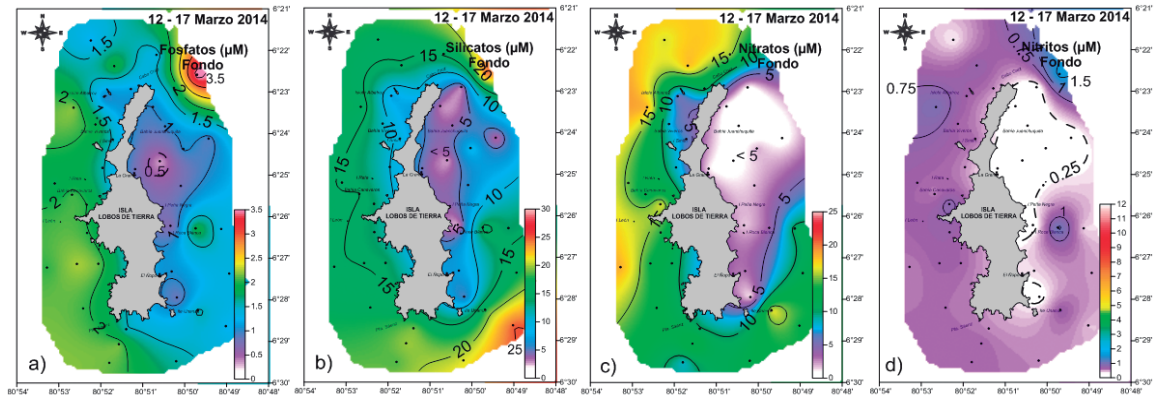

Figura 16.- Distribución de nutrientes a nivel de fondo a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Distribución vertical

Zona oriental: Secciones 1, 3 y 4 (S1, S3 y S4)

Al analizar la distribución y concentración del oxígeno en las secciones 1, 3 y 4 (Figs. 17a, 18a, 19a) se observó en general altas concentraciones debido a la densidad del plancton.

Las secciones mostraron una capa homogénea, con concentraciones >6 mL/L sobre 12 m de profundidad, resaltando en S1 valores de 7 mL/L hasta 12 m de profundidad, disminuyendo en S3 y S4. Debajo de los 12 m se detectó la oxiclina.

Asociado a los altos valores de oxígeno el pH se mostró elevado, presentando distribución similar, con valores de 8,15 en superficie y de 7,7 a 25 m de profundidad (Figs. 17b, 18b, 19b).

En S1 se registraron los valores más bajos de clorofila-a (<1 µg/L) entre 0 y 12 m, relacionado con concentraciones de oxígeno >7 mL/L, por debajo de 12 m se incrementaron entre 1 y 1,5 µg/L. En las secciones S3 y S4 los valores alcanzaron hasta 2 µg/L (Figs. 17c, 18c, 19c).

Los nutrientes en general presentaron concentraciones bajas en la zona oriental al compararlas con el promedio de las ACF. Los fosfatos en S1 registraron valores mayores a 1,0 µM en toda la columna de agua, mientras que en S3 y S4 estos valores fueron <1,0 µM hasta 10 m de profundidad (Figs. 20a, 21a, 22a).

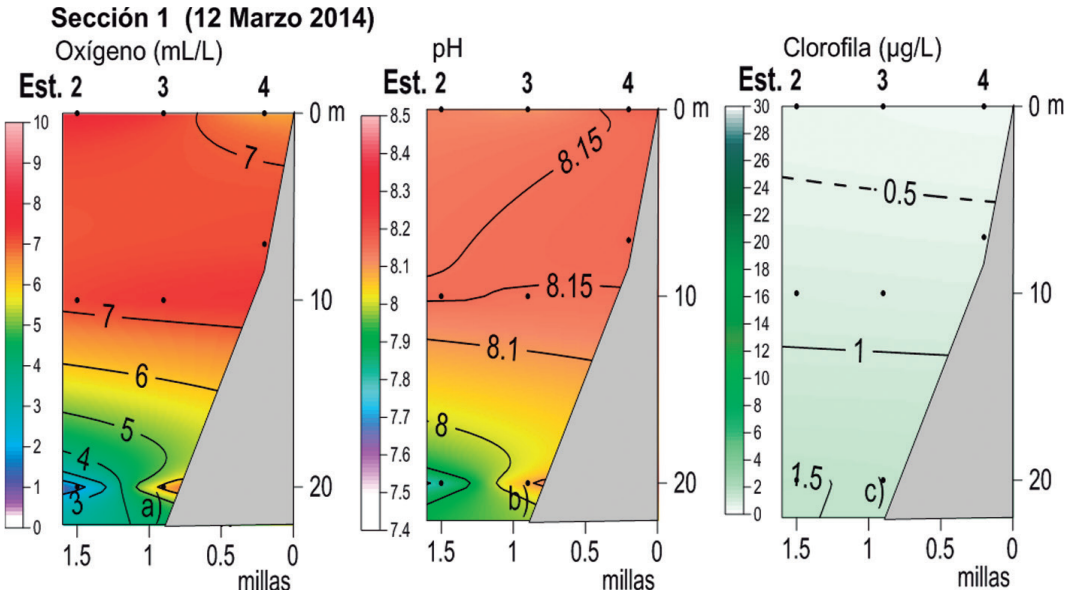

Figura 17.- Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Sección 1 (S1). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

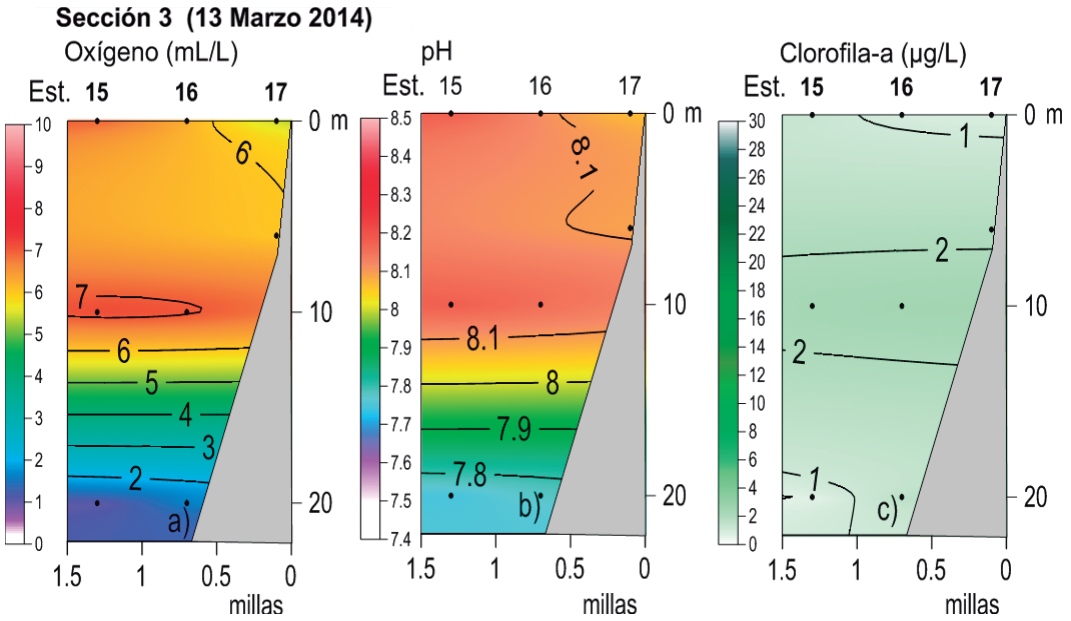

Figura 18.- Distribución Vertical de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Sección 3 (S3). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

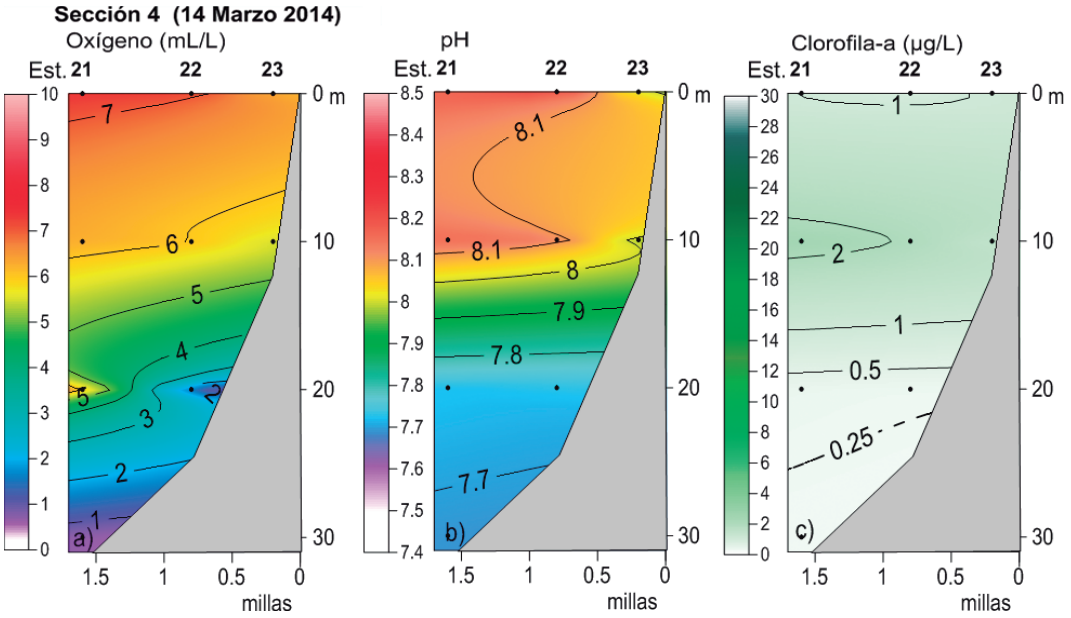

Figura 19.- Distribución vertical de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Sección 4 (S4). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

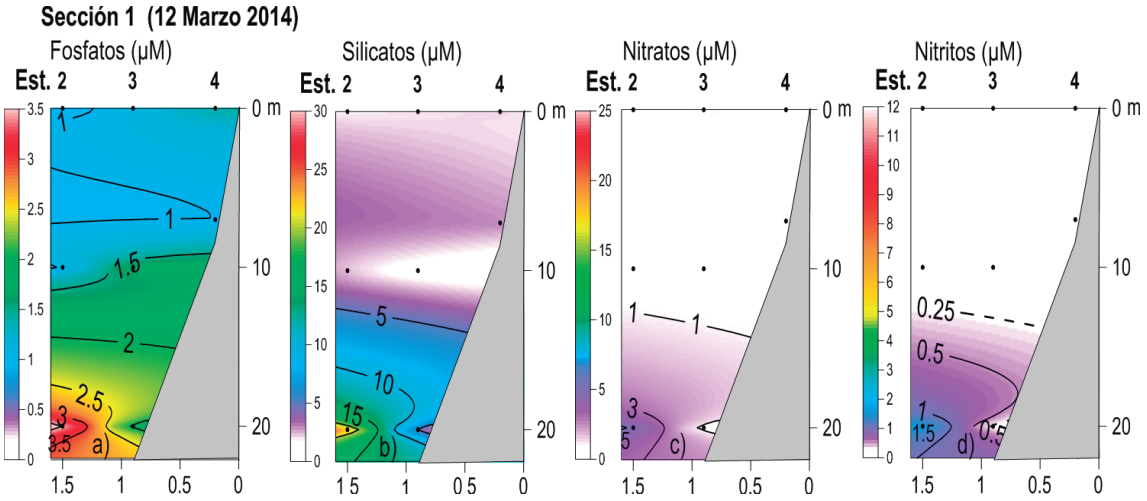

Figura 20.- Distribución vertical de a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos. Sección 1 (S1). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

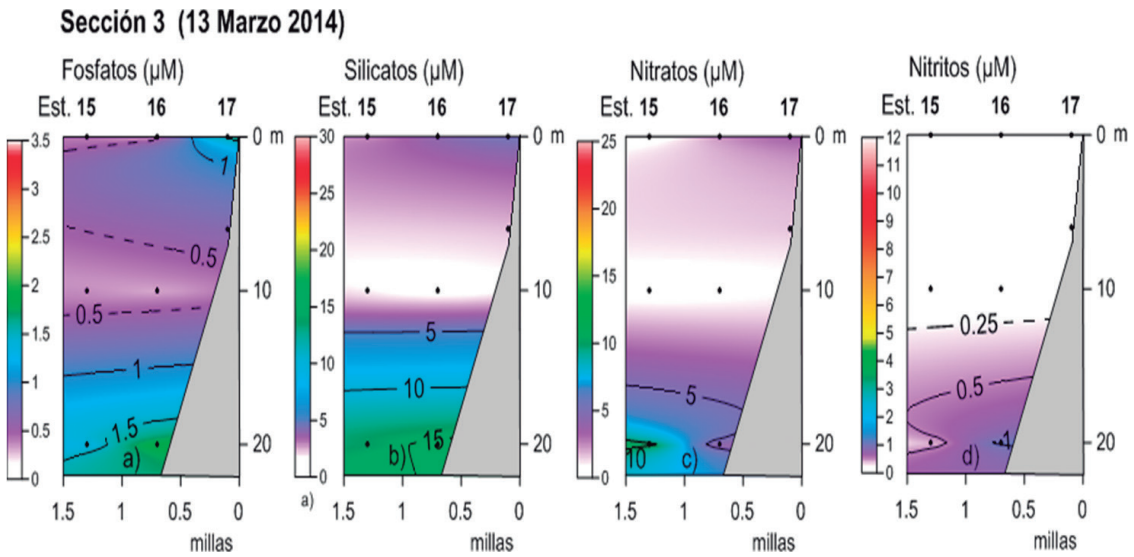

Figura 21.- Distribución vertical de a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos. d) Nitritos. Sección 3 (S3). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

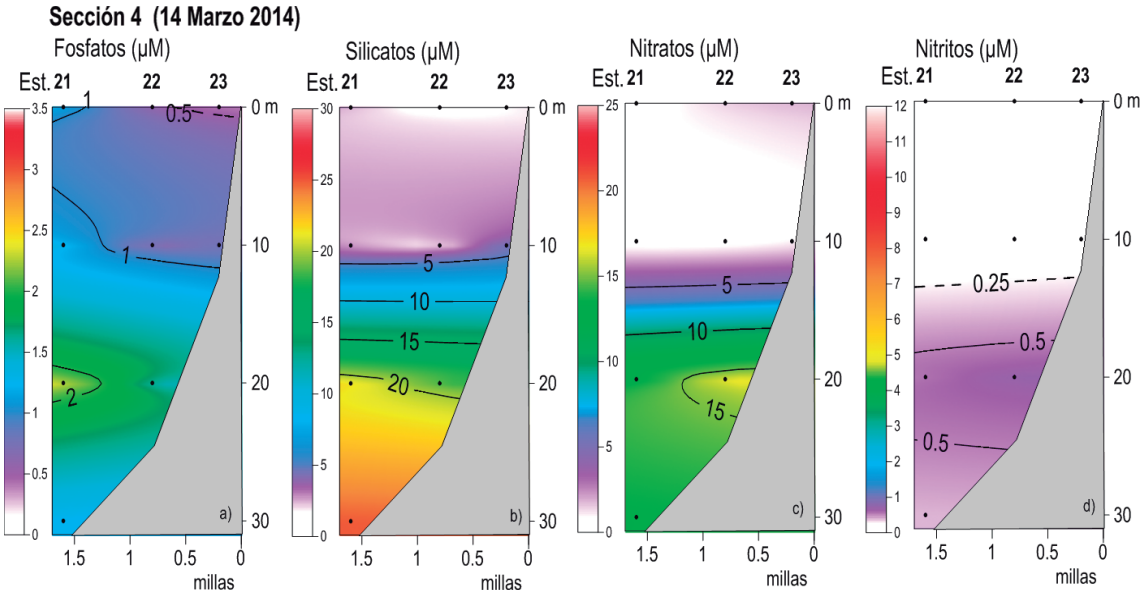

Figura 22.- Distribución vertical de a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos. Sección 4 (S4). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

