

Universidad Autónoma de
Baja California
Facultad de Ciencias Marinas



REPORTE TÉCNICO DEL CRUCERO OCEANOGRÁFICO BTS 2017-2

Editor: Dr. Héctor Bustos-Serrano

Responsables de la elaboración del reporte:

Dr. Ronald Spelz Madero (Oceanografía Geológica)

Dr. Rubén Castro Valdez (Oceanografía Física)

Dr. Héctor Bustos-Serrano (Oceanografía Química)

Dra. Mary Carmen Ruiz dela Torre (Oceanografía Biológica)

Jefe de Crucero: Dr. Héctor Bustos-Serrano

Cita: Bustos-Serrano H., Castro-Valdez R., Ruiz de la Torre M.C., Lugo-Ibarra K.C., Mejía-Piña K.G., Ashida-Hernández E., Canino-Herrera S.R., Sánchez-González A., Larios-Castillo S.I., Bennett-Carreño A., Díaz-García M.A., Romero-González C., Spelz-Madero R.M., Morales-Chávez R., Herrera-Gutiérrez A.R., Santa Rosa del Río M.A., Yarbuh-Lugo I.U., Guardado-France R., Martínez-Alcalá A., Durante-Barajas G., Zavala-Hamz V.A. y J.G.

Vaca-Rodríguez (2018). **REPORTE TÉCNICO DEL CRUCERO OCEANOGRÁFICO BTS 2017-2**. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California. 81pp.



Universidad Autónoma de Baja California Facultad de Ciencias Marinas



Autores

Héctor Bustos-Serrano,
Rubén Castro-Valdez
Mary Carmen Ruiz de la Torre
Karina del Carmen Lugo-Ibarra
Karla Gabriela Mejía-Piña
Eduardo Ashida-Hernández
Sergio Raúl Canino-Herrera
Alejandro Sánchez-González
Sergio Ignacio Larios-Castillo
Abraham Bennett-Carreño
Mariana Alejandra Díaz-García,
Citlalli Romero-González
Ronald M. Spelz-Madero
Rafael Morales-Chávez
Ángel Raúl Herrera-Gutiérrez
Miguel Ángel Santa Rosa del Río
Ismael Usama Yarbuh-Lugo
Rigoberto Guardado-France
Antonio Martínez-Alcalá
Giovanni Durante-Barajas
Víctor A. Zavala-Hamz
Juan G. Vaca-Rodríguez



TABLA DE CONTENIDOS

OCEANOGRAFÍA GEOLÓGICA

| | |
|-----------------------------|----|
| Introducción..... | 5 |
| Objetivos | 6 |
| Objetivos Particulares..... | 6 |
| Área de estudio..... | 6 |
| Métodos..... | 7 |
| Resultados | 11 |
| Referencias | 25 |
| Anexo G | 26 |

OCEANOGRAFÍA FÍSICA

| | |
|----------------------|----|
| Resumen | 32 |
| Área de estudio..... | 33 |
| Resultados | 35 |
| Anexo F..... | 40 |

OCEANOGRAFÍA QUÍMICA

| | |
|---------------------------|----|
| Resumen | 46 |
| Área de estudio..... | 47 |
| Materiales y métodos..... | 48 |
| Resultados | 50 |
| Conclusión..... | 54 |
| Referencias | 55 |
| Anexo Q | 55 |

OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

| | |
|----------------------------|----|
| Resumen | 60 |
| Introducción..... | 61 |
| Objetivo general | 61 |
| Objetivos específicos..... | 61 |
| Área de estudio..... | 62 |
| Metodología..... | 62 |
| Resultados | 65 |
| Conclusiones | 77 |
| Referencias | 78 |

INTRODUCCIÓN

Para dar continuidad a la colaboración entre SEMAR y la UABC, realizamos este estudio oceanográfico en las inmediaciones de Bahía Todos Santos en todas las áreas de la oceanografía.

El presente reporte contiene la información por áreas del conocimiento y hacemos entrega a la Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada para que complemente los estudios que la SEMAR está llevando a cabo para el cuidado de los mares y costas mexicanos.

Los resultados se compararon en términos generales con los reportes de crucero BTS 2016-2 y BTS 2017-1 (Bustos-Serrano *et al.*, 2016; 2017).

OCEANOGRAFÍA GEOLÓGICA

Responsable: Dr. Ronald Spelz Madero

Colaboradores: Dr. Ronald M. Spelz – Madero, M. C. Ángel Raúl Herrera – Gutiérrez, Dr. Miguel Ángel Santa Rosa del Río, Dra. Karla Mejía – Piña, Dr. Ismael Usama Yarbuh Lugo, M.C. Rigoberto Guardado – France

Introducción

Los ambientes marinos someros son regiones de una alta productividad biogénica, la cual se ve reflejada en la abundancia de organismos presentes en los sedimentos depositados en el lecho marino (Nichols, 2009). Los organismos desempeñan un importante papel en la modificación del sustrato en el que habitan. Esto es, algunos estabilizan los sedimentos al estar fijados al sustrato, mientras que otros lo pueden remover por medio de su desplazamiento a través del mismo, lo que produce mezcla y re-suspensión del sedimento, permitiendo una oxigenación de las capas inferiores del sustrato y promoviendo la oxidación de la materia orgánica a través de la actividad bacteriana (Nichols, 2009).

En el caso particular de la Bahía de Todos Santos (BTS; Fig. G1), los sedimentos hemipelágicos se caracterizan por ser una mezcla de sedimentos predominantemente finos, constituidos principalmente por una fracción terrígena y, una fracción biogénica representada por foraminíferos. Esta combinación de aportes sedimentarios orgánicos e inorgánicos, aunada a la contribución de las componentes autógenas (e.g., CaCO_3 entre otros), representan una rica fuente de información geoquímica (Sageman y Lyons, 2003). Por su parte, los foraminíferos, cuyas testas están formadas por CaCO_3 , permiten a partir de ellos elaborar interpretaciones relacionadas con la climatología y el tipo de ambiente en que estos se desarrollan (Lipps *et al.*, 1979). La identificación de la clasificación taxonómica se fundamenta en la morfología de la testa que presentan estos organismos, los cuales en su mayoría son especies bentónicas, aunque algunas han sabido adaptarse a la vida pelágica (planctónicos). La comprensión de la respuesta fisiológica de estos organismos a las variaciones climáticas es clave para el conocimiento de los nichos de especies individuales, al igual que de la interpretación de los patrones de distribución, siendo esto un tema de suma importancia para futuras investigaciones (Murray, 2006).

En este trabajo se reportan los resultados derivados del análisis de muestras de sedimento colectadas a lo largo de tres transectos que cubren prácticamente la totalidad la Bahía de Todos Santos (Fig. G1). El estudio tiene como propósito estudiar e investigar la distribución y las características texturales de los sedimentos, así como el análisis geoquímico de los mismos, y la diversidad de los foraminíferos presentes en la zona de estudio. Esto permitirá evaluar la variación espacio-temporal de la distribución de sedimentos, la abundancia y la diversidad de los foraminíferos planctónicos y bentónicos, así como la variación en la distribución de los porcentajes de carbono orgánico e inorgánico en la Bahía, mismos que pueden ser utilizados como un proxy de la productividad orgánica primaria en la región.

Objetivos

Caracterizarla variación espacial de los sedimentos superficiales depositados en la Bahía de Todos Santos (BTS), para conocer la distribución de sus parámetros texturales, geoquímicos y, además, la distribución y abundancia de los foraminíferos planctónicos y bentónicos.

Objetivos Particulares

- (a) Determinar la textura de los sedimentos para conocerla distribución espacial de arenas, limos y arcillas en los sedimentos superficiales de la BTS.
- (b) Establecerla distribución espacial, el porcentaje de ocurrencia y la abundancia de los foraminíferos planctónicos y bentónicos de los sedimentos superficiales depositados en la BTS.
- (c) Inferir sobre las características ecológicas en la BTS, a partir de las asociaciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos.
- (d) Determinar la distribución espacial del contenido de carbono orgánico (C_{org}), carbono inorgánico (C_i) y carbono total (C_{tot}) de los sedimentos superficiales depositados en la BTS.
- (e) Establecer la relación entre las características texturales (i.e., contenido de arenas, limos y arcillas) y geoquímicas (i.e., contenido de C_{org} , C_i y C_{tot}) en los sedimentos superficiales depositados en la BTS.

Área de estudio

La Bahía de Todos Santos (BTS; $31^{\circ} 48' N$ y $116^{\circ} 42' O$), es un cuerpo de agua semi-cerrado con una superficie de $\sim 230\text{km}^2$ (Fig. G1). Presenta dos conexiones importantes (norte y sur) con el mar abierto y las cuales están separadas por las Islas de Todos Santos (ITS). La entrada norte, está delimitada por las ITS y la Punta San Miguel (PSM) y se caracteriza por presentar una longitud de ~ 11 km y una profundidad máxima de 50 m. En contraste, la entrada sur tiene ~ 5 km de longitud y una profundidad >400 m debido a la presencia de un cañón submarino (Miranda-Bojórquez, 2012).