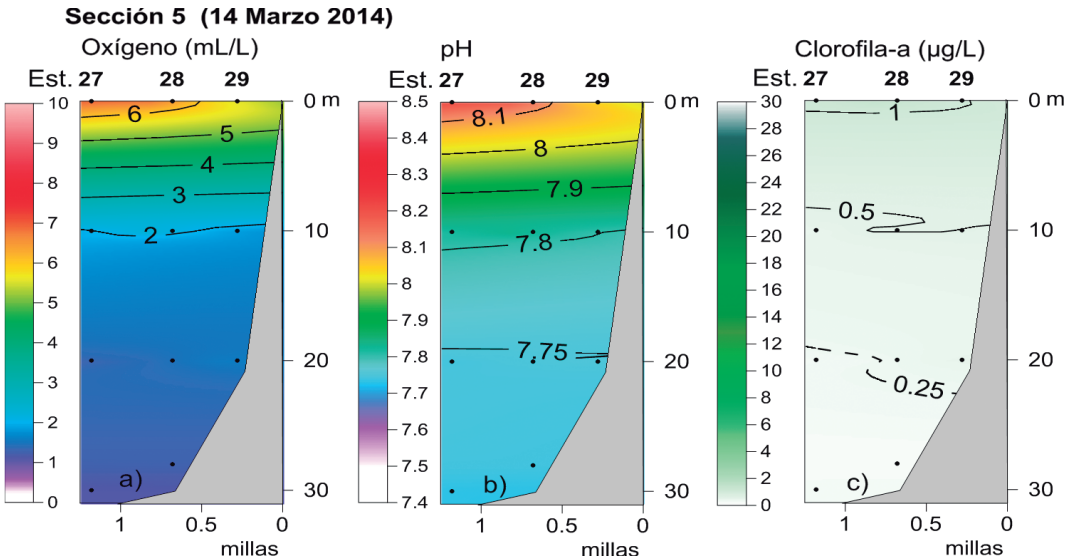

Figura 23.- Distribución vertical de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Sección 5 (S5). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

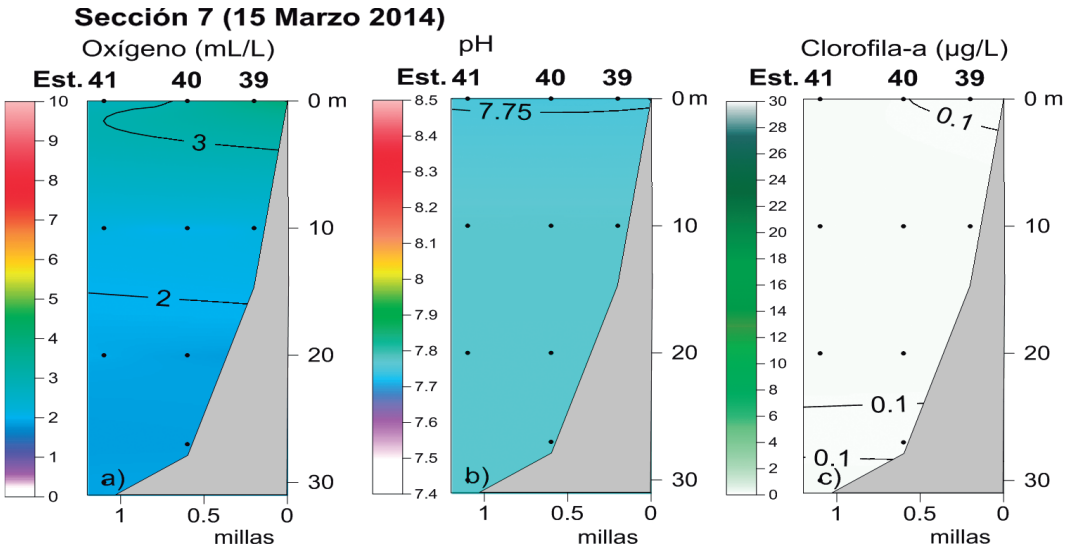

Figura 24.- Distribución vertical de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Sección 7 (S7). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Los silicatos, con concentraciones <5 μM sobre los 12 m también muestran déficit (Figs. 20 b, 21b, 22b). En toda la columna de agua los nitratos alcanzaron solamente 5 μM por debajo de los 10 m de profundidad y <1 μM entre 0 y 10 m (Figs. 20c, 21c, 22c). Los nitritos muestran concentraciones algo similares en las 3 secciones, con valores <0,25 μM sobre los 12 m de profundidad (Figs. 20d, 21d y 22d).

Las secciones 5, 7 y 9 ubicadas en el lado occidental de la isla presentan la columna de agua con características oceanográficas diferenciadas con respecto al lado oriental, destacando menores valores de oxígeno y mayores concentraciones de nutrientes.

La sección S7, ubicada en el centro del borde occidental, presentó los valores de oxígeno más bajos (2, 3 mL/L) los que estuvieron relacionados con las más bajas temperaturas (16,5-17,0 °C), mientras que en S5 y S9 la concentración alcanzó valores de 6 y 5 mL/L en superficie, con ligera tendencia al afloramiento (Figs. 23a, 24a, 25a).

El pH en S7 cerca de la superficie fue de 7,75 y estuvo asociado a concentraciones de 3 mL/L de oxígeno, este mismo valor de pH se ubicó a 20 y 30 m en S5 y S7, respectivamente (Figs. 23b, 24b, 25b).

La biomasa fitoplanctónica expresada en clorofila-a mostró mayor concentración del lado occidental en S9 con valores de 1 a 1,75 μg/L sobre 10 m de profundidad, mientras que en S7 (sección de mayor afloramiento) se registraron mínimos valores (Figs. 23c, 24c, 25c).

Las concentraciones de nutrientes del lado occidental fueron mayores a las del lado oriental, destacando S7, donde en toda la columna de agua los fosfatos alcanzaron valores >2 μg/L, los silicatos variaron entre 12 y 15 μg/L, los nitratos entre 10 y 15 μg/L y los nitritos entre 0,75 y 1 μg/L). En S5 y S9 las concentraciones de nutrientes fueron menores (Figs. 26, 27, 28).

Calidad del agua de mar y metales pesados en los alrededores de la isla Lobos de Tierra

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los valores en superficie variaron de 19,70 a 104,95 mg/L (E-20), promedio 78,24 mg/L, superando lo estipulado en la norma vigente para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático: Ecosistemas Marino Costeros (ECA) (MINAM 2008), que establece 30,0 mg/L. La excepción se dio con un valor puntual que se encontró en E-38 (19,70 mg/L). Las mayores concentraciones de SST se encontraron en la bahía Juanchuquita debido a la remoción y circulación del fondo y los vientos de la zona.

A nivel de fondo los valores fluctuaron de 31,07 a 99,50 mg/L (E-11) con promedio 69,02 mg/L, superando lo establecido en los ECA (30 mg/L).

Aceites y grasas

La concentración superficial de aceites y grasas varió de <0,30 a 2,20 mg/L (E 18: punta El Ñopo), las isolíneas de mayor concentración formaron anillos concéntricos indicando perturbación antrópica por actividad doméstica o tráfico marítimo artesanal; si se comparan con los resultados del 2011 en la isla San Lorenzo, Callao, donde el rango varió de <0,30 a 0,60 mg/L se puede plantear que en punta El Ñopo existiría mayor complicación. Los niveles de aceites y grasas, en general, deberían encontrarse por debajo de lo estipulado en los ECA, que es de 1,0 mg/L.

Sulfuro de Hidrógeno

La concentración en fondo varió de no detectado a 0,01 mg/L, niveles que se encuentran dentro de lo establecido por el ECA, que establece el valor de 0,06 mg/L. Las isolíneas de distribución de sulfuro de hidrogeno son indicadores de alerta a una zona sensible y debe ser manejado adecuadamente ante una eventual actividad antrópica a futuro.

Metales pesados

Cobre.- La concentración total varió de <0,001 a 0,004 mg/L, el mayor valor se encontró en E46, al noroeste de la isla. El 100% de los valores no superó el ECA, que estipula 0,05 mg/L. Al contrastar con la evaluación realizada en noviembre 2011 en la isla San Lorenzo (0,008 a 0,016 mg/L) se considera que lo encontrado en la evaluación es natural.

Cadmio.- La concentración no superó los 0,005 mg/L estipulado en el ECA para Agua.

Hierro.- La concentración total varió de 0,006 a 0,061 mg/L y promedio 0,024 mg/L.

Plomo.- La concentración varió de 0,0011 a 0,0084 mg/L, promedio 0,0029 mg/L. El valor máximo se encontró en E46 en forma similar al hierro total, superando ligeramente los 0,0081 mg/L estipulado en el ECA para Agua. La distribución horizontal de plomo total indicó que las mayores concentraciones se ubicaron al noroeste de la isla Lobos de Tierra.

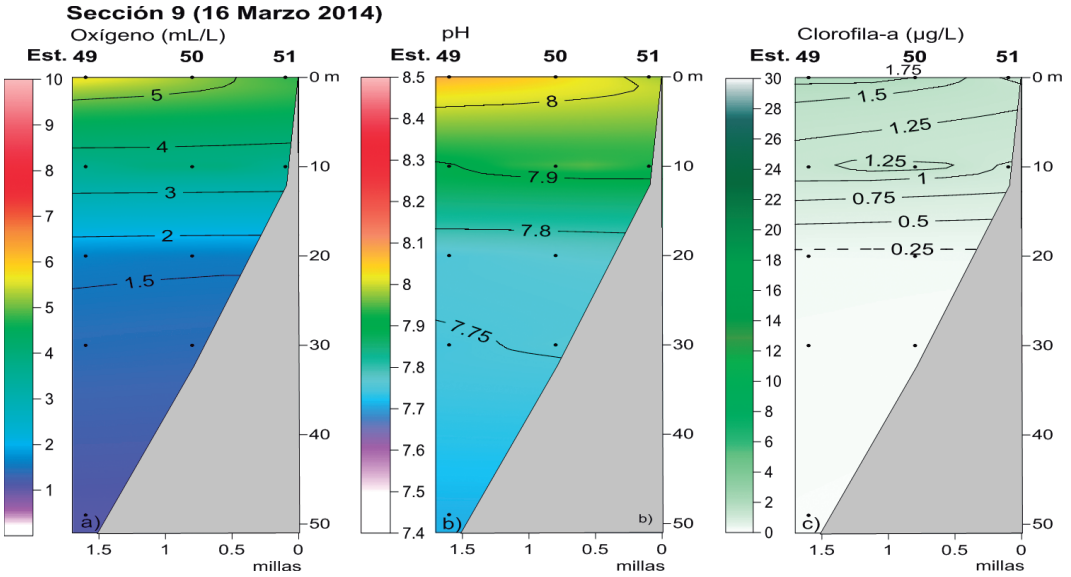

Figura 25.- Distribución vertical de a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Sección 9 (S9). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

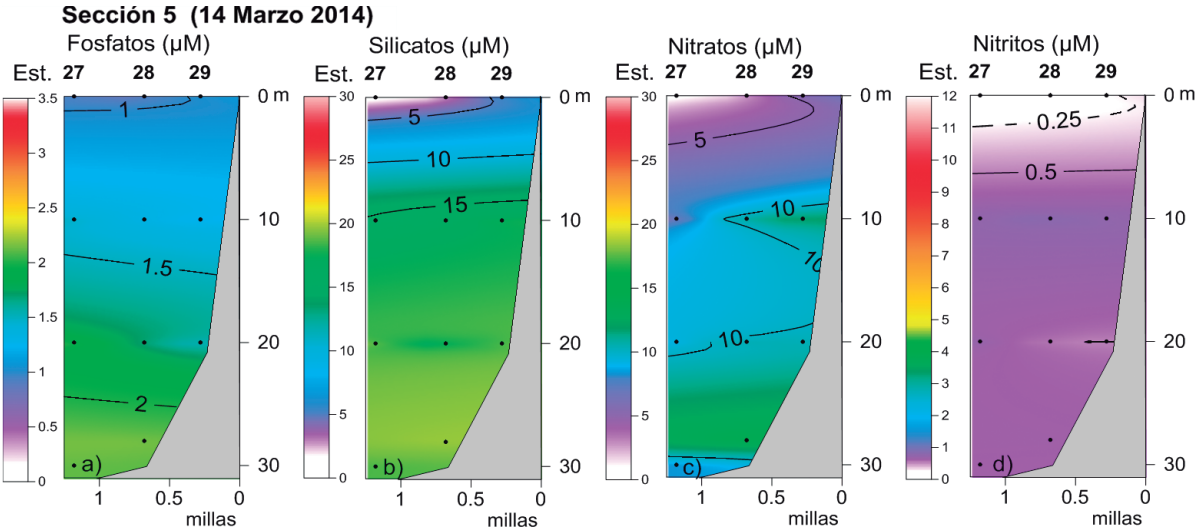

Figura 26.- Distribución vertical de a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos y d) Nitritos en la Sección 5 (S5). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

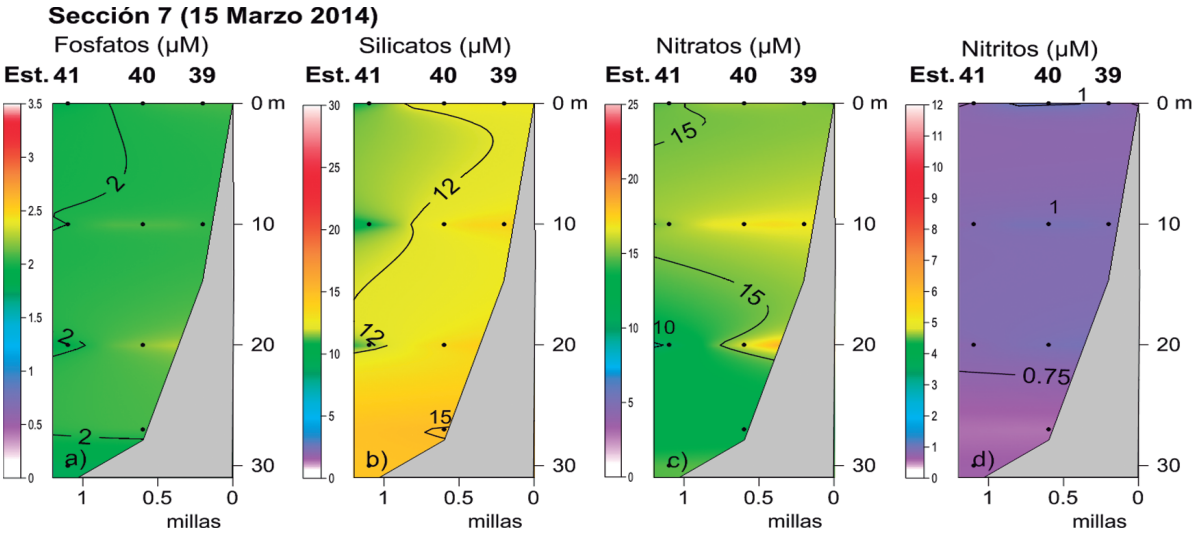

Figura 27.- Distribución vertical de a) Oxígeno, b) pH y c) Clorofila-a. Sección 7 (S7). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

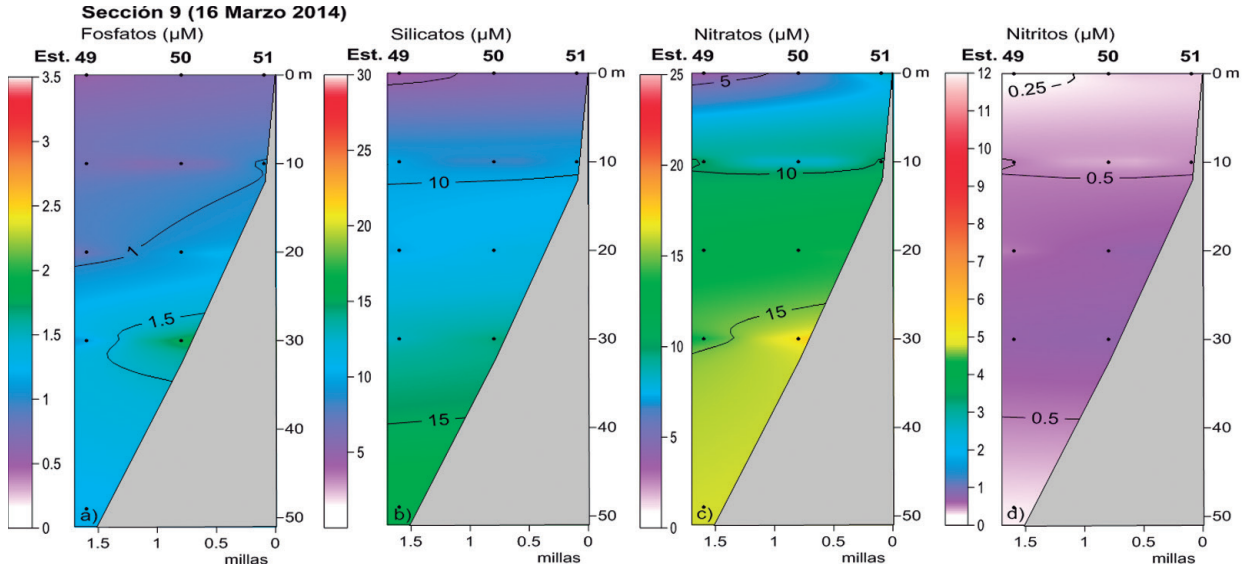

Figura 28.- Distribución vertical de a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos. Sección 9 (S9). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Arsénico.- La concentración total varió de 0,002 a 0,004 mg/L, no superando los 0,050 mg/L estipulado en ECA para Agua. La concentración media en toda el área de estudio fue de 0,003 mg/L por lo que las trazas de arsénico en el agua son de aporte natural. Las concentraciones naturales significativas estuvieron ubicadas al noroeste y suroeste de la isla.

Mercurio.- La concentración total fue <0,00004 mg/L (límite de detección del método) inferior a 0,0001 mg/L estipulado en ECA para agua.

Sedimento marino

Cobre.- La concentración total varió de <0,02 a 2,23 µg/g. Estos valores no superaron los rangos de la tabla de protección costera de los EE.UU. en todos sus niveles (Long et al. 1995).

Cadmio.- Los valores variaron de 0,14 a 4,37 µg/g promedio 1,33 µg/g. El valor más elevado se encontró en E-21 pero no alcanzó el nivel de alarma (9,60 µg/g). El 90% de los valores encontrados no superaron lo estipulado en la tabla de protección costera de EE.UU, en su Probable Nivel de Efecto (4,21 µg/g).

Plomo.- Los valores variaron de 2,31 a 6,66 µg/g, promedio 4,38 µg/g. El máximo valor se determinó en E-27 (al sur de la isla). En general, lo encontrado no superó lo estipulado en la tabla de protección costera de EE.UU en su nivel umbral (30,24 µg/g).

Manganeso.- Los valores variaron de 10,54 a 59,83 µg/g con media de 31,92 µg/g. El más elevado se registró al occidente de la isla (E-38).

Hierro.- Los valores variaron de 2.965 a 13.439 µg/g, con media de 6.872 µg/g. Los más elevados se registraron en E27 y E35 (al suroeste de la isla).

Cinc.- Los valores variaron de 13,96 a 30,81µg/g, con media de 22,63 µg/g. La mayor concentración de cinc se registró en E35. El rango de valores no superó el Nivel Umbral (124,00 µg/g) estipulado en la Tabla de Protección Costera de EE.UU.

Arsénico.- Los valores variaron de 2,04 a 10,08 µg/g con media representativa de 5,64 µg/g. Los más elevados se encontraron al sureste de la isla. El 30% de los valores superaron lo estipulado en la Tabla de Protección Costera de EE.UU en su nivel Umbral (7,24 µg/g).

Mercurio.- Los valores variaron de <0,0025 a 0,0184 µg/g. El valor más elevado se registró en E13 (a 1000 m de punta La Grama). Los valores encontrados en la evaluación no superaron lo estipulado en la tabla de Protección Costera de EE.UU en su Nivel Umbral (0,13 µg/g).

Plancton

Volúmenes y composición especiológica en superficie

Los volúmenes de plancton se presentaron por debajo de 1,0 mL/m^3 fluctuando entre 0,09 y 0,68 mL/m^3 (Fig. 29). Las mayores concentraciones se localizaron cerca del islote Unanue y las menores en toda el área oeste de la isla.

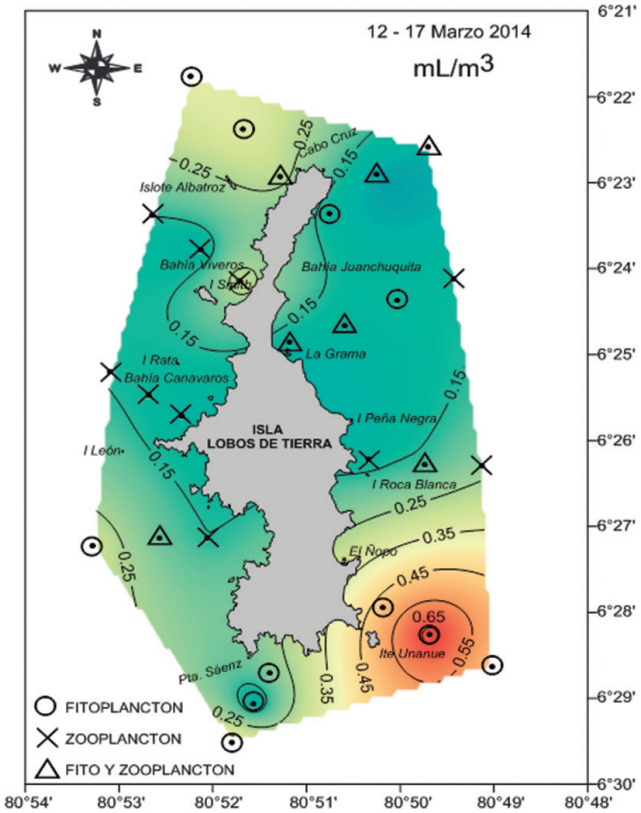

Figura 29.- Dominancia y distribución de volumen de plancton superficial (mL/m^3). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

El fitoplancton fue dominante en 39% de las estaciones muestreadas, mientras que el zooplancton lo fue en 35% y el 26% restante lo compartieron el fito y zooplancton. Los copépodos constituyeron el grupo más representativo del zooplancton.

La comunidad fitoplanctónica se caracterizó por presentar gran cantidad de diatomeas (48 especies) seguidas de dinoflagelados (17 especies), una especie de silicoflagelado y un ciliado.

Entre las diatomeas, se observó presencia y abundancia de *Chaetoceros socialis* Lauder, 1864, especie catalogada como de afloramiento, es de pequeño tamaño y alta tasa de reproducción. Las especies más frecuentes (>60% de las estaciones de muestreo) fueron *Ch. affinis* Lauder, 1864, *Ch. socialis*, *Pseudonitzschia* sp. (grupo *seriata*), *Coscinodiscus perforatus*, *Rhizosolenia chunii* Karsten, 1905, *Skeletonema costatum* Cleve, 1873 y *Thalassiosira anguste lineata* Fryxell y Hasle, 1977. Especies neríticas fueron *Cylindrotheca closterium* Reimann y Lewin, 1964, *Dactyliosolen fragilissimus* Hasle, 1996.

Las especies menos frecuentes (<10% de las estaciones de muestreo) fueron *Asterionella psiglacialis*, *Bacteriastrum delicatulum* Cleve, 1897, *Cyclotella* sp. *Navicula* sp. *Pseudonitzschia* sp. (Grupo *delicatula*) *Planktoniella sol* Schütt, 1892, *Rhizosolenia pungens* Cleve-Euler, 1937, *Surirella fastuosa* Ehrenberg, 1843 y *Trigonium formosum* Cleve, 1867.

Entre los dinoflagelados, hubo especies de distribución cosmopolita como *Ceratium buceros* Zacharias, 1906, *C. furca* Claparède y Lachmann, 1859, *C. tripos* Nitzsch, 1817, *Dissodium asymmetricum* Loeblich III, 1970, *Protoperidinium depressum* Balech, 1974, *P. conicum* Balech, 1974 entre otros. El *P. depressum* fue la especie más frecuente con 26 registros y las menos frecuentes fueron *Pronoctiluca pelagica* Fabre-Domergue, 1889, *Protoperidinium claudicans* Balech, 1974, *P. divergens* Balech, 1974 y *P. leonis* Balech, 1974, con un solo registro.

El mayor número de diatomeas (28) y dinoflagelados (8) fueron registrados en las estaciones E21 y E22, localizadas frente al sureste de la isla; el menor número (1 especie de diatomea y 1 especie de dinoflagelado) se encontró en las estaciones E45 y E46, localizadas frente a la bahía Vivero (Fig. 30).

Comunidad planctónica a 10 m de profundidad (Nº cel/L)

En el análisis cuantitativo, a 10 m de profundidad, se determinó 61 especies (42 diatomeas, 10 dinoflagelados, 1 silicoflagelado, 3 cocolitofóridos, 4 fitoflagelados y 1 ciliado productor de mareas rojas).

La concentración del total de fitoplancton fluctuó entre 20x10^3 y 1.580x10^3 cel/L; las menores concentraciones se encontraron al oeste de la isla señalando zonas menos productivas en comparación a la zona centro sur de la isla (Fig. 31).

El microplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) constituyó el grupo más representativo por densidades, siendo mayor al 80% en toda el área muestreada, su patrón de distribución fue similar al del fitoplancton total (Fig. 32).

La densidad del nanoplancton fluctuó entre 14x10^3 y 128x10^{3}cel/L. Se presentaron dos núcleos importantes en las estaciones de muestreo del perfil de La Grama. Las especies que destacaron fueron *Emiliania huxleyi* Hay y Mohler, 1967, *Leucocryptos marina* Butcher, 1967, fitoflagelados y cocolitos (Fig. 33)

Análisis comunitario e Índice de Diversidad (H´)

El índice de diversidad (H´) varió entre 0,48 y 3,05 bits.cel^{-1}, con mayores valores en el área entre la bahía Juanchuquita y La Grama, los menores valores se registraron al norte de punta Sáenz. Sólo el 33% presentó valores >2,5 bits.cel^{-1}.

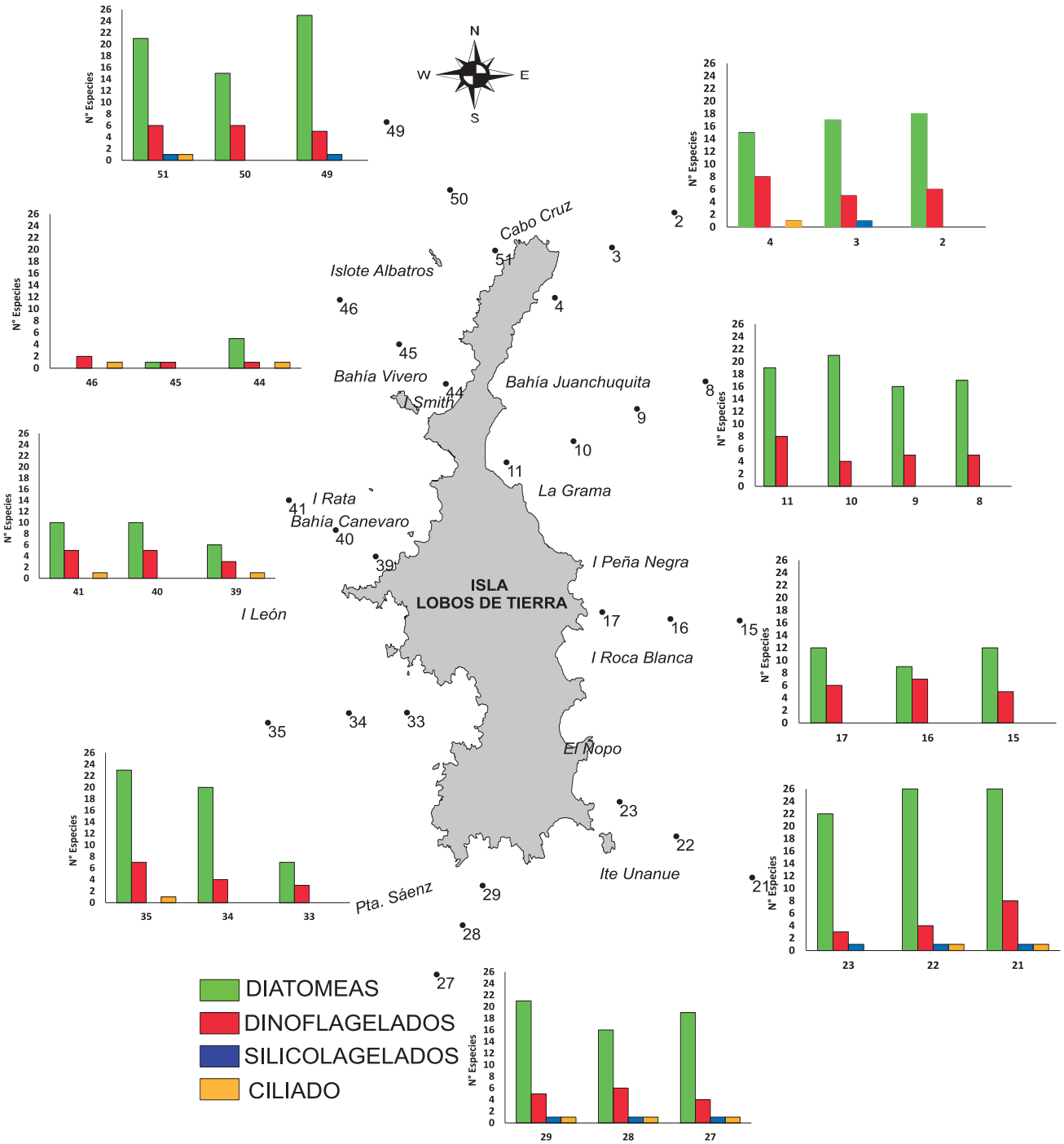

Figura 30.- Distribución superficial del número de especies por grupo planctónico. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

El análisis Bray Curtis distingue con el 39% de similaridad a tres grupos importantes (Fig. 34).

Grupo I: Comprende estaciones con altas tasas de concentraciones celulares, casi todas ellas ubicadas al sureste de la isla, específicamente cerca del islote Unanue. Las especies que determinaron este grupo fueron *Chaetoceros socialis* (abundancias >300.000 cel/L), *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira anguste lineata* y *Actinocyclus* sp.

Grupo II: Conformado por la mayoría de las estaciones muestreadas, se caracterizó por presentar medianas concentraciones de las especies que fueron abundantes en el Grupo I y además, acompañadas por diversas diatomeas neríticas como *Cylindrotheca closterium*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus danicus* y en especial especies del género *Chaetoceros*.

Grupo III: Conformado por estaciones donde se encontró un escaso número de especies y menor abundancia.