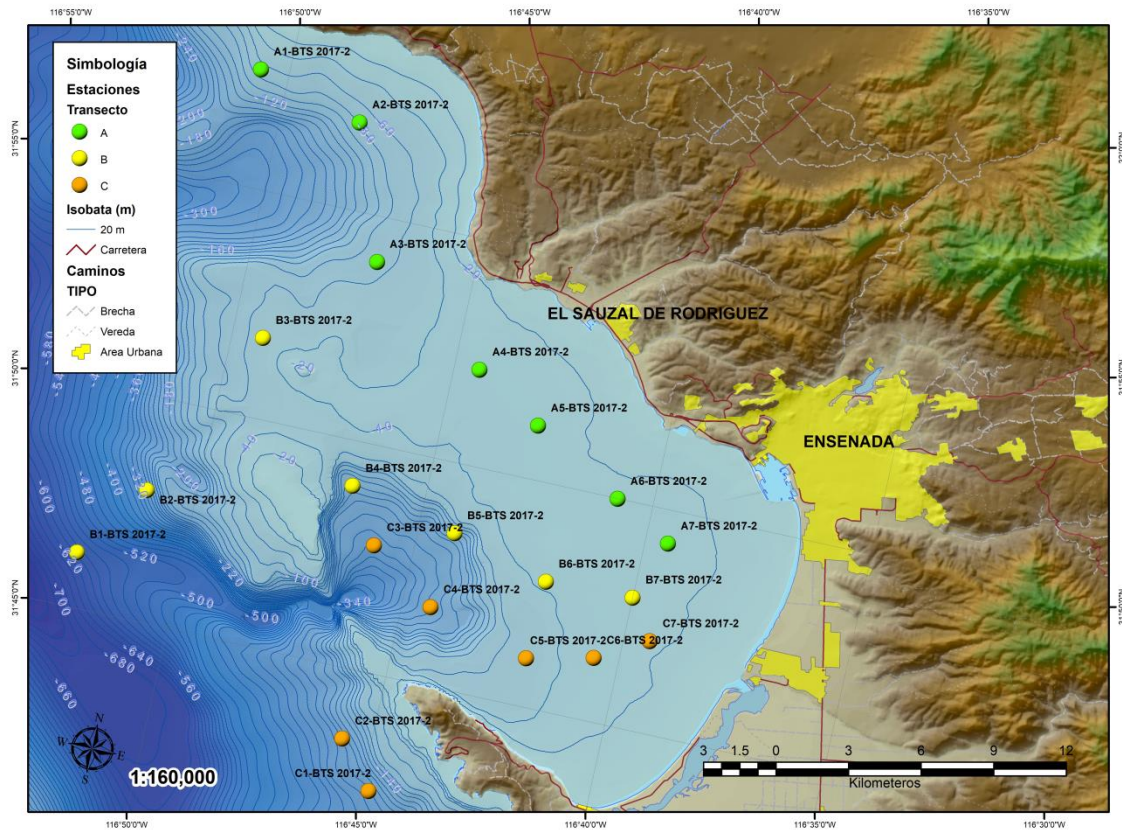


Figura G1. Localización de las estaciones de muestreo durante la campaña oceanográfica BTS 2017-2, distribuidas a lo largo de tres transectos: transecto A (puntos verdes), transecto B (puntos amarillos) y transecto C (puntos naranja).

Métodos

Las muestras superficiales de sedimentos utilizadas en este estudio fueron recolectadas los días 20, 21 y 22 de Septiembre de 2017 (Tabla GI; Fig. G1. Área de estudio), durante la campaña oceanográfica BTS 2017-2 a bordo del Buque de la Armada de México ARM Farías (PO-110). El plan de muestreo consistió en tres transectos distribuidos en la BTS (A, B, C; Fig. G1), cada uno con siete estaciones. Sin embargo, solamente para 18 de las 21 estaciones planeadas se lograron recuperar muestras sedimentarias, debido al intenso oleaje (estaciones C1 y C2) y a la imposibilidad de recuperar sedimentos profundos (>400 m, estación B1). El muestreo se llevó a cabo utilizando una draga Van Been, lanzada desde la embarcación utilizando un cable de acero y un cabrestante. Una vez recuperada la draga, las muestras recolectadas fueron guardadas en bolsas de plástico Ziploc® y etiquetadas adecuadamente para su posterior análisis en el Laboratorio de Investigación de Oceanografía Geológica en la Facultad de Ciencias Marinas.

Tabla GI. Localización geográfica de las estaciones donde se recolectaron sedimentos superficiales durante el crucero BTS2017-2, incluyendo la profundidad de la columna de agua (m) determinada con ecosonda.

| Estación | Profundidad (m) | Latitud | Longitud |
|---------------|-----------------|---------|----------|
| A1-BTS-2017-2 | 92 | 31.9606 | -116.844 |
| A2-BTS-2017-2 | 71 | 31.9492 | -116.803 |
| A3-BTS-2017-2 | 70 | 31.9000 | -116.786 |
| A4-BTS-2017-2 | 34 | 31.8691 | -116.740 |
| A5-BTS-2017-2 | 30 | 31.8535 | -116.714 |
| A6-BTS-2017-2 | 24 | 31.8333 | -116.680 |
| A7-BTS-2017-2 | 17.5 | 31.7425 | -116.639 |
| B2-BTS-2017-2 | - | 31.9122 | -116.826 |
| B4-BTS-2017-2 | 126 | 31.8168 | -116.777 |
| B5-BTS-2017-2 | 86 | 31.8078 | -116.736 |
| B6-BTS-2017-2 | 37 | 31.7975 | -116.699 |
| B7-BTS-2017-2 | 26 | 31.7987 | -116.666 |
| C3-BTS-2017-2 | 246 | 31.7969 | -116.764 |
| C4-BTS-2017-2 | 257 | 31.7790 | -116.739 |
| C5-BTS-2017-2 | 52 | 31.7681 | -116.700 |
| C6-BTS-2017-2 | 30 | 31.7737 | -116.676 |
| C7-BTS-2017-2 | 27 | 31.7842 | -116.657 |

Análisis textural de los sedimentos

Para obtener la textura de las muestras sedimentarias, se utilizó el método del Hidrómetro de Bouyoucos, el cual permite estimar de manera rápida y precisa la proporción de arenas, limos y arcillas presentes en la muestra (Beretta *et al.*, 2014). El método se fundamenta en la Ley de Stokes, que establece la relación entre el tamaño de partículas y su tasa de sedimentación, es decir, el método se basa en la concentración del sedimento en suspensión y en la velocidad de asentamiento de las partículas en una columna de agua a una temperatura específica (20 °C).

El método consistió en cuartear la muestra hasta obtener una submuestra de ~ 60 g, la cual fue pesada antes y después de ser calcinada a 550 °C en una mufla durante 2 hr, con el objetivo de eliminar la materia orgánica. La diferencia en peso de la muestra antes y después de ser calcinada es una aproximación del porcentaje en peso de la materia orgánica presente en la muestra sedimentaria. Posteriormente, la muestra se vertió en una botella mezcladora de 340 mL, se le agregaron 2.0 g de

defloculante $[(\text{NaPO}_3)_6]$, se aforó con agua destilada y se agitó vigorosamente durante 5 - 7 minutos. La mezcla fue transferida a un cilindro de asentamiento de 1.0 L, aforada con agua destilada, homogenizada por agitación e inmediatamente colocada en reposo. Transcurridos 40 segundos y utilizando el hidrómetro de Bouyoucos, se midió la concentración g L^{-1} de los limos y arcillas suspendidos (este último procedimiento se realizó por triplicado, hasta que las lecturas fueron consistentes). Debido a que el hidrómetro está calibrado para fluidos con temperaturas de 20 °C, las lecturas deben ser corregidas utilizando las siguientes ecuaciones:

(a) Para temperaturas >20 °C:

$$\text{Lectura corregida} = \text{lectura medida} \left(\frac{\text{g}}{\text{b}} \right) + [(T \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ medida} - 20) * 0.36 * \frac{\text{g}}{\text{l}}]$$

(b) Para temperaturas >20 °C:

$$\text{Lectura corregida} = \text{lectura medida} \left(\frac{\text{g}}{\text{b}} \right) + [(T \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ medida} - 20) * 0.36 * \frac{\text{g}}{\text{l}}]$$

Una vez la concentración de limos, el cilindro de asentamiento se agito nuevamente y se dejó en reposo durante 120 minutos. Inmediatamente después se tomó la lectura del hidrómetro correspondiente al contenido de arcilla de la muestra (está lectura también fue corregida por temperatura, de acuerdo con las ecuaciones anteriores). Es importante mencionar que para ambas mediciones (limos y arcillas) se realizaron blancos de procedimiento compuestos por 2.0 g de $(\text{NaPO}_3)_6$ diluidos en 1.0 L de agua destilada.

El contenido porcentual de la fracción arenosa, limosa y arcillosa se calculó mediante las siguientes ecuaciones propuestas por Beretta *et al.*, (2014):

$$\% \text{ limos} + \text{arcillas} = \frac{[\text{Lectura corregida (40 s)} - \text{Blanco}] * 100}{\text{Peso seco del sedimento}}$$

$$\% \text{ arcillas} = \frac{[\text{Lectura corregida (120 s)} - \text{Blanco}] * 100}{\text{Peso seco del sedimento}}$$

$$\% \text{ arenas} = 100 \% - (\% \text{ limos} + \% \text{ arcillas})$$

Determinación de carbono orgánico, inorgánico y total

El contenido de carbono orgánico (C_{org}), inorgánico (C_i) y total (C_{tot}) en los sedimentos superficiales, se determinó utilizando un coulómetro de dióxido de carbono (UIC, Inc. Modelo CM150) equipado con dos módulos (acidificación y combustión). Para el C_i , ~ 20 mg de muestra (seca y macerada) fueron tratados en el módulo de acidificación, añadiendo 5 mL de $HClO_4$ 2 N para obtener $CO_2(g)$. Para el caso del C_{tot} , ~ 20 mg de la muestra se introdujeron al módulo de combustión a una temperatura de 930 °C, produciendo $CO_2(g)$. El $CO_2(g)$ generado en ambos módulos es acarreado a la celda electroquímica donde se cuantifica. El C_{org} se calcula restando el C_i al C_{tot} . Aunque el coulómetro de CO_2 no requiere ser calibrado, se utilizó un estándar de $CaCO_3$ en polvo (Mallinckrodt ® 4072) con el que se obtuvo un porcentaje de recuperación de $100 \pm 13\%$ (n=6), una desviación estándar relativa de 0.26% y blancos que siempre estuvieron por debajo del límite de detección del método (8.8×10^{-3} mg C).

El porcentaje en peso del contenido de $CaCO_3$ en las muestras sedimentarias, se calculó utilizando la ecuación:

$$\% CaCO_3 = \frac{0.8335 * (\mu g C_{i_{muestra}} - \mu g C_{blanco})}{Peso_{muestra}}$$

en donde el término ($\mu g C_{i_{muestra}}$) corresponde al contenido de C_i en las muestras obtenido mediante el módulo de acidificación.

Preparación de muestras para la identificación de foraminíferos

Los foraminíferos planctónicos y bentónicos fueron separados de la fracción sedimentaria utilizando tamices de 3 y 4 ϕ (125 μm y 63 μm , respectivamente). El material retenido en el tamiz de 4 ϕ se colocó en una caja Petri y se secó en un horno de convección a una temperatura inferior a 60 °C hasta eliminar toda la humedad. Posteriormente, los foraminíferos fueron montados en una placa, utilizando un microscopio estereoscópico (LEICA) e identificados de acuerdo con las guías reportadas por Cushman (1980) y Walton (1955).

Resultados

Análisis textural

Tabla GII. Contenido porcentual de arenas, limos, arcillas de cada una de las muestras sedimentarias colectadas durante la campaña oceanográfica 2017-2, así como el promedio (\pm una desviación estándar) y el rango general calculado para el área de estudio.

| Estación | Arcillas (%) | Arenas (%) | Limos (%) | Limos + Arcillas (%) |
|-----------------|---------------|-------------|-------------|----------------------|
| A1-BTS-2017-2 | 3.2 | 40 | 57 | 60 |
| A2-BTS-2017-2 | 5 | 73 | 22 | 27 |
| A3-BTS-2017-2 | 1.7 | 97 | 1.2 | 2.9 |
| A4-BTS-2017-2 | 2.5 | 96 | 1.7 | 4.2 |
| A5-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| A6-BTS-2017-2 | 2.5 | 75 | 22 | 25 |
| A7-BTS-2017-2 | 2.4 | 67 | 31 | 33 |
| B1-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| B2-BTS-2017-2 | 5.2 | 77 | 18 | 23 |
| B3-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| B4-BTS-2017-2 | 6.6 | 40 | 53 | 60 |
| B5-BTS-2017-2 | 3.7 | 58 | 38 | 42 |
| B6-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| B7-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| C1-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| C2-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| C3-BTS-2017-2 | 11 | 43 | 46 | 57 |
| C4-BTS-2017-2 | 4.3 | 61 | 34 | 39 |
| C5-BTS-2017-2 | 2.1 | 53 | 45 | 47 |
| C6-BTS-2017-2 | 3.6 | 85 | 12 | 15 |
| C7-BTS-2017-2 | - | - | - | - |
| Promedio | 4.1 \pm 2.4 | 67 \pm 20 | 29 \pm 18 | 33 \pm 20 |
| Rango | 1.7 - 10.7 | 40 - 97.1 | 1.2 - 57.3 | 2.9 - 60.5 |

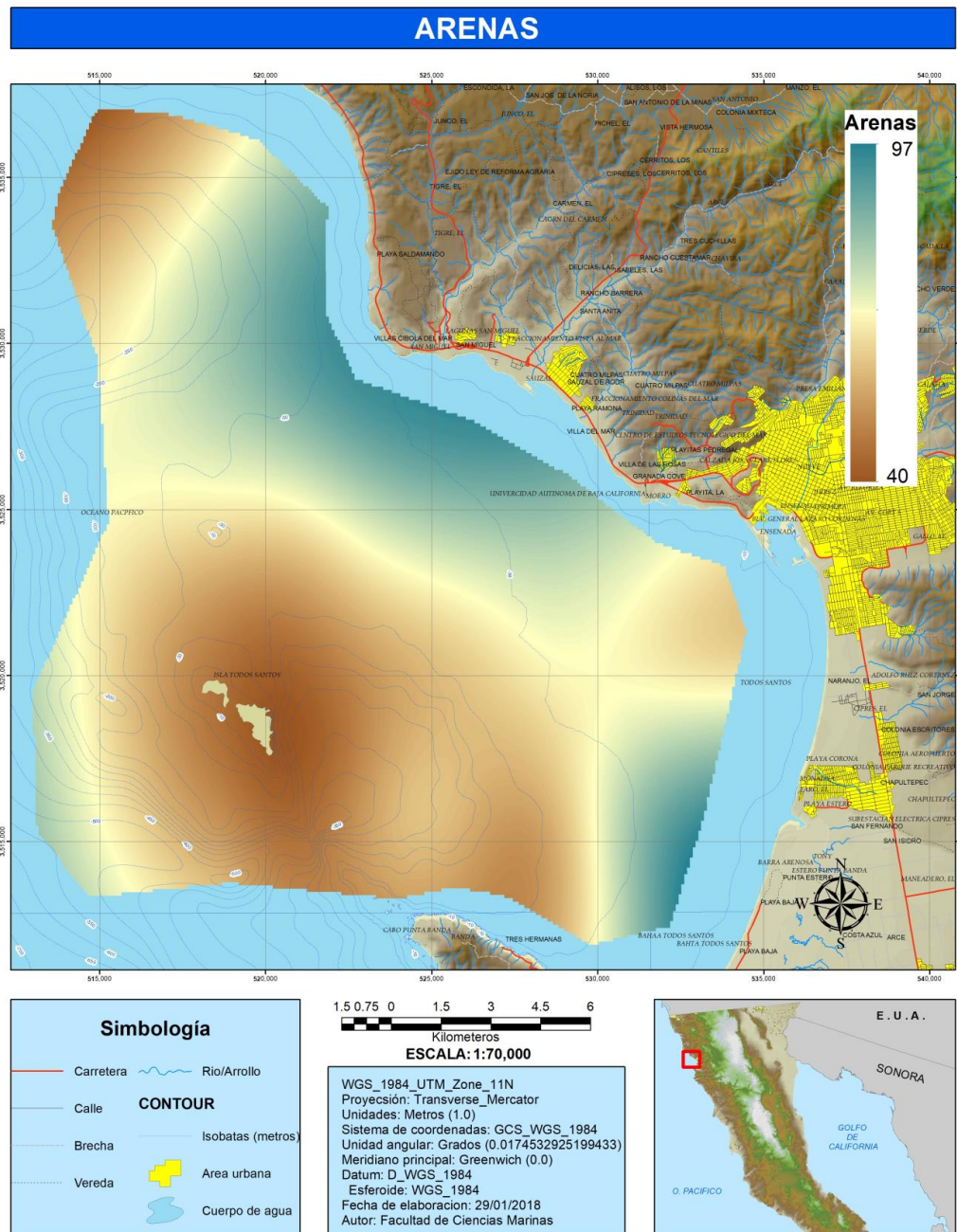


Figura G2. Mapa de contornos que muestra la distribución espacial del contenido (%) de arenas en las muestras de sedimento colectadas durante la campaña oceanográfica 2017-2 en la Bahía de Todos Santos. La mayor concentración de sedimentos arenosos ocurre principalmente en la porción NO de la Bahía, en la zona costera localizada frente a punta San Miguel, así como en una pequeña área localizada hacia el O del Estero de Punta Banda en el SE de la Bahía.