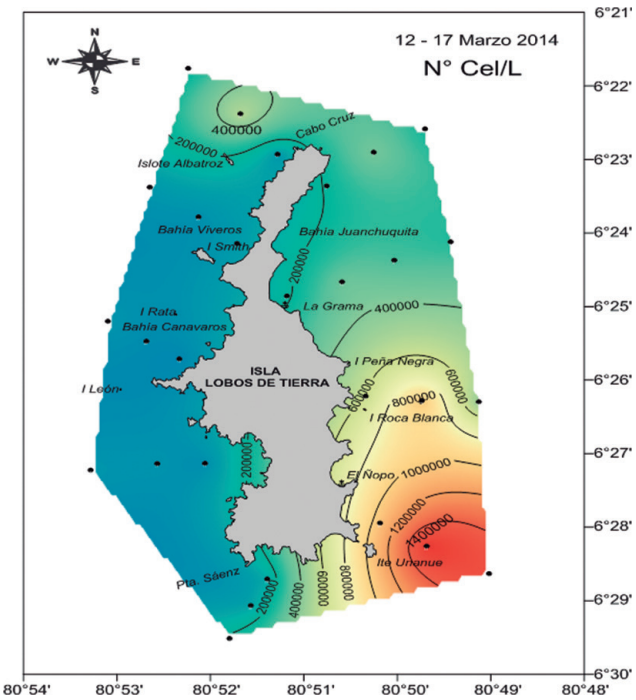

Figura 31.- Total de fitoplancton (cel/mL). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

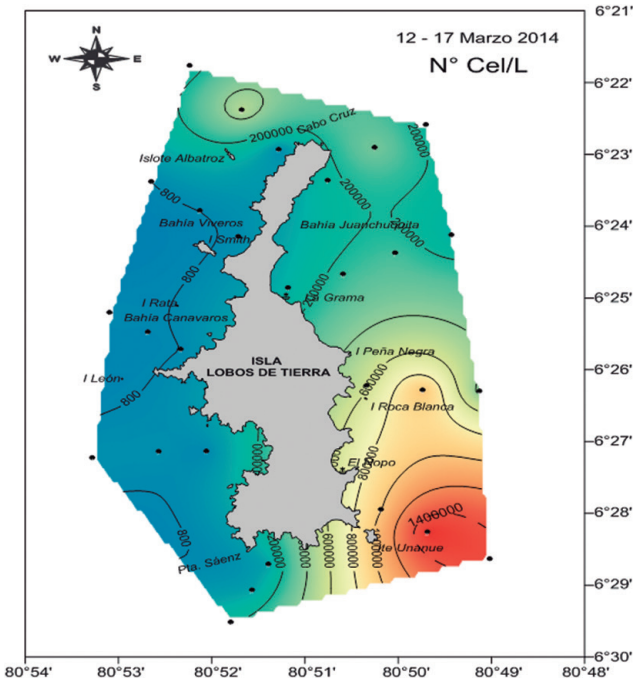

Figura 32.- Microplancton (cel/mL). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

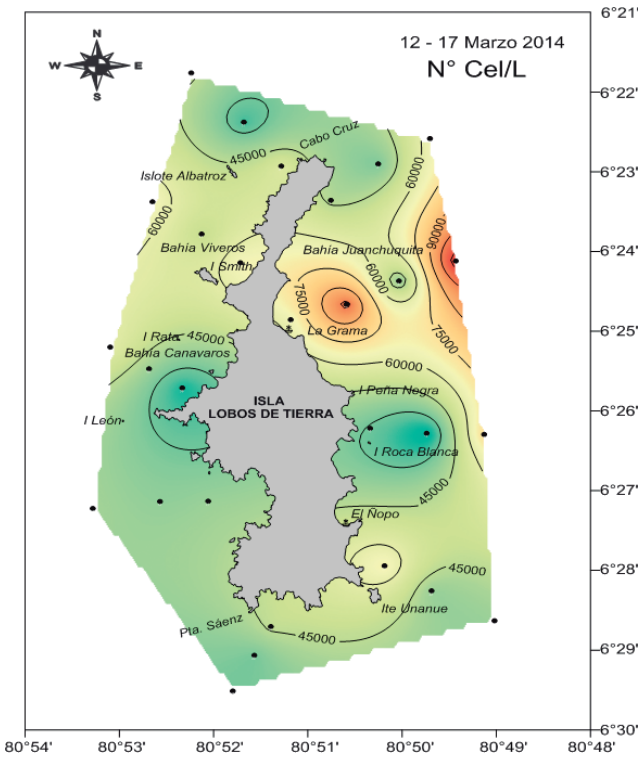

Figura 33.- Nanoplancton (cel/L). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

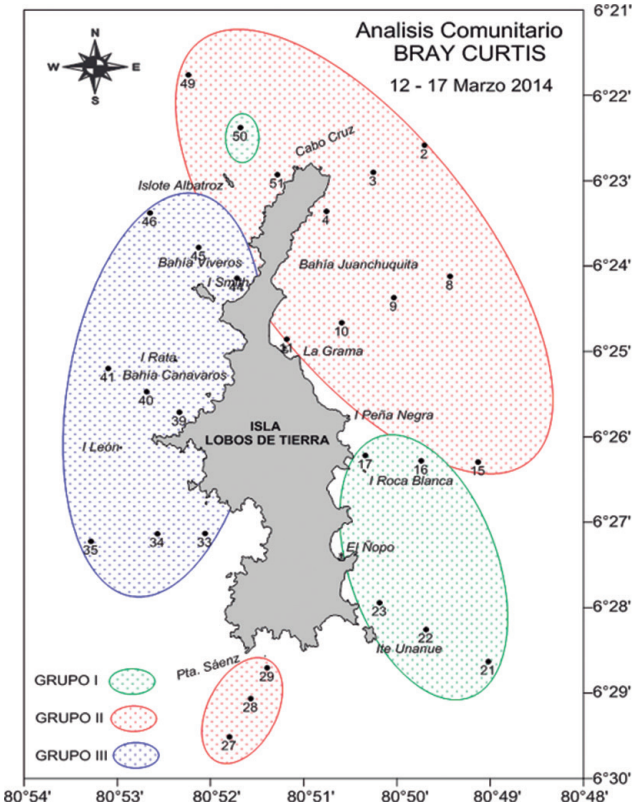

Figura 34.- Análisis comunitario de Bray Curtis sobre densidades totales del fitoplancton (cel/L). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Marea roja y especies catalogadas como potencialmente tóxicas

En el área de estudio se registró una marea roja ubicada en la zona suroeste de la isla, provocada por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann, 1908), su densidad fue de 985x10^3 cel/L (Fig. 35).

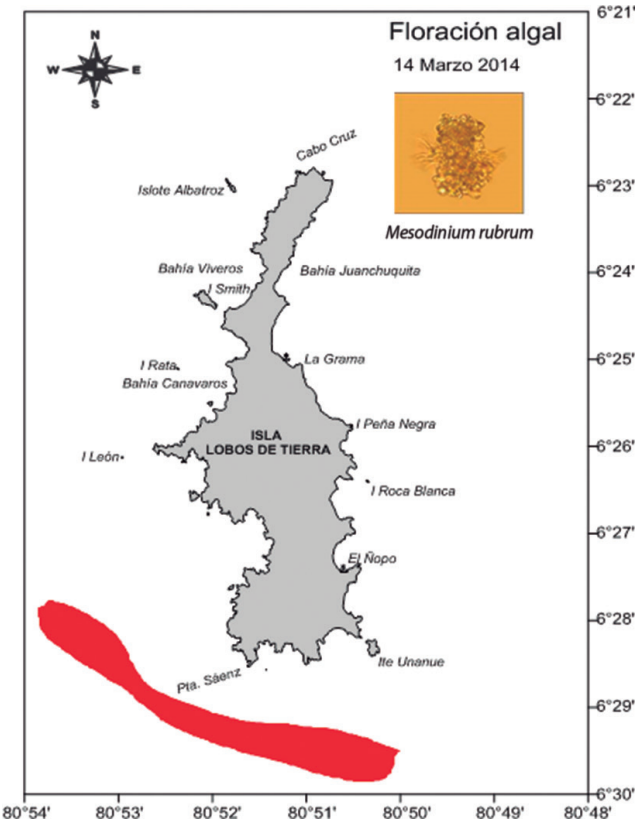

Figura 35.- Ubicación geográfica de la marea roja. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Entre las muestras de agua superficiales y de 10 m de profundidad, analizadas en forma cualitativa, se registraron especies catalogadas como potencialmente nocivas: *Pseudonitzschia* sp. (grupos *seriata* y *delicatissima*), *Protoperidinium crassipes* y *Dinophysis caudata.*

Composición y abundancia de zooplancton e ictioplancton

Biovolúmenes y abundancia total

La zona de estudio presentó biovolúmenes de zooplancton entre 0,5 y 31,8 mL/10 m^3, con el mayor valor localizado al suroeste de la isla frente al islote Unanue, así como también frente a La Grama y al oeste de Cabo Cruz (Figs. 36, 37a).

Los niveles de abundancia del zooplancton fluctuaron entre 2.516 y 180.292 ind./10 m^3 (Fig. 36), con mayor abundancia al sur, muy cerca de punta Sáenz y también frente a La Grama y al oeste de Cabo Cruz (Fig. 37b).

Composición, frecuencia, abundancia y distribución del zooplancton

El zooplancton estuvo compuesto por 26 grupos taxonómicos, siendo más frecuentes Copepoda, Euphausiacea y Decapoda (100%), seguidos de Apendicularia, Ictioplancton y Pelecipoda con frecuencia entre 96% y 92%, respectivamente. Entre los grupos con frecuencias menores al 4% se registró a Cladocera, Cumacea y Ostracoda (Fig. 38).

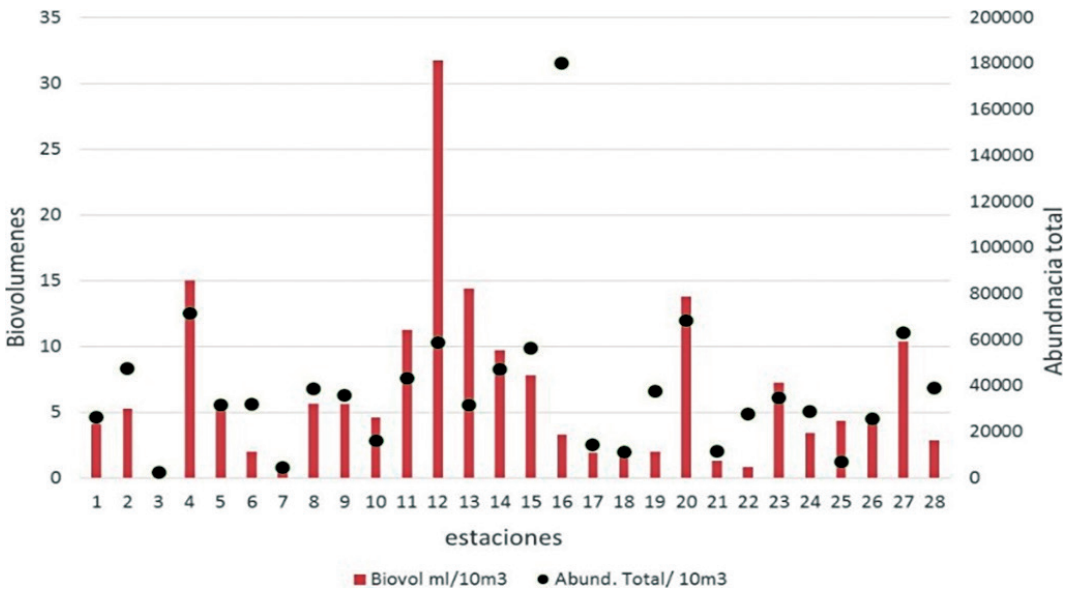

Figura 36.- Biovolúmenes y abundancia total del zooplancton. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

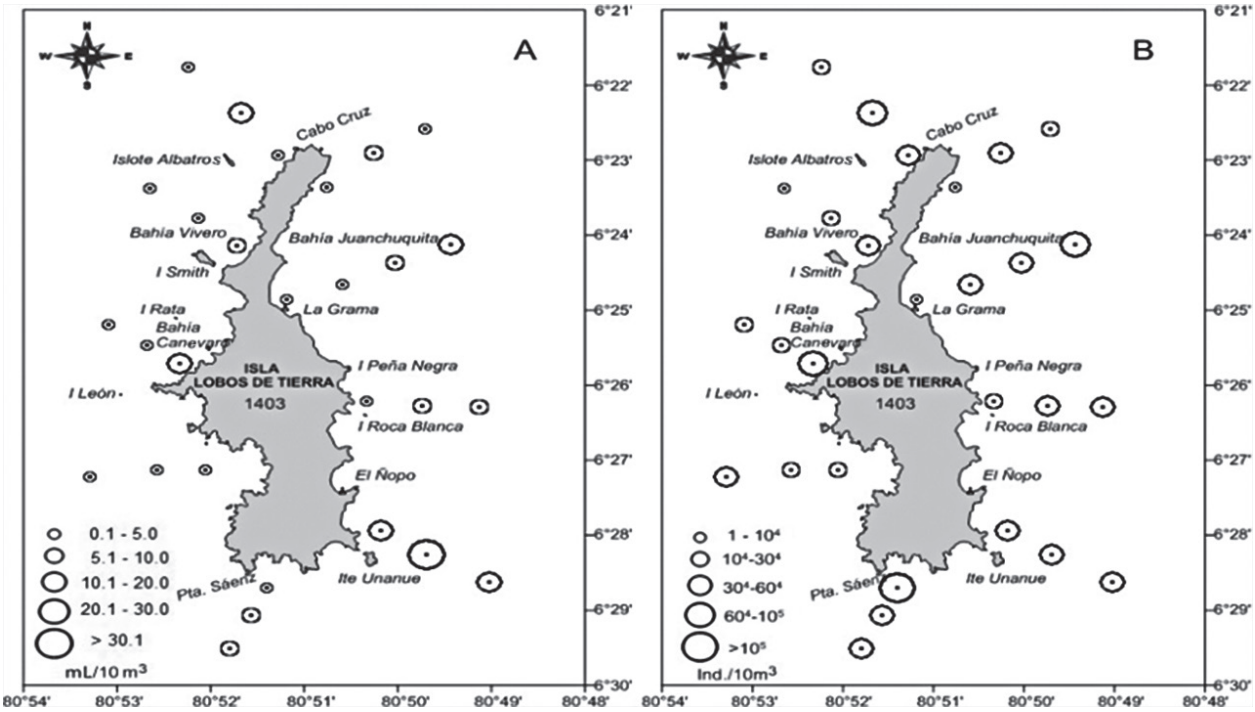

Figura 37.- A) Distribución de biovolúmenes, B) abundancia total del zooplancton. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

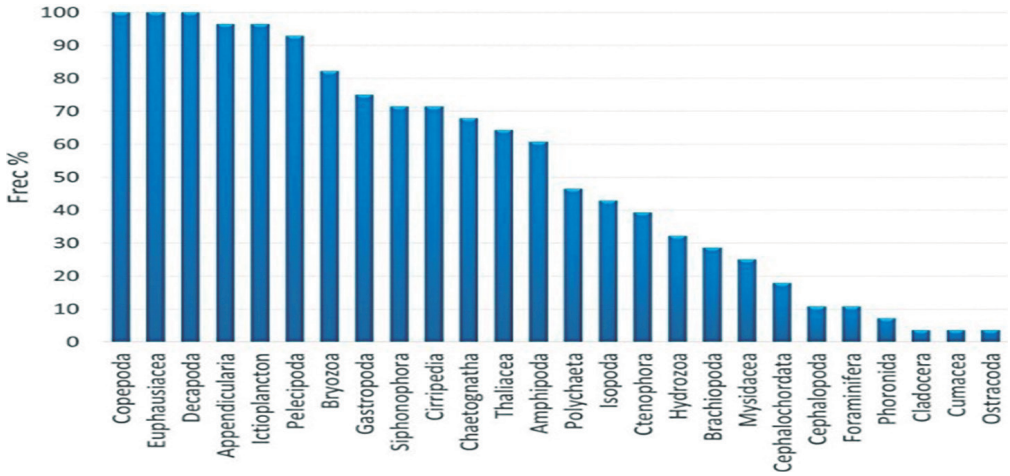

Figura 38.- Frecuencia porcentual de los grupos taxonómicos de zooplancton. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Según niveles de abundancia se determinó que los grupos taxonómicos más abundantes fueron Copepoda y Apendicularia representando 67% y 18% de la abundancia total de zooplancton, respectivamente.

El grupo Copepoda estuvo compuesto por 46 especies, cuya abundancia tuvo un rango de 154 a 133.418 ind/10 m^3 y mediana 17.752 ind/10 m^3, el grupo Apendicularia fluctuó entre 2 y 40.888 ind/10 m^3 con mediana de 3.063 ind/10 m^3. El resto de grupos no sobrepasó la mediana de 1.975 ind/10m^3.