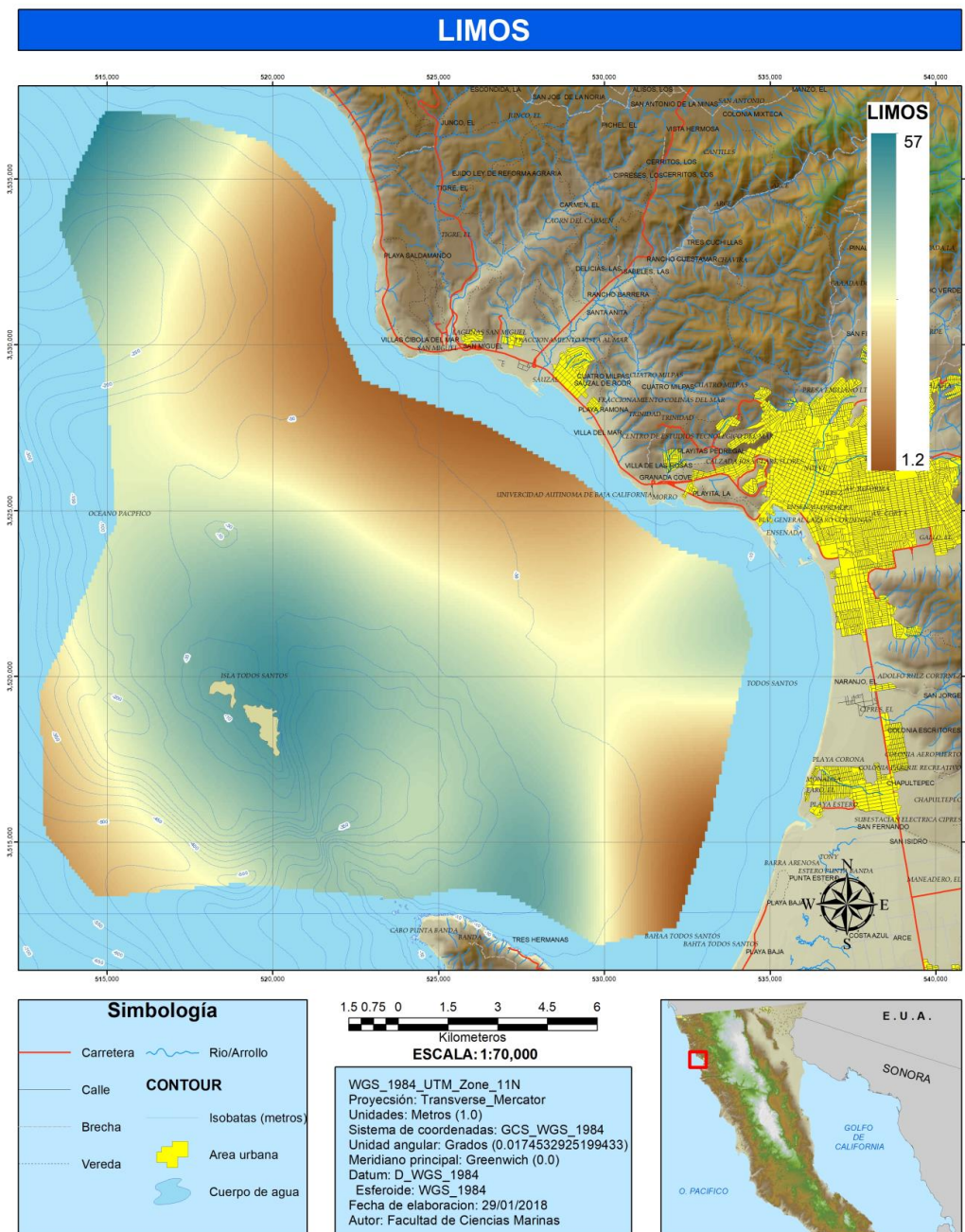


Figura G3. Mapa de contornos que muestra la distribución espacial del contenido (%) de limos en las muestras de sedimento colectadas durante la campaña oceanográfica 2017-2 en la Bahía de Todos Santos. En contraste con las arenas (Fig. G2), la menor cantidad de limos ocurre a lo largo de la franja costera de la Bahía. Esto es más evidente en la porción NO de la Bahía (Punta San Miguel) y en una pequeña área localizada hacia el O del Estero de Punta Banda.

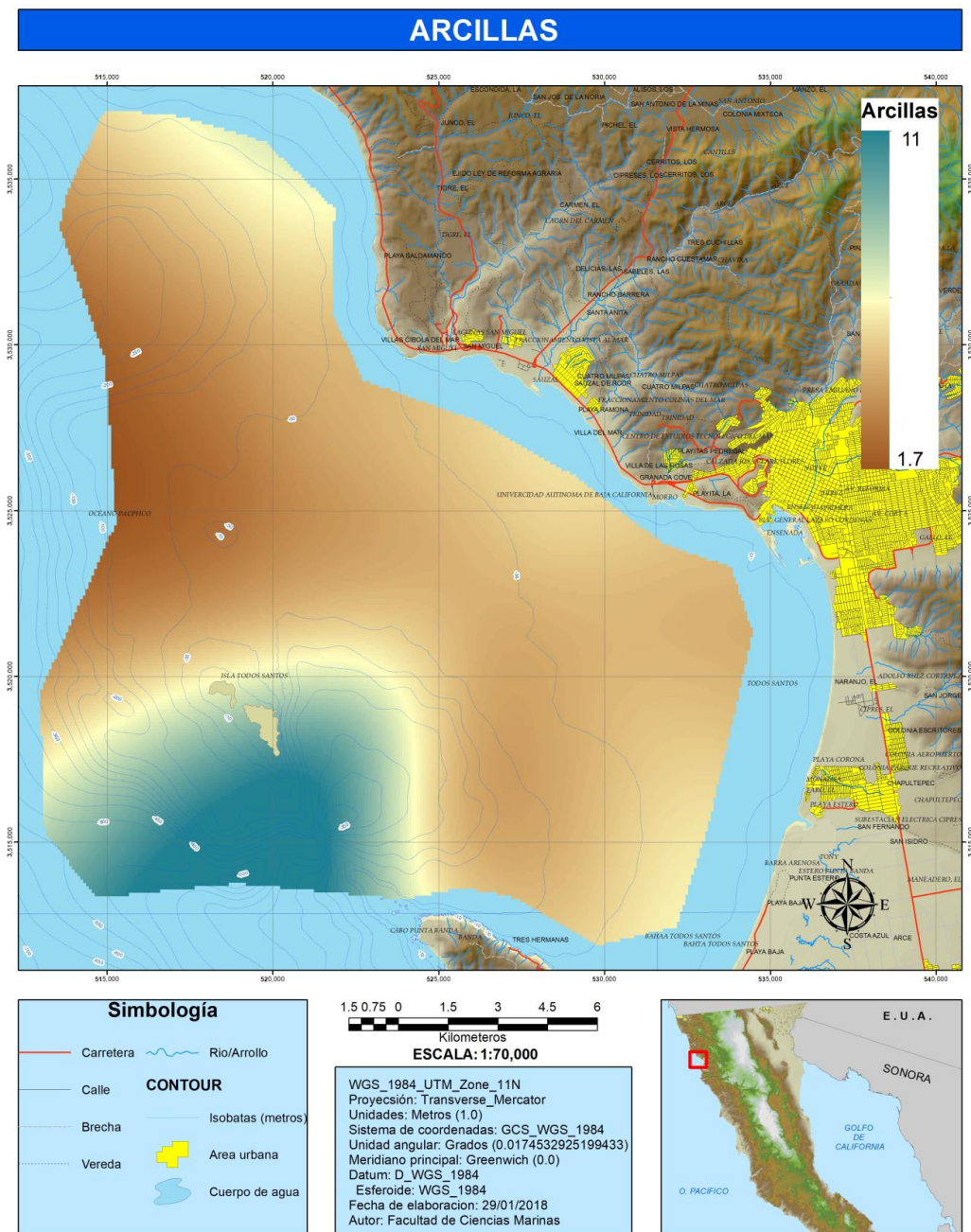


Figura G4. Mapa de contornos que muestra la distribución espacial del contenido (%) de arcillas en las muestras de sedimento colectadas durante la campaña oceanográfica 2017-2 en la Bahía de Todos Santos. Se puede observar que las arcillas, al igual que los limos (Fig. G3), son poco abundantes a lo largo de la franja costera de la Bahía, incrementándose dramáticamente su contenido hacia el W en la zona del cañón submarino localizado en la entrada sur de la Bahía.

Carbono orgánico, inorgánico y total.

Las concentraciones promedio de C_{org} (0.72 ± 0.83), C_i (0.6 ± 1.1), $CaCO_3$ (4.8 ± 9.5) y C_{tot} (1.3 ± 1.4) en los sedimentos superficiales recolectados en la BTS, así como el valor para cada una de las estaciones se muestran en la Tabla GIII. Las figuras G5, G6 y G7 muestran, respectivamente, la distribución espacial de C_{org} , $CaCO_3$ y C_{tot} . Para el caso de las estaciones B2 y B7, el porcentaje de carbono inorgánico en forma de $CaCO_3$ es considerablemente alto (35 y 29%, respectivamente), por lo que estas no fueron consideradas para la interpolación en el mapa de distribución espacial de $CaCO_3$ (Fig. G6).

Tabla GIII. Contenido porcentual de carbono orgánico (C_{org}), inorgánico (C_i), carbonato de calcio ($CaCO_3$) y carbono total (C_{tot}) de las muestras sedimentarias recolectadas durante la campaña BTS 2017-2, así como el promedio (\pm una desviación estándar) y el rango general calculado.

| Estación | C_{org} (%) | C_i (%) | $CaCO_3$ (%) | C_{tot} (%) |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| A1-BTS-2017-2 | 3.1 | 0.41 | 3.4 | 3.5 |
| A2-BTS-2017-2 | -- | -- | -- | -- |
| A3-BTS-2017-2 | 0.6 | 0.054 | 0.45 | 0.65 |
| A4-BTS-2017-2 | 0.2 | 0.16 | 1.3 | 0.35 |
| A5-BTS-2017-2 | 0.3 | 0.24 | 2 | 0.54 |
| A6-BTS-2017-2 | 0.24 | 0.078 | 0.65 | 0.32 |
| A7-BTS-2017-2 | 0.38 | 0.11 | 0.92 | 0.49 |
| B1-BTS-2017-2 | -- | -- | -- | -- |
| B2-BTS-2017-2 | 0.16 | 4.2 | 35 | 4.3 |
| B3-BTS-2017-2 | -- | -- | -- | -- |
| B4-BTS-2017-2 | 1.9 | 0.74 | 6.2 | 2.7 |
| B5-BTS-2017-2 | 1 | 0.18 | 1.5 | 1.2 |
| B6-BTS-2017-2 | 0.023 | 0.19 | | |
| B7-BTS-2017-2 | 0.65 | 2.3 | 19 | 2.9 |
| C1-BTS-2017-2 | -- | -- | -- | -- |
| C2-BTS-2017-2 | -- | -- | -- | -- |
| C3-BTS-2017-2 | 0.59 | 0.22 | 1.9 | 0.81 |
| C4-BTS-2017-2 | -- | -- | -- | -- |
| C5-BTS-2017-2 | 0.26 | 0.024 | 0.2 | 0.28 |
| C6-BTS-2017-2 | 0.25 | 0.018 | 0.15 | 0.26 |
| C7-BTS-2017-2 | 0.36 | 0.032 | 0.27 | 0.4 |
| Promedio | 0.72 ± 0.83 | 0.6 ± 1.1 | 4.8 ± 9.5 | 1.3 ± 1.4 |
| Rango | 0.16 -3.11 | 0.018 - 4.17 | 0.15 - 34.7 | 0.26 - 4.34 |