Las especies más frecuentes y abundantes de los dos grupos fueron *Paracalanus parvus* (Claus, 1863) (41%),

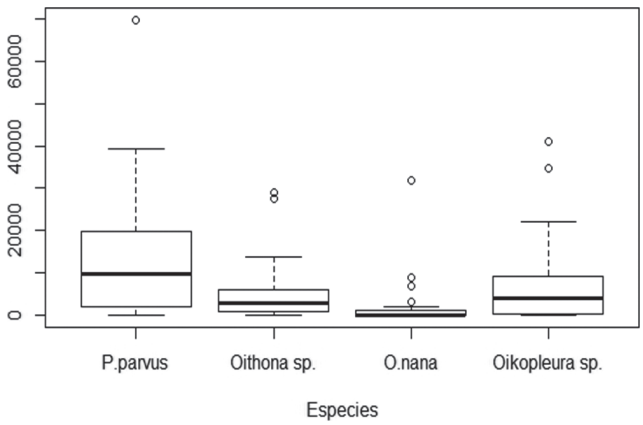

Figura 39.- Boxplot de especies frecuentes y abundantes. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Oithona sp. (12%) y *Oithona nana* Giesbrecht, 1893 (6%). El rango de abundancia de *P. parvus* varió entre 41 y 69.729 ind/10 m^3 (media 9.792 ind/10 m^3), *Oithona* sp. entre 10 y 28.980 ind/10 m^3 (media 2.853 ind/10 m^3) y *O. nana* entre 4 y 31.921 ind/10 m^3 (media 59 ind/10 m^3). El género *Oikopleura* registró un rango entre 2 y 40.888 ind/10 m^3 (media 4.060 ind/10 m^3) (Fig. 39). Estas especies estuvieron distribuidas en toda la zona de estudio; al sur de la isla frente a punta Sáenz, se registró alta abundancia de *P. parvus*, similar a *Oithona* sp. (Fig. 40 A, B), mientras que *O. nana* fue muy abundante al noroeste de Cabo Cruz; *Oikopleura* sp. registró altos valores frente a bahía Juanchuquita (Fig. 40 C, D).

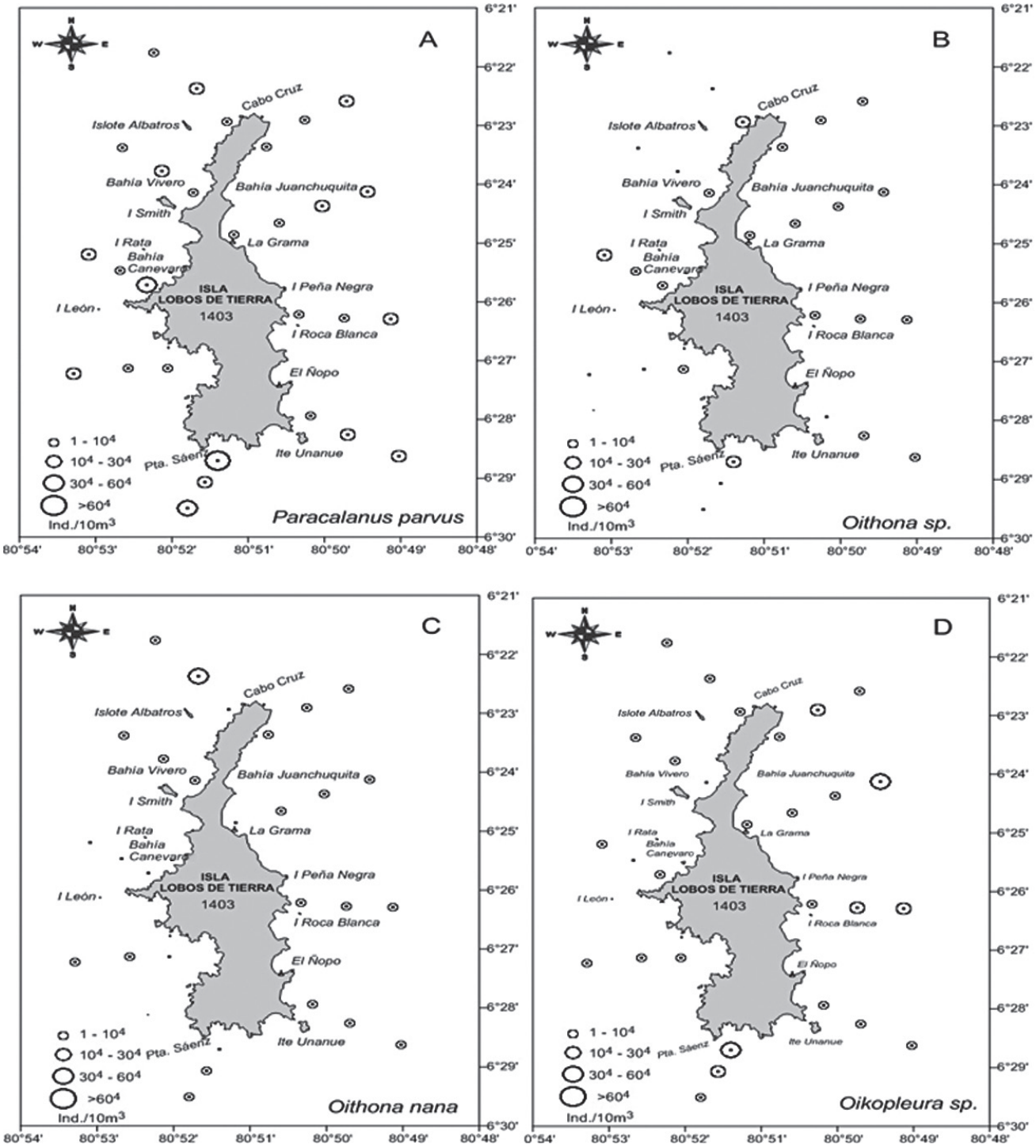

Figura 40.- Distribución y abundancia de especies dominantes: A) *Paracalanus parvus*, B) *Oithona* sp., C) *Oithona nana*, D) *Oikopleura* sp. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

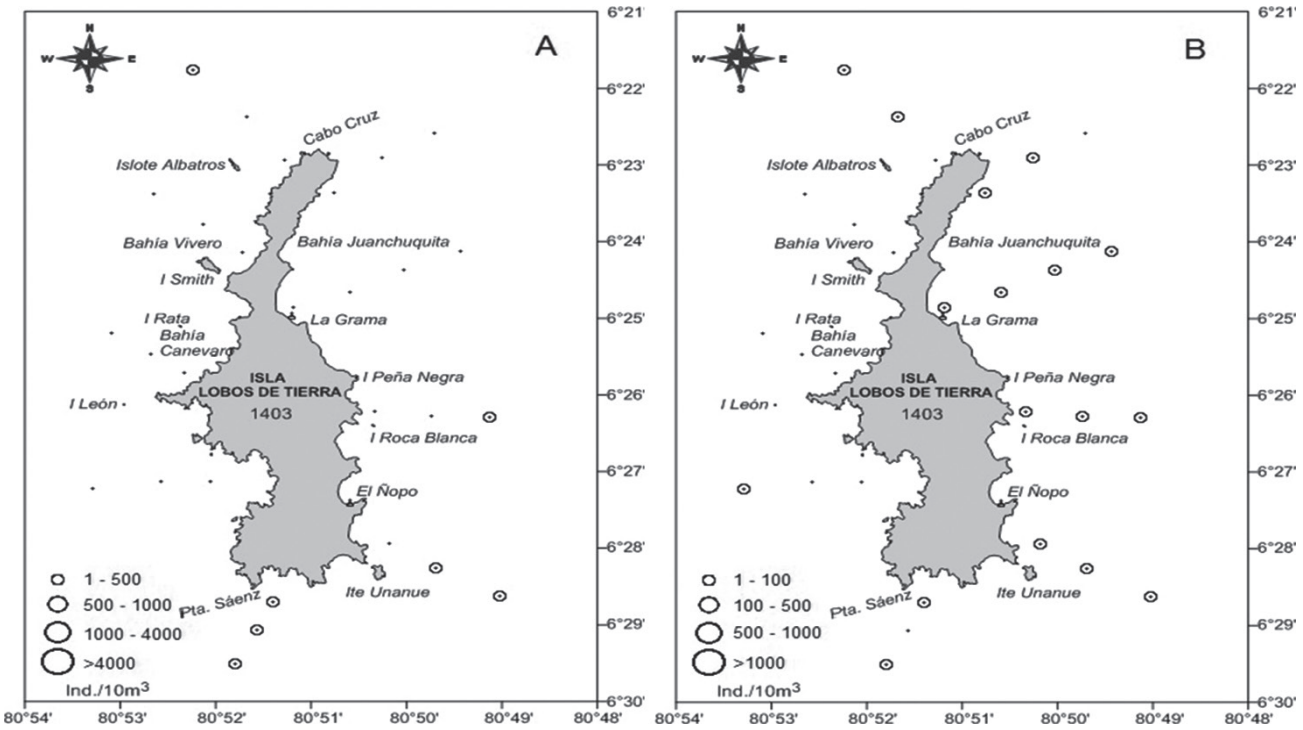

Figura 41.- Distribución y abundancia de A) huevos, B) larvas de *Engraulis ringens*. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

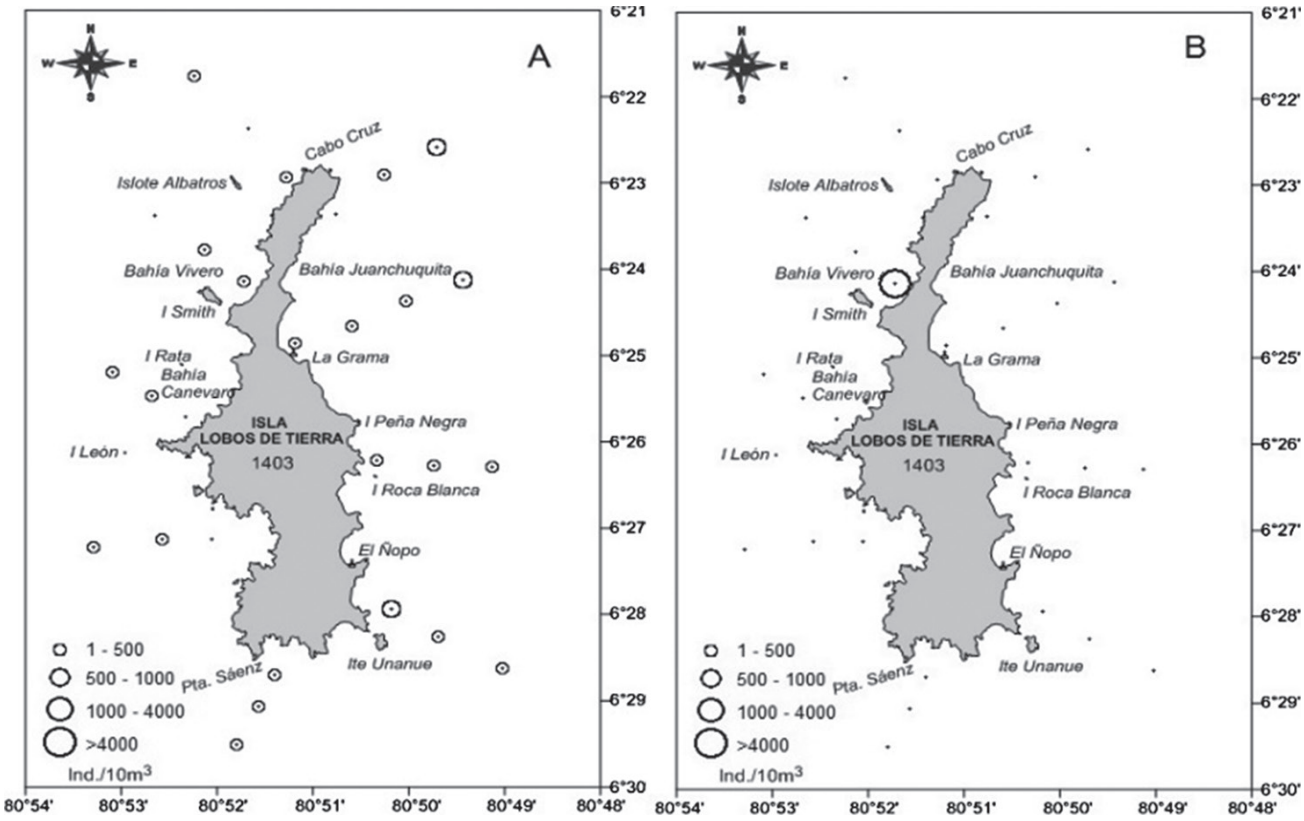

Figura 42.- Distribución y abundancia de A) huevos no determinados, B) clupéidos. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

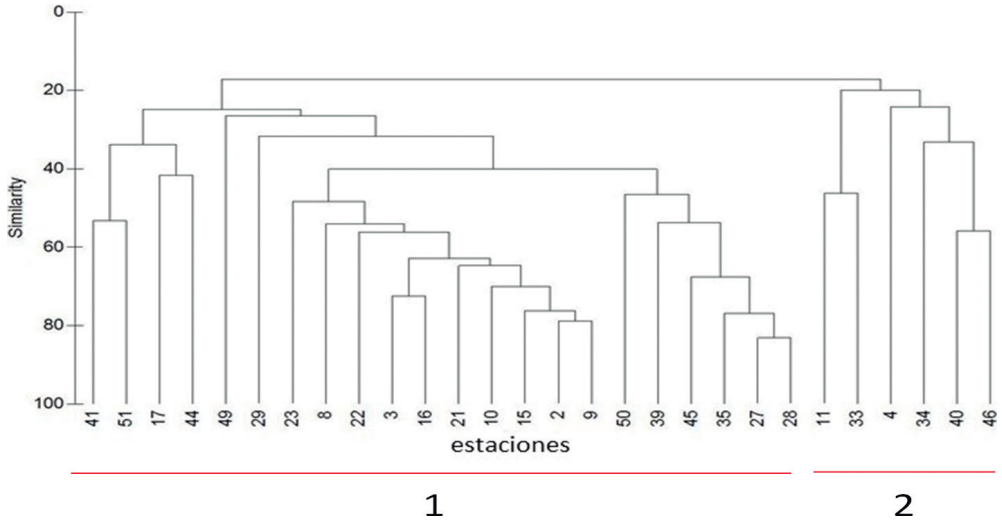

Figura 43.- Dendrograma de Similaridad entre estaciones de muestreo. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Ictioplancton

En el ictioplancton se registraron representantes de las familias Sciaenidae y Blennidae y las especies *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg, 1954, *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899) e *Hippoglossina* sp.

Los huevos de clupeidos (5.894 ind/10 m^3) y huevos no determinados (4.365 ind/10 m^3) fueron los más abundantes, siendo estos últimos tan frecuentes como las larvas de *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (64%). Los huevos y larvas de *E. ringens* no sobrepasaron de 154 y 516 ind/10 m^3, respectivamente, y su distribución se detectó preferentemente en el lado este de la isla (Fig. 41 A,B) a diferencia de los huevos de otras especies (Fig. 42 A, B).

Análisis comunitario

El índice de Shannon y Wiener (H') presentó valores entre 0,50 y 2,16 bits.Ind^{-1}; la equidad (J') varió entre 0,18 y 0,63, y la riqueza de especies (d) entre 1,79 y 4,68. La más baja riqueza, equidad y diversidad se estableció en la estación 11 localizada frente a bahía La Grama, mientras que riqueza y diversidad más alta se determinó en la estación 21 (4,68 y 2,15, respectivamente) entre el Ñopo e islote Unanue. La equidad más alta se registró en la estación 17 (entre islas Peña Negra y Roca Blanca).

Mediante el dendrograma (Fig. 43) se establecieron dos grandes grupos al nivel de similaridad del 20%. En el grupo 1, la estación 17 (norte de isla Roca Blanca) presentó valores mayores en equidad y diversidad, por lo tanto menor dominancia. En el grupo 2, la estación 11 presentó los menores parámetros comunitarios, y la estación 4 menor abundancia en el área; ambas estaciones en el extremo noroeste de la isla.