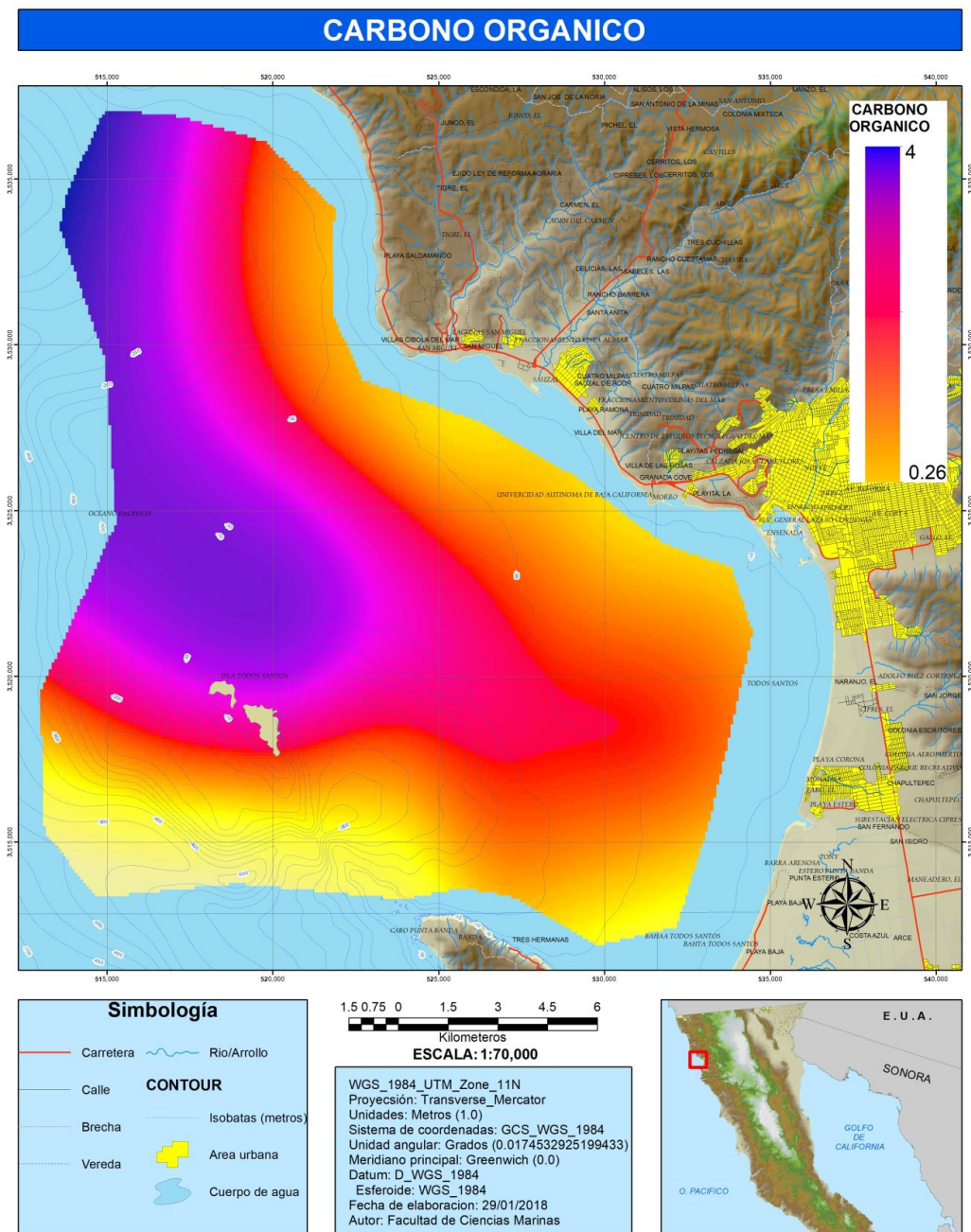


Figura G5. Mapa de contornos que muestra la distribución espacial del contenido porcentual de carbón orgánico (C_{org}) en las muestras de sedimento superficial recolectadas durante la campaña oceanográfica BTS 2017-2.

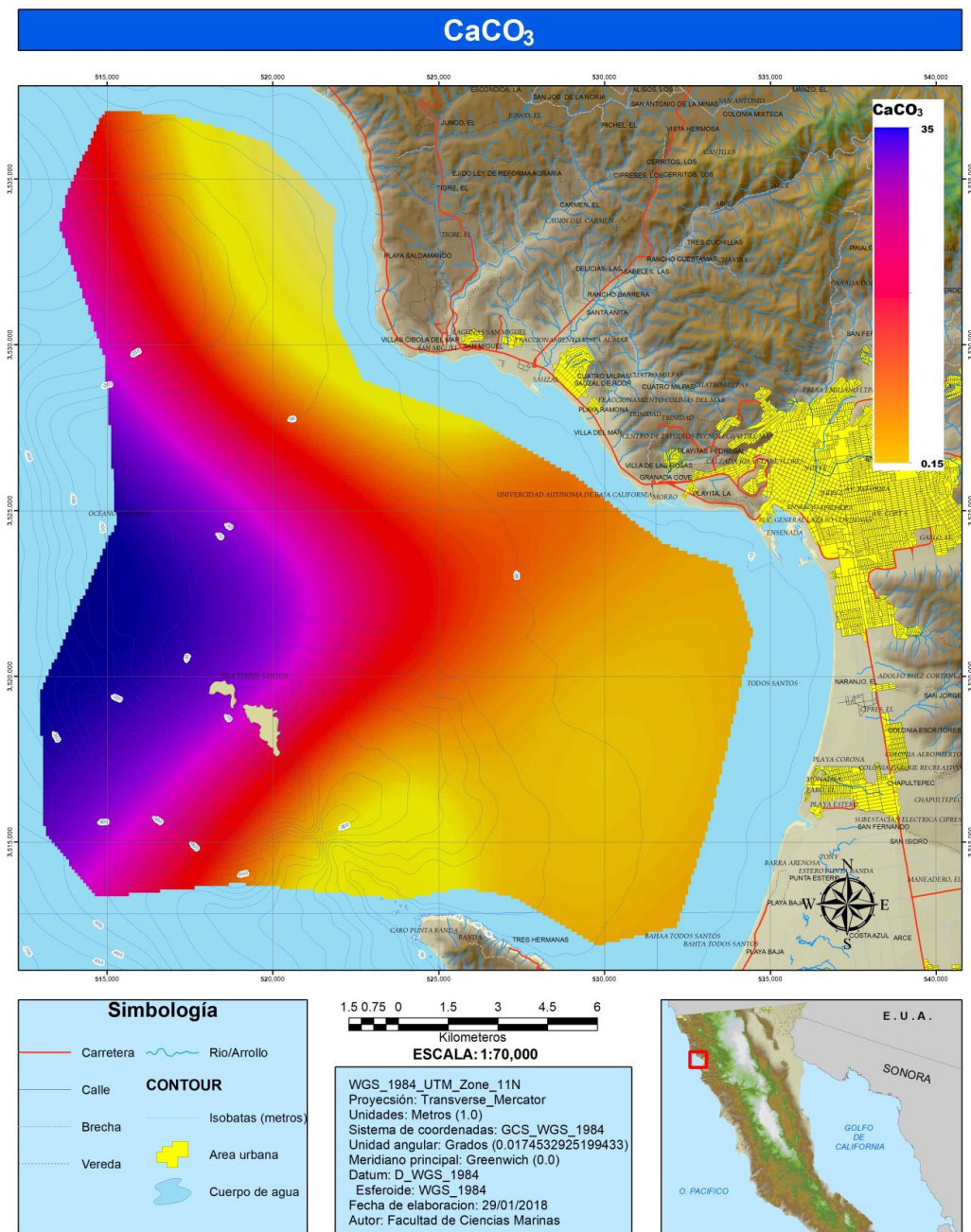


Figura G6. Mapa de contornos que muestra la distribución espacial del contenido porcentual de carbonato de calcio (CaCO₃) en las muestras de sedimento superficial recolectadas durante la campaña oceanográfica BTS 2017-2.