A un nivel de similaridad de 55%, las estaciones 41, 51, 29 y 8 agruparon a los copépodos *P. parvus* y *Oithona* sp., y a la apendicularia *Oikopleura* sp., organismos que fueron más frecuentes y abundantes (Fig. 43).

Las estaciones con parámetros comunitarios más importantes y menos dominantes se distribuyeron al este de la isla, las estaciones en las cuales existió dominancia de especies de Copepoda y Apendicularia se distribuyeron al oeste de la isla.

Macrozoobentos

El rango de densidades varió entre 1.767 ±2.110 ind./m^{-2} (E46, 37 m, zona expuesta) y 17.887 ±6.200 ind./m^{-2} (E11, 6 m, zona protegida). La mayor densidad se debió al aporte de los poliquetos *Aricidea* sp. y *Mediomastus branchiferus* Hartmann-Schröder, 1962 que alcanzaron 15% y 11% respectivamente, en relación con el total (Fig. 44a).

La biomasa varió de 4,27 ±0,66 g.m^{-2} (E46, 37 m, zona expuesta) a 2.175,68 ±2.342,69 g.m^{-2} (E18, 11 m, zona protegida). Las mayores biomasas se debieron al aporte de los bivalvos Mactridae y al crustáceo *Hepatus chiliensis* H. Milne Edwards, 1837 (Fig. 44b).

Se registraron 125 organismos en la macrofauna, 56 poliquetos, 30 crustáceos, 29 moluscos, 2 nemertinos, 1 Echinodermata y 7 clasificados como Otros que agrupó a: Phoronida, Pycnogonida, Cnidaria, Sipuncula, Chordata (Branchiostomatidae y Urochordata). También se reportó bacteriobentos (*Thioploca* spp.) en la estación E27 (Fig. 45).

En abundancia, los poliquetos presentaron el mayor porcentaje, excepto en las estaciones 11, 27, 41 y 46, donde predominaron los crustáceos (Fig. 45a).

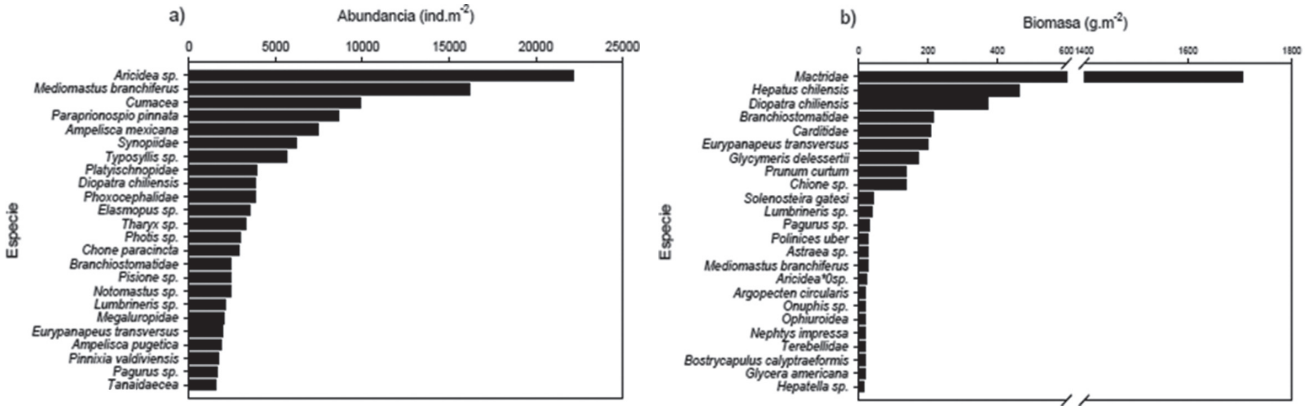

Figura 44.- Dominancia en a) densidad (ind.m^{-2}) y b) biomasa (g.m^{-2}) de las principales especies. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

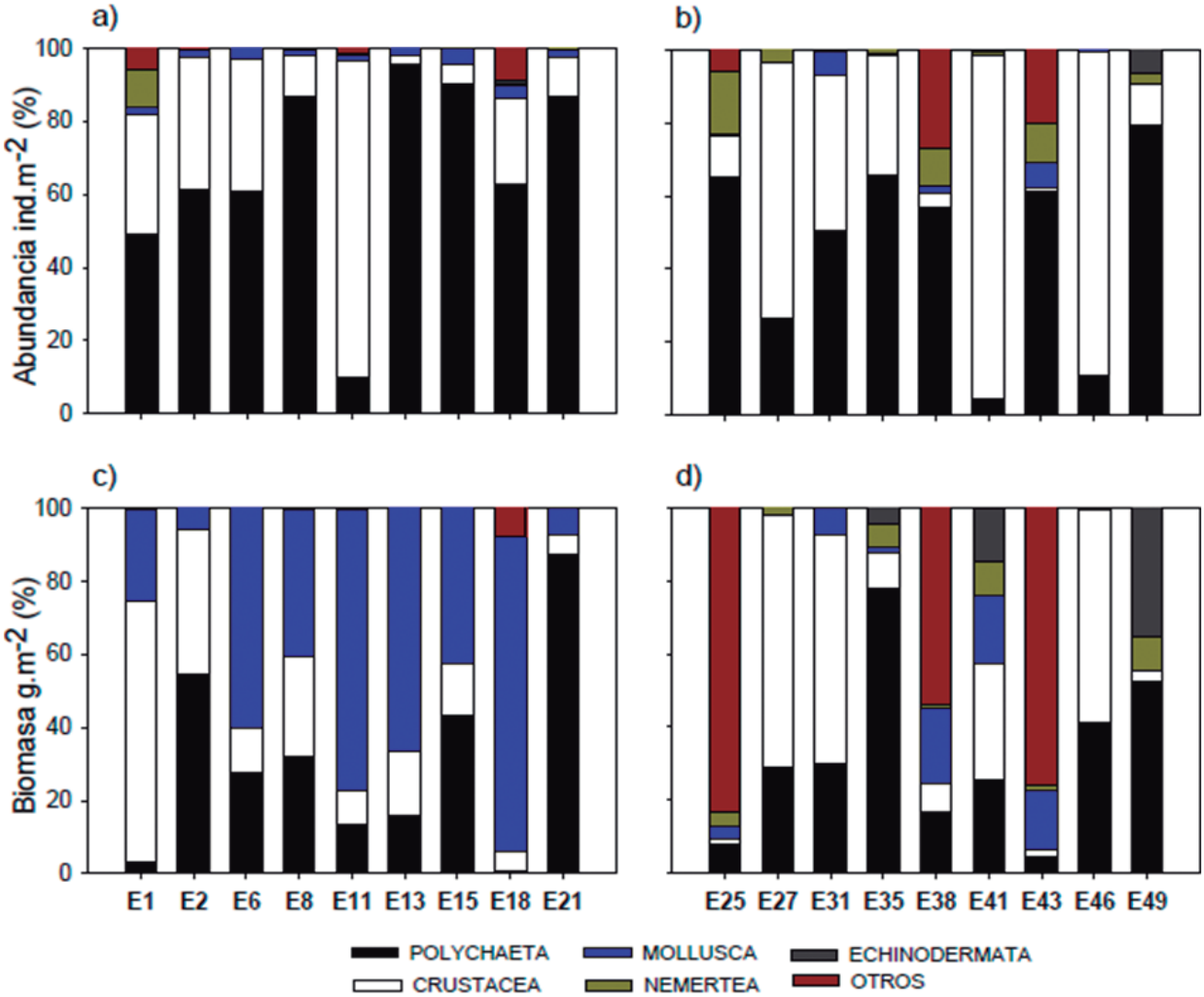

Figura 45.- Porcentaje de abundancia (a y b), biomasa (c y d). Las estaciones son valores promedio de las réplicas. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

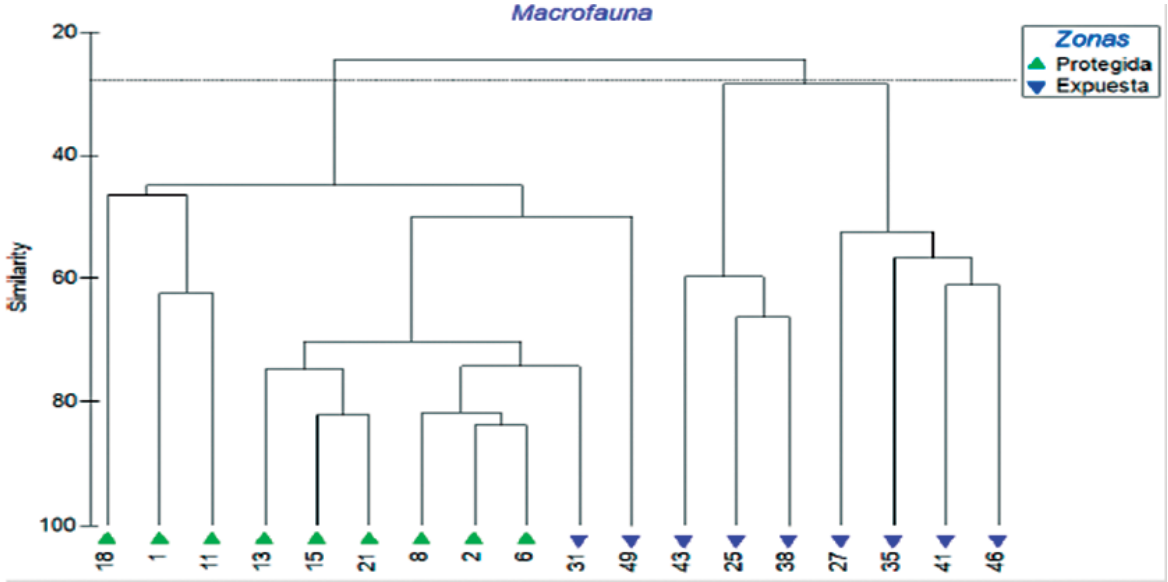

Figura 46.- Análisis de Cluster al 28% de similaridad. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

En biomasa, los mayores porcentajes correspondieron a poliquetos (estaciones 2, 15, 35, 49), crustáceos (estaciones 1, 27, 31, 41, 46), moluscos (estaciones 6, 8, 11, 13, 18) y Otros (estaciones 25, 38 y 43) (Fig. 45b).

El índice de diversidad de Shannon mostró distribución semejante al número de especies, el mayor valor fue 4,12 bitios.ind^{-1} (zona protegida, E1, 44 especies) y el menor valor fue 1,66 bitios.ind^{-1} (zona expuesta, E41, 20 especies). El mayor índice de equidad de Pielou fue 0,86 (zona expuesta, E25, 17 especies) y el menor fue 0,38 (zona expuesta, E41, 20 especies). El mayor índice de dominancia de Simpson fue 0,91 (zona protegida, E1, 44 especies) y menor 0,49 (zona expuesta, E41, 20 especies).

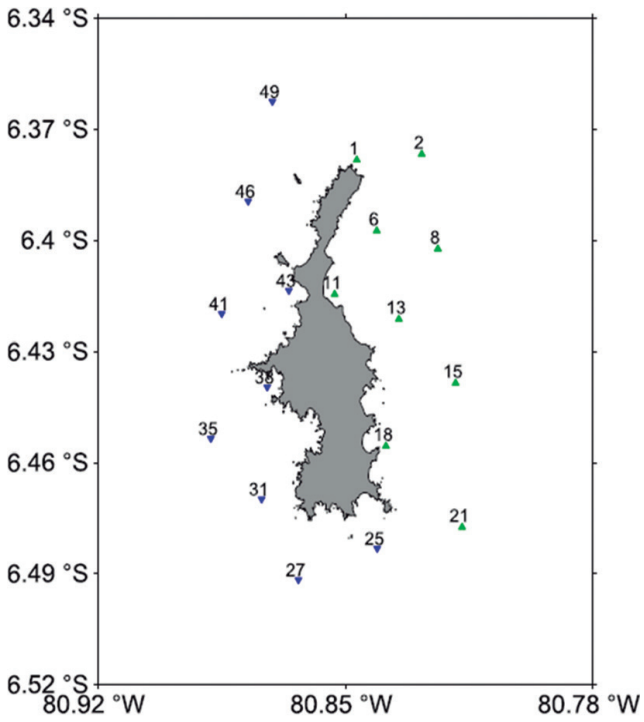

Figura 47.- Ubicación de comunidades bentónicas. Zona protegida (triángulo verde) zona expuesta (triángulo azul). Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Para el análisis comunitario se consideraron 24 especies, por ser más frecuentes y abundantes (>1%). Con el análisis de cluster se observó baja similaridad (28%), verificándose la conformación de dos comunidades diferenciadas en cuanto a zonas expuestas y no expuestas (Figs. 46, 47).

Con el análisis de ordenamiento numérico nMDS, se obtuvo un diagrama indicando distribución espacial de las estaciones y sus cercanías en la conformación de comunidades. Este análisis permitió diferenciar, dentro de la baja similaridad, a tres grupos de asociaciones (Fig. 48):

GE I: *Notomastus* sp., *Pisione* sp. y Branchiostomatidae

GE II: *Aricidea* sp., *Mediomastus branchiferus*, Cumacea, *Paraprionospio pinnata* (Ehlers, 1901), Synopiidae, *Typosyllis* sp., Platyischnopidae, *Diopatra chiliensis* Quatrefages, 1866, Phoxocephalidae, *Elasmopus* sp., *Tharyx* sp., *Photis* sp., *Chone paracincta* Hartmann-Schröder, 1962, *Lumbrineris* sp., Megaluropidae, *Eurypanopeus transversus* (Stimpson, 1860), *Ampelisca pugetica* Stimpson, 1864, *Pinnixia valdiviensis* Rathbun, 1907 y *Pagurus* sp.

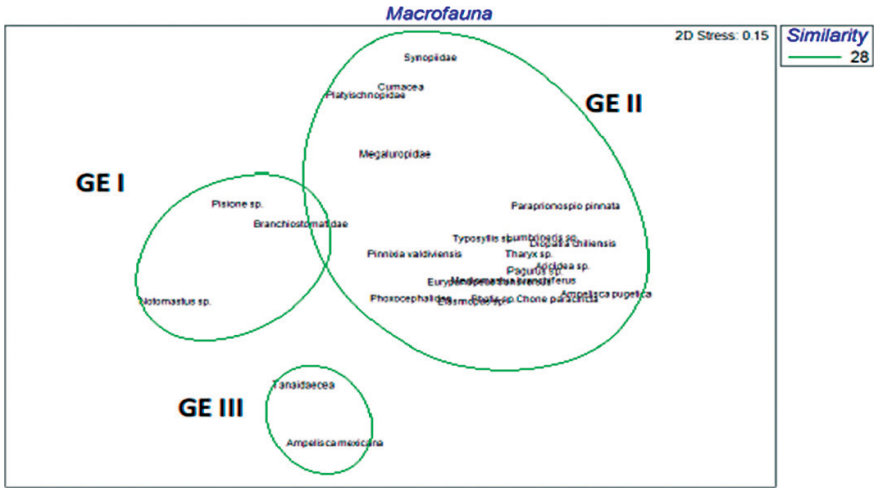

Figura 48.- nMDS entre especies. Tres asociaciones de especies con 28% de similaridad. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

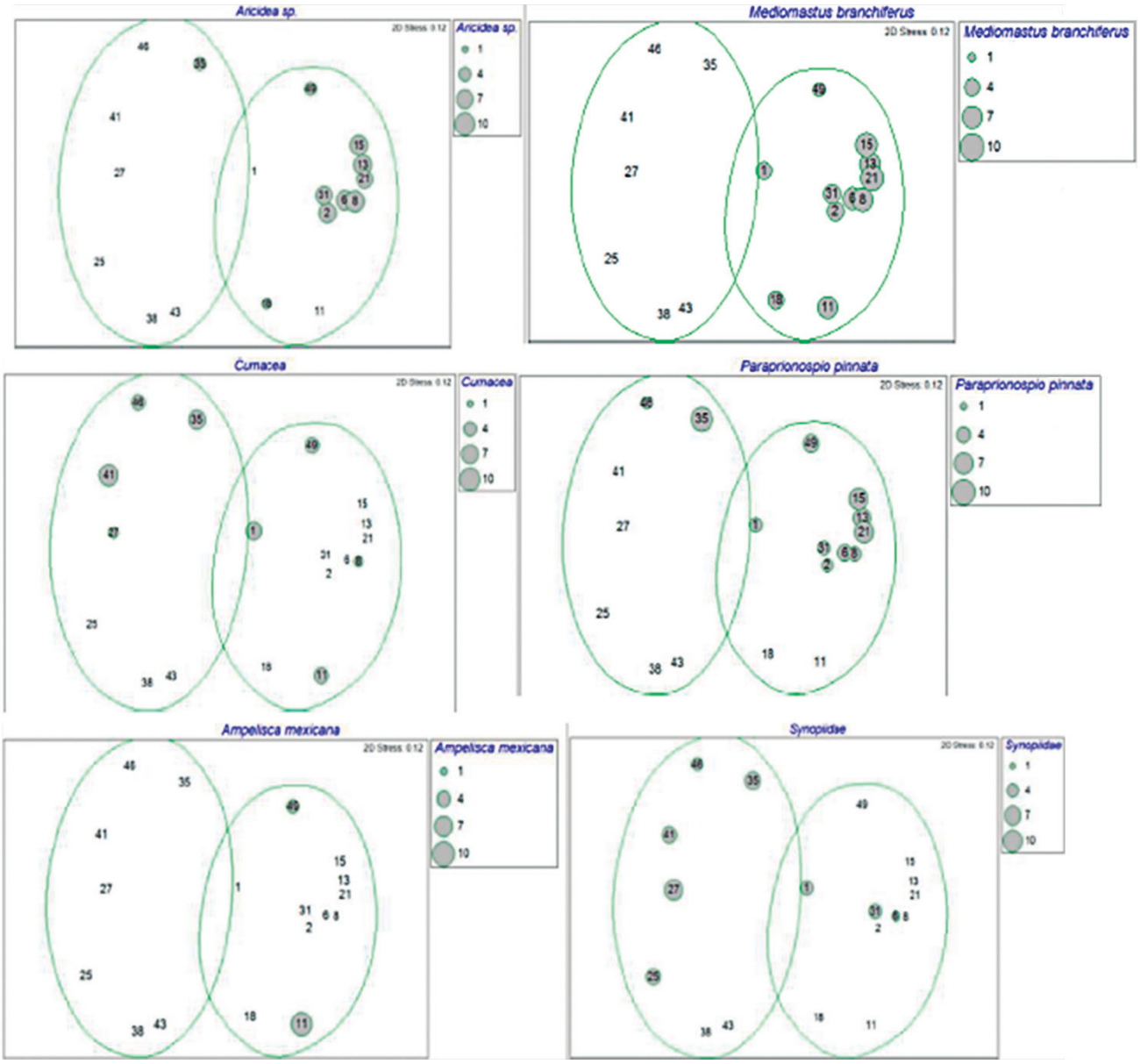

Figura 49.- Diagrama nMDS de la composición de seis especies más abundantes. Se configuran dos grupos de muestras con 28% de similaridad, el diámetro de los círculos en gris indica abundancias transformadas. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

GE III: Tanaidaecea y *Ampelisca mexicana* J.L. Barnard, 1954.

Al analizar el nMDS de la composición de las seis especies de mayor abundancia, se determinó que *Aricidea* sp., *Mediomastus branchiferus*, *P. pinnata* y *Ampelisca mexicana* brindaron mayor aporte de abundancia en la zona protegida, mientras que Cumacea y Synopiidae lo hicieron en la zona expuesta (Fig. 49).

Sedimentología y Geoquímica

Descripción de los sedimentos superficiales

En la zona de estudio, los sedimentos superficiales estuvieron conformados en mayor proporción por minerales terrígenos como silicatos (cuarzo, feldespatos, micas, entre otros). También se registró restos de origen biogénico como fragmentos calcáreos de valvas y tubos de poliquetos.

Granulometría

Contenido de la fracción grava.- Fracción muy escasa, está compuesta de trozos calcáreos y de roca. Los mayores contenidos de grava (12,45%) se hallaron en la estación E-43 localizada al noroeste de la isla a 10 m de profundidad; al noreste la presencia de grava fue más escasa fluctuando entre 0,01% y 3,54% (Fig. 50a).

Contenido de la fracción arena.- Conformada por minerales de origen terrígeno como cuarzo, feldespatos, entre otros y también componentes de origen biogénico (fragmentos calcáreos). La fracción arena fue dominante (Fig. 50b), el mayor valor (91,02%) se registró al oeste de la isla, en la estación 46 (entre el islote Albatros y bahía Vivero) y muy cerca de la línea de costa. Los menores contenidos se localizaron al norte de la isla (E-49) con valores de 60,18%. Al este de la isla y en el centro el valor promedio fue >80%. De acuerdo a la profundidad (que correspondió a zonas más alejadas de la costa) los contenidos de arena tendieron a disminuir.

Contenido de la fracción limo.- Conformada por partículas de tamaño de grano <0,063 mm, se encontró en toda la zona de estudio. El mayor porcentaje (13%) se concentró al norte de la isla en la estación 49 (E49); al noreste se registraron valores de hasta 5% (Fig. 51a).

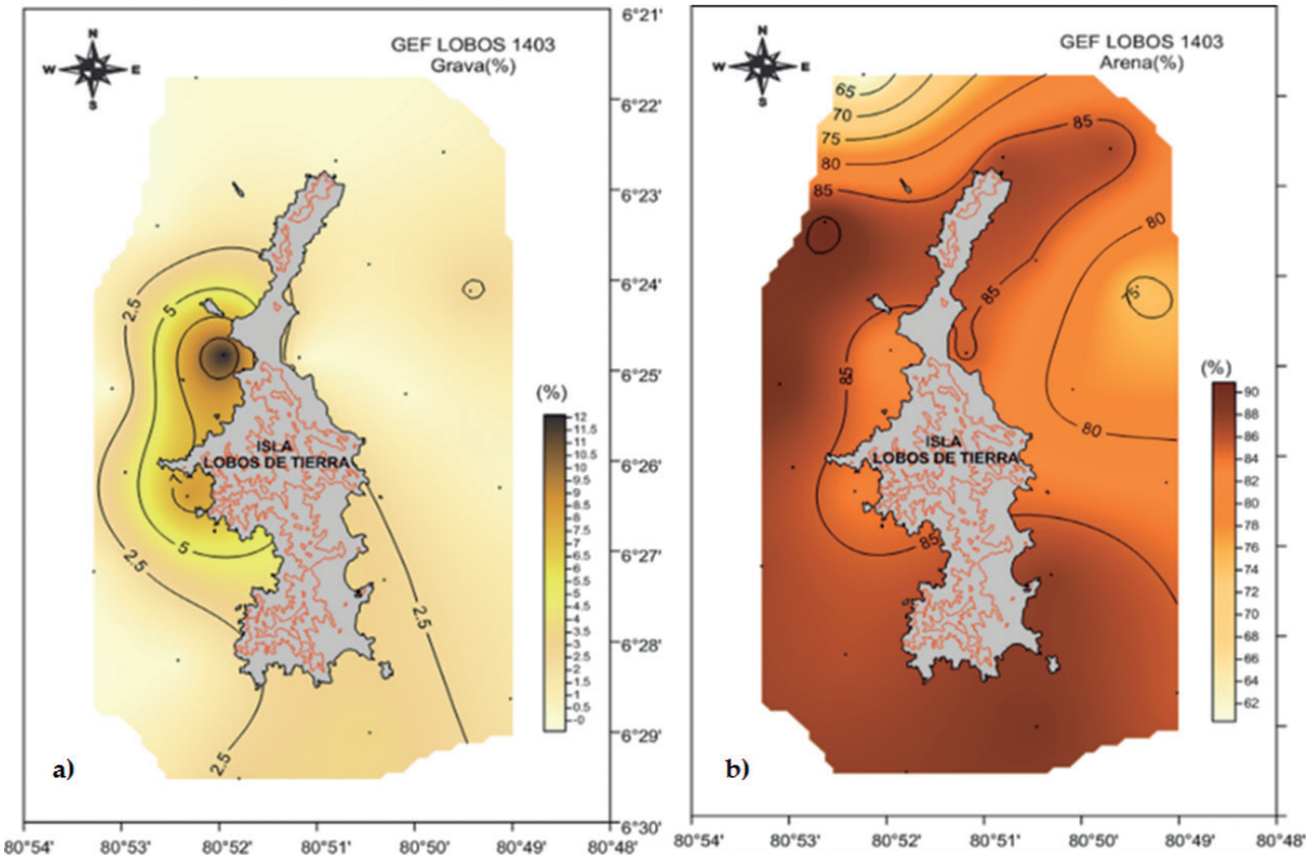

Figura 50.- Distribución de: a) Grava, b) Arena en sedimentos marinos. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

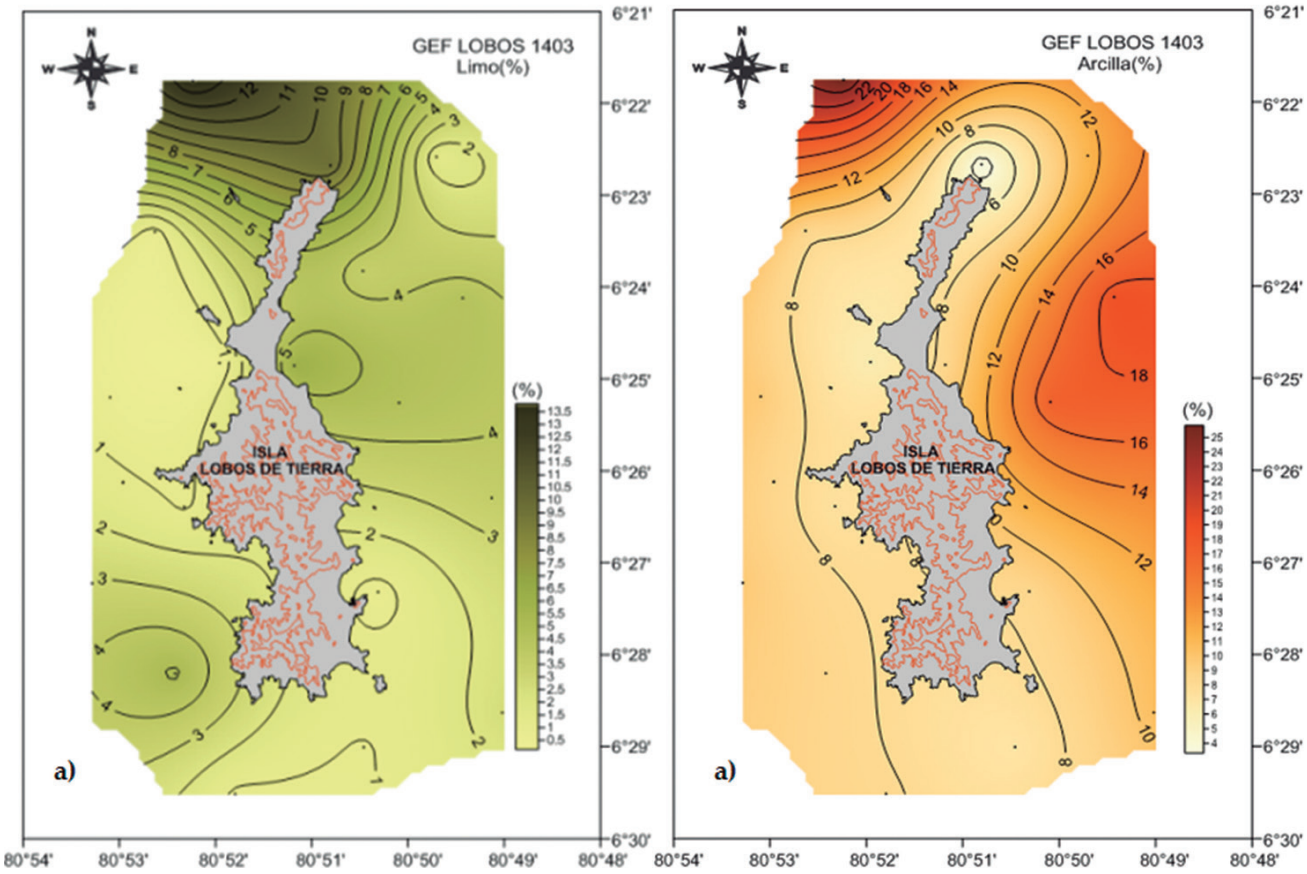

Figura 51.- Distribución del contenido de: a) limo, b) arcilla en sedimentos del fondo marino. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

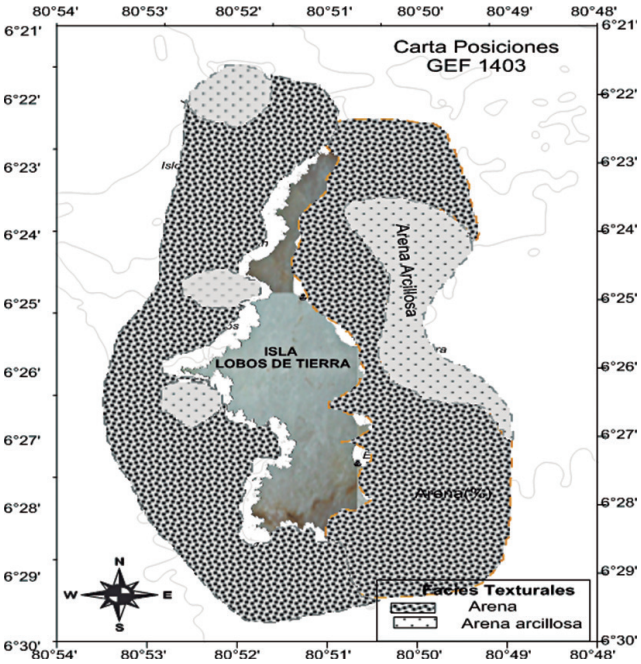

Figura 52.- Mapa de distribución de facies texturales. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

Contenido de la fracción arcilla.- Esta fracción mostró tendencia opuesta a la distribución de la arena. Los mayores valores se localizaron en E-49 (25,92%) y al oeste de la isla incrementando los porcentajes conforme se aleja de ella. Los menores valores de arcilla correspondieron a E-43 (6,08%) localizada muy cerca del borde de la isla (Fig. 51b).

Textura

La clasificación textural de 18 muestras de sedimentos se observa en la figura 52. A partir de los análisis granulométricos se definieron 2 facies texturales: arena y arena arcillosa.

La arena predominó de sur a norte, y la arena arcillosa presentó distribución irregular. Al noreste se detectaron parches localizados, en la zona central y cerca de la línea de costa de la isla se hallaron pequeños parches. Al este, alejado de la isla, se registró un gran parche longitudinal de arena arcillosa.

Contenido de materia orgánica total (MOT) y carbonatos totales

Los contenidos de materia orgánica muestran distribución variable, en el oeste el promedio fue de 3,68% y en el este de 3,78% (Fig. 53a). El mayor valor (10,02%) se registró cerca del islote Albatros, estación E46, y el contenido mínimo (1,56%) en la estación 35.

Los carbonatos totales mostraron variabilidad. El mayor valor (83,59%) se registró en la estación 18 (El Ñopo) y en la estación 21 el menor valor (11,51%) (Fig. 53b).

La distribución del CO_2 mostró tendencia similar al de carbonatos, los valores fluctuaron entre 5,06 y 36,78% (Fig. 53c).