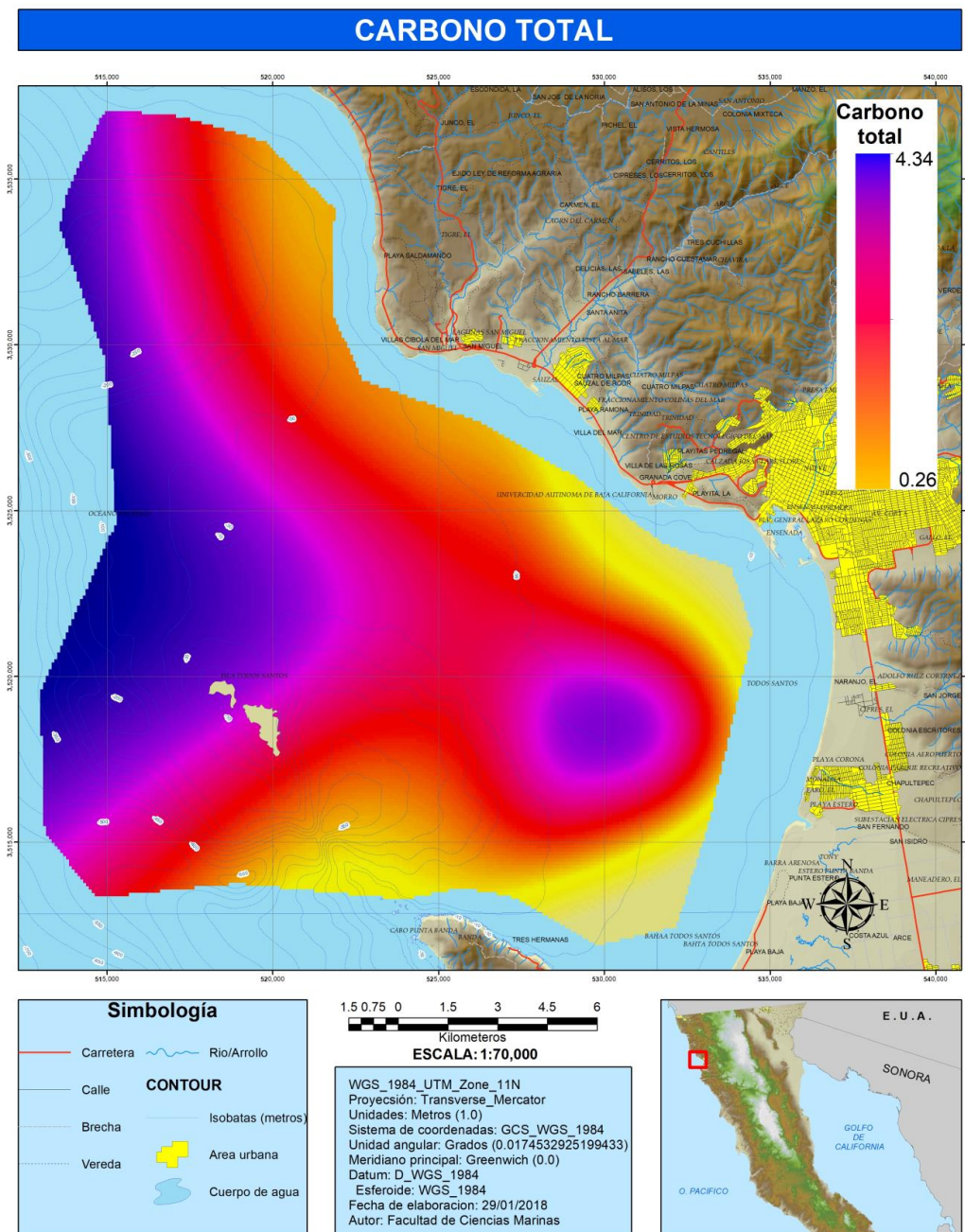


Figura G7. Mapa de contornos que muestra la distribución espacial del contenido porcentual de carbono total (C_{tot}) en las muestras de sedimento superficial recolectadas durante la campaña oceanográfica BTS 2017-2.

Distribución, abundancia y diversidad de foraminíferos

En la figura G8 se muestra la diversidad de foraminíferos en cada una de las estaciones, inferida a partir del índice de Simpson, el cual es calculado de acuerdo a lo propuesto por Gotelli y Colwell (2001). Los valores más altos (i.e., cercanos a uno) de este índice, representan una alta dominancia de una especie determinada, en contraste, valores bajos (i.e., cercanos a cero) indican menos dominancia pero mayor diversidad.

Para el caso de la relación entre grupos de foraminíferos, se encontró un 31% perteneciente al grupo de foraminíferos planctónicos, mientras el 69% restante corresponde a formas bentónicas (Fig. G9).

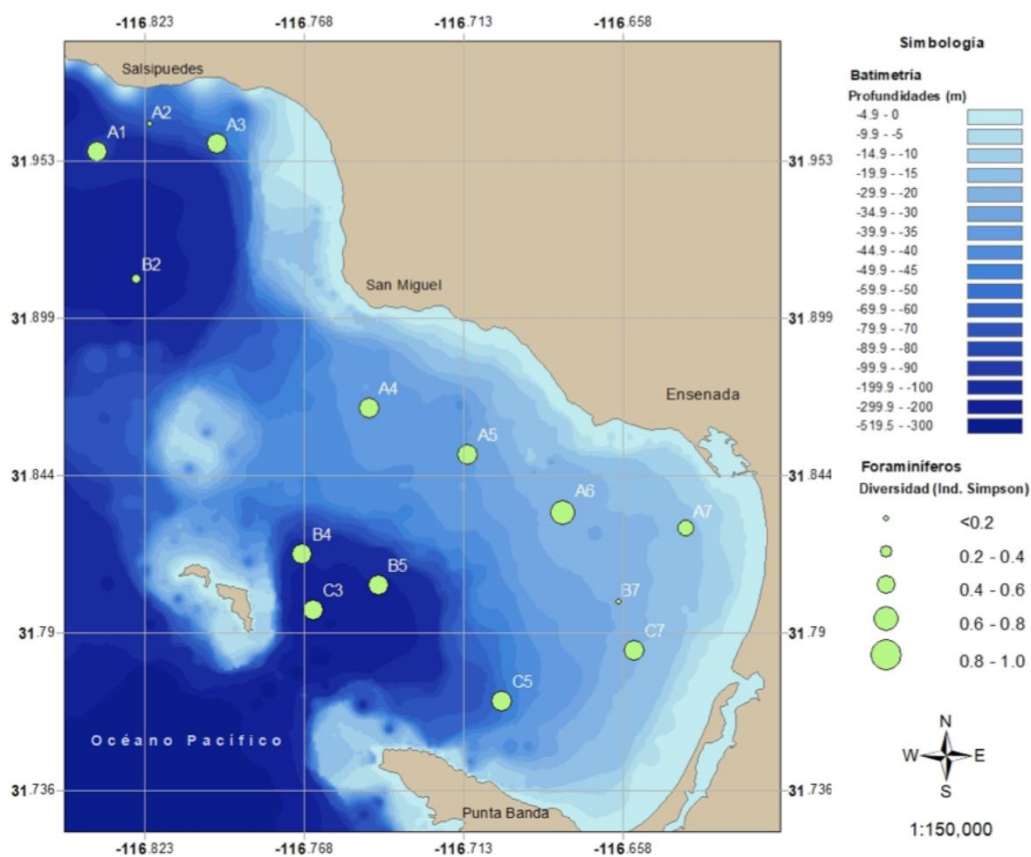


Figura G8. Diversidad de Foraminíferos estimado por el Índice de Simpson para cada una de las estaciones de la campaña oceanográfica 2017-2. Los valores más altos (i.e., cercanos a uno) representan alta dominancia de una especie determinada, mientras que los valores cercanos a cero indican menos dominancia pero mayor diversidad.

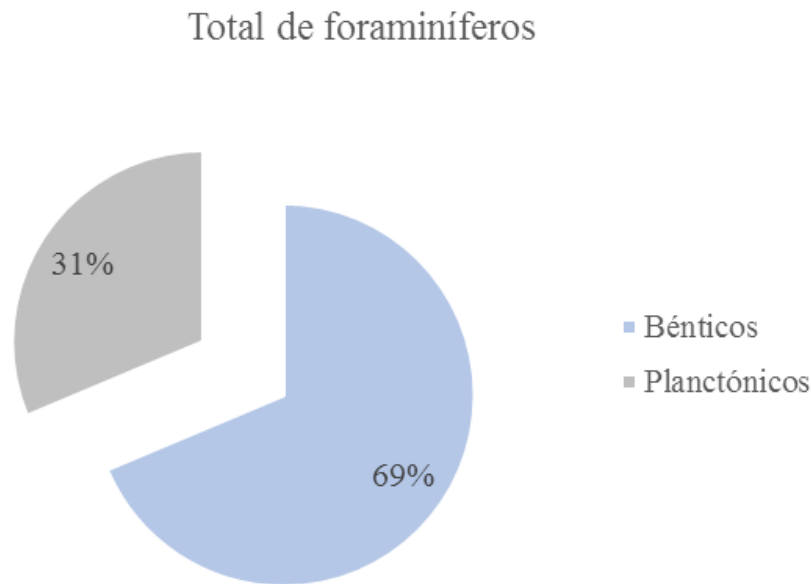


Figura G9. Porcentajes de foraminíferos bentónicos y planctónicos encontrados en 1 gramo de sedimento en cada estación del Crucero BTS 2017-2. Los resultados sugieren que las especies bentónicas de foraminíferos tienen dominancia en la ecología de la Bahía de Todos Santos. Esto se debe a que la técnica de muestreo y análisis está diseñada para organismos bentónicos, mientras que los organismos planctónicos pudieran ser solo parte de la tanatocenosis.

En la Tabla GIV se reportan los índices de Simpson y de Shannon, así como el género más abundante de los foraminíferos identificados en cada estación del crucero BTS 2017-2. Los resultados indican que todas las estaciones presentan una baja diversidad, siendo la estación A6 la que presenta un indicador más contundente de la dominancia de un género (*Globorotalia*). *Globorotalia* corresponde al género más frecuentemente identificado en los análisis de la campaña oceanográfica BTS 2017-2 (Fig. G10; Anexo G).

Tabla GIV.- Índices de diversidad y género más abundante de foraminíferos por cada estación de muestreo del crucero oceanográfico BTS 2017-2.

| Estación | Índice de Simpson | Índice de Shannon | Género más abundante | No. de individuos |
|---------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| A1-BTS-2017-2 | 0.6498 | 1.38 | <i>Cassidulina</i> | 19 |
| A2-BTS-2017-2 | 0.7909 | 1.794 | <i>Discorinopsis</i> | 14 |
| A3-BTS-2017-2 | 0.7863 | 1.822 | <i>Trochammina</i> | 15 |
| A4-BTS-2017-2 | 0.6425 | 1.191 | <i>Globorotalia</i> | 20 |
| A5-BTS-2017-2 | 0.525 | 1.864 | <i>Nonionella</i> | 3 |
| A6-BTS-2017-2 | 0.8333 | 0.9819 | <i>Globorotalia</i> | 26 |
| A7-BTS-2017-2 | 0.376 | 0.8057 | <i>Trochammina</i> | 32 |
| B2-BTS-2017-2 | 0.7438 | 1.506 | <i>Nonionella</i> | 14 |
| B4-BTS-2017-2 | 0.781 | 1.716 | <i>Bulimina</i> | 14 |
| B5-BTS-2017-2 | 0.6888 | 1.387 | <i>Elphidium</i> | 18 |
| C3-BTS-2017-2 | 0.7638 | 1.747 | <i>Globigerina</i> | 16 |
| C5-BTS-2017-2 | 0.7567 | 1.737 | <i>Globorotalia</i> | 18 |
| C6-BTS-2017-2 | 0.7368 | 1.531 | <i>Globorotalia</i> | 8 |

Según el índice de Shannon, los valores normales de una población oscilan entre 2 y 3 (Gotelli y Colwell, 2001); valores superiores de tres representan poblaciones muy diversas, mientras que por el contrario, los valores inferiores de dos indican poblaciones con una baja diversidad.

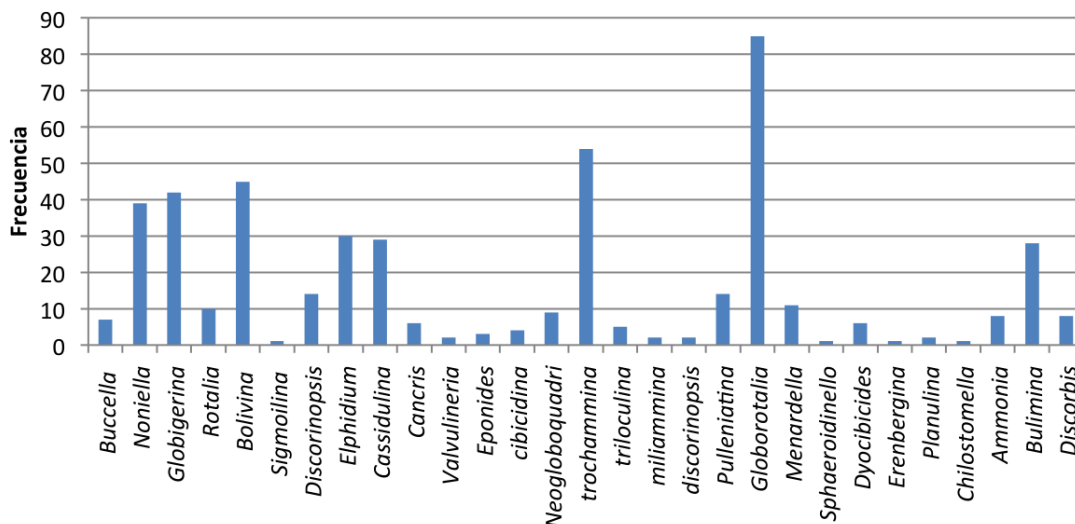


Figura G10. Histograma de frecuencias de los géneros de foraminíferos identificados en las muestras de sedimento colectadas durante la campaña oceanográfica BTS 2017-2.

Relación de Biocenosis y Tanatocenosis de foraminíferos

Con respecto a la relación de las comunidades de foraminíferos vivos y muertos (biocenosis y tanatocenosis, respectivamente), se refiere a una tasa entre los organismos que son encontrados vivos al momento de hacer el muestreo. Dicha tasa se calcula siguiendo el método descrito por Walton (1955), tiñendo las muestras de sedimento con Rosa de Bengala. Este químico tiene la capacidad de teñir de color rosa el protoplasma que se encuentra en las testas de los foraminíferos vivos, y de esa manera se pueden discriminar las biocenosis de las tanatocenosis con el objetivo de utilizarlas como un proxy para estimar la tasa de sedimentación en el área de estudio. Esto es, una mayor relación de tanatocenosis sobre las biocenosis nos indica, por ejemplo, una mayor tasa de sedimentación. El resultado del análisis es $R = (46/3866) = 0.01189$, el cual nos indica que el 1.18% de los organismos muestreados se encontraban vivos y, por lo tanto, es mayor la proporción de organismos muertos lo cual sugiere que las tasas de sedimentación en la BTS son altas. Las especies que mostraron mayor número de organismos vivos fue *Nonionella miocenica stella* con 20 organismos y *Cibicides fletcheri* con 9 (Fig. G11).

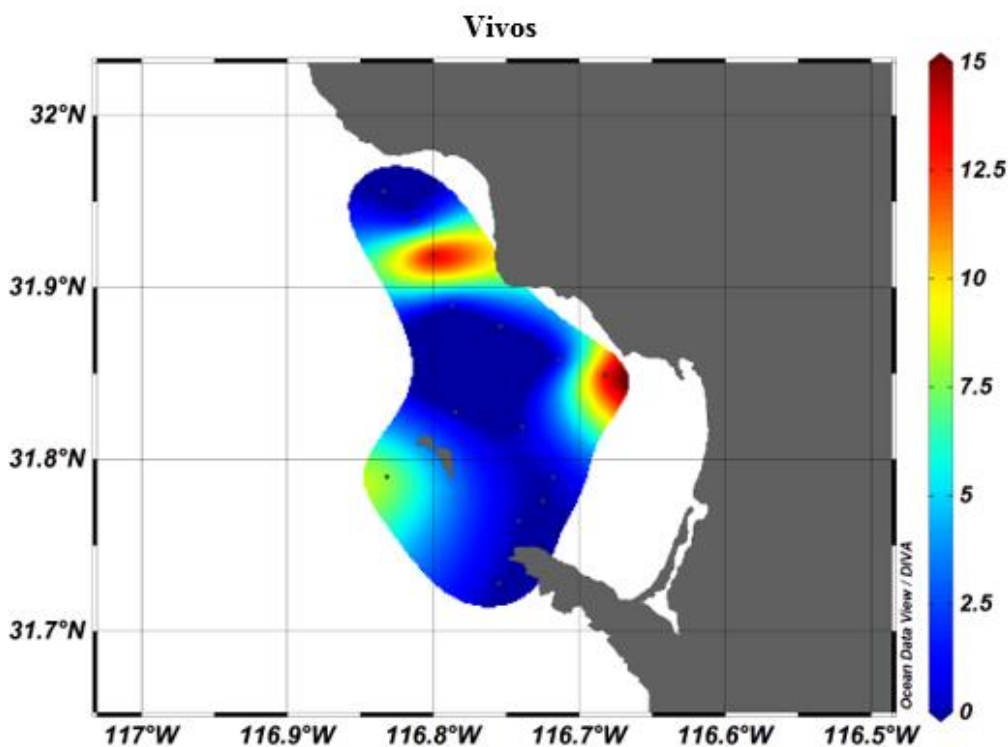


Figura G11. Distribución espacial de foraminíferos vivos dentro de la BTS. Las especies que mostraron mayor número de organismos vivos fueron *Nonionella miocenica stella* y *Cibicides fletcheri*.

Distribución espacial de foraminíferos

Del total de organismos identificados, se logró discriminar las testas con base a su estructura y forma, pudiendo hacer posteriormente una distribución espacial del tipo de testa (Fig. G12). Las formas hialinas (e.g. rotálidos) predominan sobre las aglutinadas y porcelanidas, lo cual concuerda con un ambiente dominado por condiciones marinas. Adicionalmente se discriminaron las poblaciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos desde el punto de vista de su hábitat (Fig. G13).

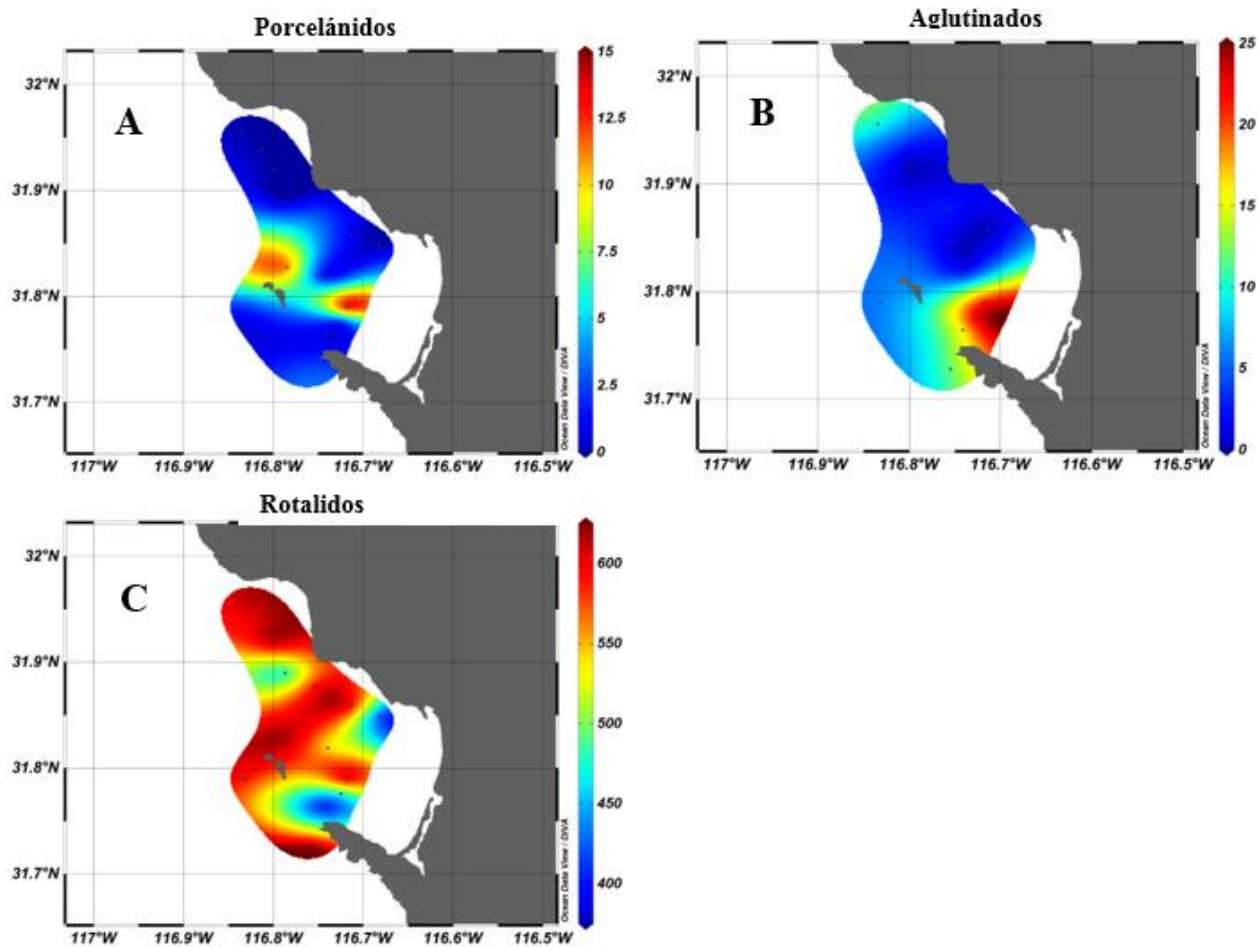


Figura G12. Distribución espacial de grupos de foraminíferos, A) Porcelánidos; B) Aglutinados; C) Rotalidos dentro de la BTS. Aproximadamente el 90% de los foraminíferos identificados en este estudio pertenecen al grupo de los rotalidos. De manera similar, el bajo porcentaje de organismos aglutinados presentes en las muestras puede interpretarse debido al limitado aporte de agua pluvial a la BTS.