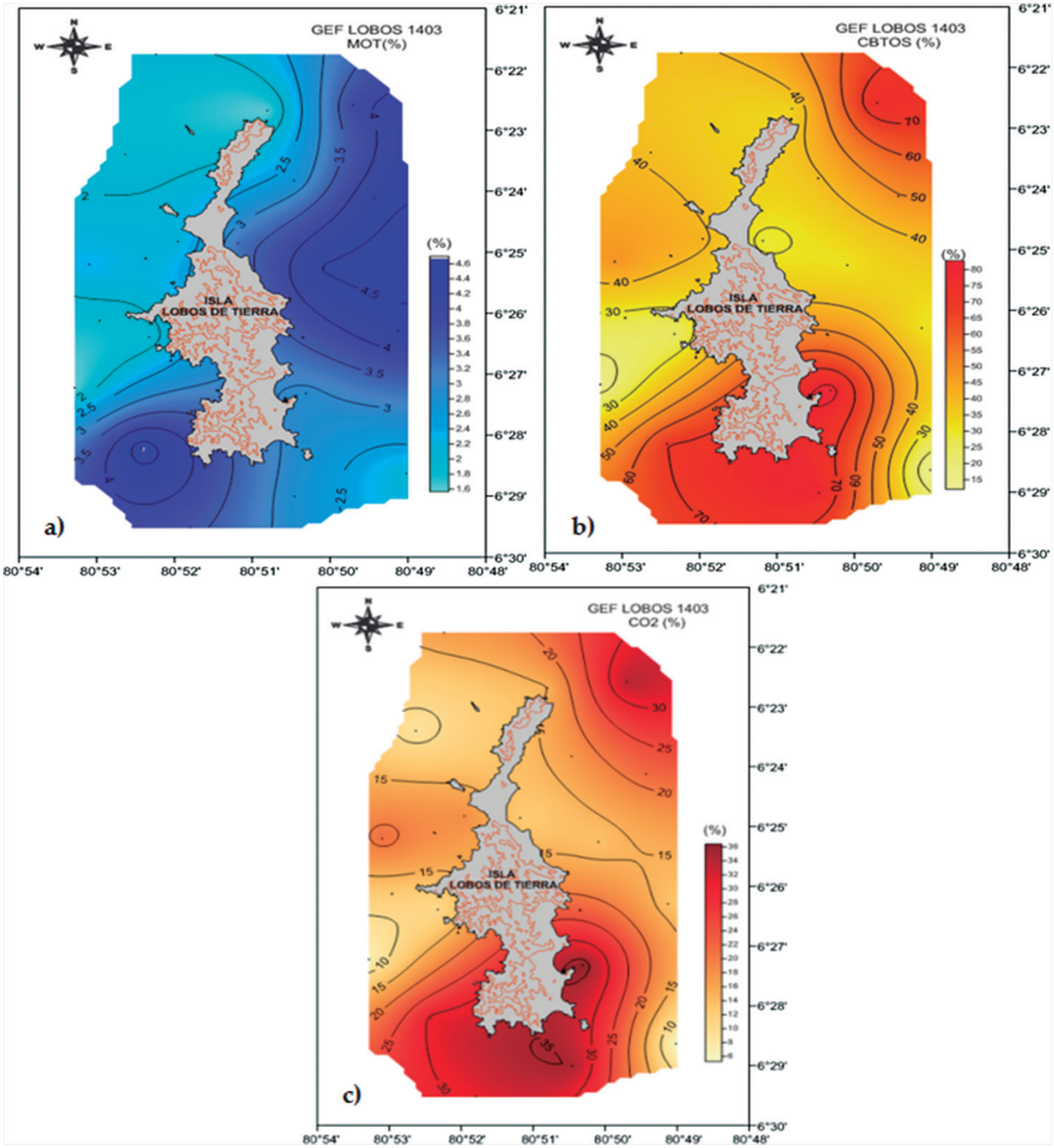

Figura 53.- Distribución del contenido de: a) Materia orgánica total, b) Carbonatos totales, c) CO2 en sedimentos marinos. Isla Lobos de Tierra. Marzo 2014

4. DISCUSIÓN

En la isla Lobos de Tierra, ubicada entre los 6°23´ - 6°29´S y 80°50´ - 80°52´W, confluyen las Aguas Costeras Frías procedentes del sur y las corrientes marinas que llegan del norte (Corriente Ecuatorial y Corriente de Cromwell), además de las Aguas Subtropicales Superficiales (alto contenido de salinidad). La convergencia de estas aguas, de diferentes características, puede afectar temporalmente en forma positiva o negativa la flora y fauna típica del área, debido a que es un ecosistema único y a la vez muy frágil.

Durante la evaluación realizada en marzo 2014, las temperaturas superficiales, alrededor de la isla, fluctuaron de 17,7 a 22,7 °C, apreciándose dos ámbitos bien definidos: a) al occidente u oeste, que presenta las menores temperaturas, baja concentración de oxígeno y mayor concentración de nutrientes, configurando un pequeño foco de afloramiento, principalmente entre el islote Albatros y límite con punta Sáenz, b) al oriente o este con temperaturas más elevadas y mayor concentración de oxígeno. Las concentraciones de nutrientes en esta zona fueron bajas (<1 μM fosfatos, <5 μM silicatos y nitratos) debido a un mayor consumo de estas sales nutritivas por el fitoplancton.

A nivel de fondo, en el lado occidental presentaron las mismas características que en superficie, aunque con incremento de nutrientes. En el lado oriental predominaron núcleos con altos contenidos de oxígeno, pH y clorofila-a de 1 y 2 μg/L, valores que se mantuvieron debido a que este lado es poco profundo. Los nutrientes al igual que en superficie fueron pobres.

La presencia de sólidos suspendidos totales (SST) durante esta evaluación es normal, en contraste al rango de 35,29 a 100,99 mg/L encontrado en la superficie alrededor de la isla San Lorenzo en noviembre 2011, la que fue atribuida a la actividad antrópica de la zona sur de la isla (Hinostroza 2012).

El promedio del volumen de plancton en marzo 2014 fue 0,22 mL/m^3, valor inferior al promedio nacional de verano del 2006 que fue 0,45 mL/m^3 (Delgado y Chang 2009) y, mucho menor al promedio obtenido en otoño del mismo año y en la misma área de estudio que registró 1,33 mL/m^3 (De La Cruz et al. 2006). Esta baja producción podría haber sido ocasionada por un debilitamiento del afloramiento.

La disponibilidad de alimento en el mar está relacionada con la concentración celular y su variación espacial. Las mayores concentraciones celulares se localizaron en las áreas con mayor volumen de plancton, ubicando un núcleo alto en la parte suroeste donde en una estación superó 1.500x10^3 cel/L; en las demás estaciones fueron disminuyendo progresivamente llegando hasta <50x10^3 cel/L en el noroeste de la isla. La presencia de la especie *Planktoniella sol* señala la influencia de aguas oceánicas en la zona de estudio.

Al comparar el mapa de textura de la isla Lobos de Tierra de este estudio con los resultados obtenidos en el estudio de línea base (IMARPE 2007) se aprecia que se mantiene el dominio de arena en la mayor parte del área y que las fracciones más finas de arena están localizadas en las zonas más profundas y alejadas de la línea de costa.

5. CONCLUSIONES

En la isla Lobos de Tierra se determinó que al oriente y occidente se presentan características oceanográficas diferenciadas. En el oriente se registraron temperaturas más elevadas, mayor concentración de oxígeno (asociado a marea roja) y menor concentración de nutrientes; en el occidente estos parámetros se invirtieron debido a un pequeño foco de afloramiento.

Predominaron Aguas Costeras Frías y pequeñas mezclas con Aguas Subtropicales Superficiales.

En la superficie se presentaron flujos con intensidades de 1,2 a 18,7 cm/s, con dirección variable y flujo dominante del sureste (SE). Los vientos fueron débiles variando entre 2,0 y 6,1 m/s.

Las concentraciones medias de SST a nivel superficial y de fondo, superaron lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4, lo que es causado por la remoción del fondo y procesos propios de afloramiento de la zona evaluada.

Los niveles de aceites y grasas estuvieron focalizados y superaron lo estipulado en los ECA (1 mg/L). Las concentraciones de sulfuro de hidrógeno, a nivel de fondo se encontraron dentro de lo establecido en los ECA (0,06 mg/L).

Las concentraciones de cobre, cadmio, hierro, plomo, arsénico y mercurio total en agua de mar superficial no superaron lo establecido en los ECA. Asimismo, las concentraciones de metales pesados en sedimentos superficiales, no superaron el nivel establecido en la Tabla de Protección Costera de los EE.UU.

El fitoplancton fue dominante en 39% de las estaciones muestreadas, mientras que el zooplancton

fue en 35% y el 26% restante lo compartieron el fito y zooplancton. Los copépodos constituyeron el grupo más representativo del zooplancton.

Se registraron especies potencialmente nocivas como *Pseudonitzschia* spp. (grupo *seriata* y *delicatissima*), *Protoperidinium crassipes* y *Dinophysis caudata.*

La zona de estudio presentó biovolúmenes de zooplancton entre 0,5 y 31,8 mL/10 m^3, con el mayor valor localizado al suroeste de la isla frente al islote Unanue, así como también frente a La Grama y al oeste de Cabo Cruz. Los niveles de abundancia fluctuaron entre 2.516 y 180.292 ind./10 m^3 , con mayor abundancia al sur, muy cerca de punta Sáenz.

El área evaluada en el período de estudio se caracterizó por presentar estructura comunitaria altamente heterogénea, identificándose dos comunidades bentónicas con diferentes condiciones de hábitat, mencionadas como zona protegida y zona expuesta, a su vez también se identificaron tres asociaciones de especies.

El grupo Polychaeta fue el más representativo en todas las profundidades y la biomasa fue aportada en general por todos los taxa, excepto por Echinodermata. Los índices de diversidad biológica fueron altos en ambas zonas, lo que indica un ambiente saludable.

Los contenidos de materia orgánica muestran una tendencia de distribución variable en el área estudiada con máximo valor de 10,02% localizado al norte de la isla. El valor promedio de MOT al oeste fue 3,68%, y en el este el valor promedio fue de 3,78%.

6. REFERENCIAS

Álamo V, Valdivieso V. 1987. Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. Inst. Mar Perú, Boletín Volumen Extraordinario. 205 pp.

APHA-AWWA-WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005.

Barnard L, Karaman G. 1991. The Families and Genera of Marine Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroidea). Part 2. Records of the Australian Museum. Supplement 13 (Part 2). 419–866.

Boschi E E. 1981. Larvas de Crustacea Decapoda. En Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. (Boltovskoy, Ed.), Public. Esp. Inst. Nac. Inv. Desarrollo Pesq., Mar del Plata, pp. 699-757.

Bouillon J. 1999. Hydromedusae. In South Atlantic Zooplankton (Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leinden. The Netherlands. 1: 385-465.

Bowman T E, Gruner H E. 1973. The families and genera of Hyperiidae (Crustacea: Amphipoda). Smithsonian Contrib. Zool., 146: 1-64.

Bradford-Grieve J, Markhaseva E, Rocha C, Abiahy B. 1999. Copepods. In South Atlantic Zooplankton (Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leinden. The Netherlands. 2: 869-1098.

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.

Chirichigno N. 1970. Lista de crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda). Inf. Inst. Mar Perú, 35: 1-237.

Cupp E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceangr. 5: 1-237.

Dean W. 1974. Determination of Carbonate and Organic matter in calcareous sediments and rocks by loss on ignition: Comparison the others methods. Jour. Sed. Petrology. 44 (1): 242-248.

De La Cruz J, Ramírez P, Bances S, Carbajal W. 2006. Informe: Evaluación poblacional del recurso *Argopecten purpuratus* "concha de abanico" en la isla Lobos de Tierra. 28 abril – 02 mayo 2006.

Delgado E, Chang F. 2009. La comunidad microalgal durante el verano 2006. Inf Inst Mar Perú. 36(3-4): 131-135.

Einarsson H, Rojas de Mendiola B.1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar., Callao, 1 (1): 23.

Fauchald K. 1977. The Polychaeta worms. Definitions and keys to the order, families and genera. University of Southern California. Science, Series 28: 1-188.

Galehouse J. 1971. Sedimentation Analysis Procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE, New York. Cap. 4. 69-94 p.

Grasshoff K, Kremling K, EhrhardtM. 1999. Methods of Seawater Analysis. 3° edition, Wiley-VCH, Germany.

Gurney R. 1942. The larvae of decapod Crustacea. Ray. Soc. Publ., London, 1-306 pp.

Hendey L. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.

Hinostroza A. 2012. Evaluación de la calidad ambiental de la zona adyacente a la isla San Lorenzo. Estudio de Línea de Base Callao 28 al 30 de noviembre del 2011.

Hobson K, Banse K. 1981. Sedentariate and Archiannelid Polychaetes of British Columbia and Washington. Can. Bull. Fish. Aquat. SM. 209: 144 p.

Holm-Hansen A, Lorenzen C, Holmes R, Strickland J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. Cons. Perm. Explor: 30: 3-15.

Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berucksichtigung der ubrigen Lander Europas der angerzenenden Meerresgebiete.

IMARPE. 2007. Bases técnicas para el Ordenamiento Pesquero y Acuícola en la región de Chiclayo – Línea Base 2007.

Ingram R. 1971. Sieve Analysis. Procedures in Sedimentary Petrology. Eds. Carver, RE. New York. Cap. 3. 49-67 pp.

Kennish M. 2001. Practical Handbook of Marine Science. Third Edition pp: 630-631.

Krebs Ch. 1985. Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia. HARLA S.A. Industria. Ed. Mexicana, 753 pp.

Long E R, Mcdonald D D, Smith S L, Calder F D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges

of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management 19(1):81-97.

MINAM. 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA) Decreto Supremo Nº 002-2008-MINAM.

Morón O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol Inst Mar Perú. 19 (1-2): 179-204.

Onbé T. 1999. Ctenopoda and Onychopoda (Cladocera). In South Atlantic Zooplankton. (Boltovskoy D. Ed.) Backhuys Publishers, Leinden. The Netherlands. 1: 797-813.

Pielou EC. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. Wie Intersci. Publ. John Wiley & Sons, New York: 263 p.

Pohle G, Mantelatto F, Negreiros-Fransozo M, Fransozo A. 1999. Larval Decapoda. In South Atlantic Zooplankton (Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leinden. The Netherlands. 2: 1281-1351.

PRODUCE. 2002. Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Marino Receptor. El Peruano Diario Oficial. Normas Legales, 13 de enero 2002. 215565 – 215581 pp.

Pugh P R. 1999. Siphonophorae. In South Atlantic Zooplankton (Boltovskoy, Ed.) Backhuys Publishers, Leinden. The Netherlands. 1: 467-511.

Robertson A. 1970. An Improved apparatus for determining plankton volume. Fish. Bull. South – Afrika. 6(1): 23 -26.

Schiller. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.

Shannon C, Weaver M. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press Urbana. 125 pp.

Shepard F. 1954. Nomenclature based on silt-clay ratios Jour. Sed. Petrology 24(1): 151-158.

Smith W. 1968. Geología marina de Pisco y alrededores. Tesis para Ingeniero pesquero. Univ. Nac. Federico Villarreal.

Sneath P H, Sokal R R. 1973. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification.

Sournia A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.

Strickland J. Parsons T. 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Board of Canada. Ottawa. Bulletin 167.

Sundström B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.

Throndsen J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris: 69-74.

UNESCO 1983. Chemical methods for use in environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and Guides 12. 53 pp.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitative Phytoplankton. Metodik. Mii. Int. Ver. Limnol. 9: 1-38.

Van Guelpen L, Markle D F, Duggan D J. 1982. An evaluation of accuracy, precision, and speed of several zooplankton sub-sampling techniques. J. Cons. Int. Explor. Mer, 40: 226-236.

Vegas M. 1980. Introducción a la Ecología del Bentos Marino. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Serie de Biología, Monografía N° 9, Washington. 98 pp.

Watson W, Sandknop E M. 1996 b. Engraulidae. In: Calcofi Atlas N°3 (Moser, Ed.): 173-183.

Yentsch C, Menzel. 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phacophytin by fluorescence. Deep Sea Res. 10: 221-231.