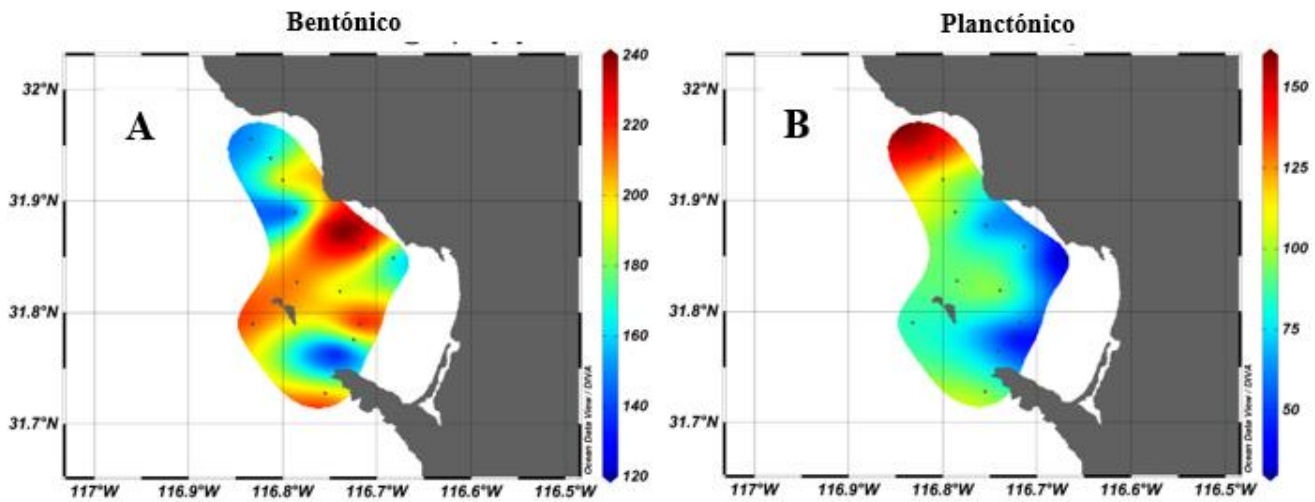


Figura G13. Distribución espacial de foraminíferos dentro de la BTS por su hábitat; A) bentónicos; B) planctónicos. Nótese la mayor abundancia de foraminíferos bentónicos en la Bahía de Todos Santos.

Abundancia y similitud de especies de foraminíferos

La figura G14 muestra el dendrograma que relaciona las estaciones dependiendo de la abundancia y similitud de especies que estas presentan. De esta figura es posible observar la relación que existe entre los transectos A6 y C3, así como los transectos C4, C5 y A4, indicando la similitud en cuanto a la abundancia de especies identificadas. Esta relación podría deberse a que dichas estaciones se encuentran en la parte central de la Bahía y responden a las mismas condiciones dinámicas y fisicoquímicas.

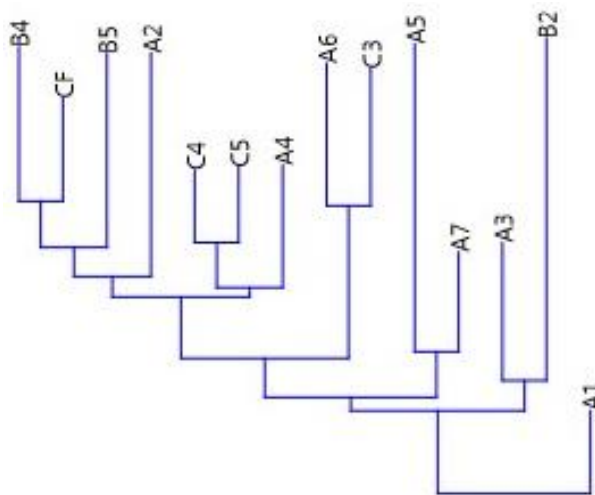


Figura G14. Dendrograma donde se relaciona las estaciones por su abundancia de las especies de foraminíferos encontrados dentro de la BTS. Nótese la relación que existe entre los transectos A6 y C3, así como los transectos C4, C5 y A4 (ver texto para mayor información).

Referencias

- Beretta, A.N., Silbermann, A.V., Paladino, L., Torres, D., Bassahun, D., Musselli, R. And García-Lamothe, A. (2014). Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. *Ciencia e Investigación Agraria* Vol. 41, No. 2, p. 263-271
- Cushman, J. (1980). Foraminifera: their classification and economic use. Harvard college. Cuarta edición. EUA. 605 Pp.
- Gotelli, N. J. Colwell, R. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* Vol. 4 379-391 pp.
- Lipps, J. H., W. H. Berger, M. A. Bruzas, R. G. Douglas and C. A. Ross, 1979. Foraminiferal Ecology and Paleoecology, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, U.S.A., 187 p.
- Miranda-Bojórquez, L.E. (2012). Caracterización de las corrientes en las entradas y alrededores de la Bahía de Todos Santos. Tesis de maestría en ciencias. CICESE. México.
- Murray, J.W. (2006). Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge. Primera edición. EUA. 426 pp.
- Sageman, B.B. and Lyons, T.W. Geochemistry of fine-grained sediments and sedimentary rocks pp. 115-158. In *Sediments, diagenesis and sedimentary rocks* (ed. F.T. Mackenzie) Vol. 7 *Treatise on Geochemistry* (eds. H.D Holland and K.K. Turekian), Elsevier-Pergamon. Oxford.
- Walton, W. (1955). Ecology of living benthic foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. *Journal of Paleontology*, Vol. 29, No. 6 (Nov., 1955), pp. 952-1018.

Anexo G

Anexo 1. Listado de foraminíferos béticos identificados en cada estación de muestreo durante el crucero oceanográfico BTS 2017-2.

| Especie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | B2 | B4 | B5 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| <i>Ammutium planissimum</i> | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 |
| <i>Amphistogina madagascaniensis</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Arenoporella mexicana</i> | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | 2 |
| <i>Astacolus naplesensis</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Astacolus wenmanensis</i> | | | | | | | | | | 3 | | | | | 3 |
| <i>Astronion stellatum</i> | | | | | | | | 4 | | | | | | | 4 |
| <i>Astrononion goundkoffi</i> | | | | 4 | | | | | | | | | | | 4 |
| <i>Astrononion milleri</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Baculogypsina sp.</i> | | 4 | | | | | | | | | | | | | 4 |
| <i>Baggina californica</i> | 1 | | | 1 | 12 | | | 13 | | | | | | | 27 |
| <i>Bolivina acuminata</i> | | | | | | | | | | | | 3 | | | 3 |
| <i>Bolivina argentea</i> | 7 | | | | | | 2 | 8 | | | | | | | 17 |
| <i>Bolivina blakei</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Bolivina bramlettei</i> | 9 | | | 1 | | | 2 | 3 | 28 | | | | | | 43 |
| <i>Bolivina churchi</i> | | | | | | | | | | 8 | | | | | 8 |
| <i>Bolivina denudata</i> | | | | | | 11 | | | | | | | | | 11 |
| <i>Bolivina exilocostata</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Bolivina humillis</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Bolivina interjuncta</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Bolivina minuta</i> | | | | | | | | | | | | 10 | 18 | 9 | 37 |
| <i>Bolivina pacifica</i> | 1 | | | | | | | 25 | | | 7 | 3 | 5 | 9 | 50 |
| <i>Bolivina pseudopissa</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Bolivina santanaensis</i> | | | | | | | | | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Bolivina spissa</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| <i>Bolivina striatella</i> | | | 4 | | | 1 | | | | | 6 | 7 | 5 | | 23 |
| <i>Bolivina tumida</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Bolivina vaughani</i> | | | | | | | 3 | 1 | | | 2 | | | | 6 |
| <i>Bolivina woodringi</i> | | | 5 | | | | | | | | | | | | 5 |
| <i>Buccella oregonensis</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Bulimina affinis</i> | | 10 | | | | | | | | | | | | | 10 |
| <i>Bulimina denudata</i> | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 |
| <i>Bulimina exilis</i> | | | | | | | | | | 4 | | 1 | 1 | | 6 |
| <i>Bulimina spinifera</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |

| Especie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | B2 | B4 | B5 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|----------------------------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| <i>Bulimina subacuminata</i> | 11 | | 14 | | | | | | | | | | | | 25 |
| <i>Buliminella elegantissima</i> | | | | 1 | | | 1 | | | | 19 | | | | 21 |
| <i>Candeina nitida</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Cassidulina cuadrata</i> | | | | | | 31 | | | | | 10 | | | | 41 |
| <i>Cassidulina laevigata</i> | | | 8 | | 1 | | | 1 | 2 | | | 1 | | | 13 |
| <i>Cassidulina limbata</i> | | | | | | 4 | | | | | | | | | 4 |
| <i>Cassidulina quadrata</i> | | | | | | | | | | | | | 9 | | 9 |
| <i>Cassidulina subglobosa</i> | | | 15 | | | 2 | | | | | | | | | 17 |
| <i>Chilostomella ovoidea</i> | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | 4 |
| <i>Cibicides fletcheri</i> | 31 | | 36 | | 105 | | 44 | 2 | | | | | | | 218 |
| <i>Cibicides mckannai</i> | | | 5 | | 10 | | 16 | | | | | | | | 31 |
| <i>Cibicidina nitidula</i> | | | | | | | | | | | | | 7 | | 7 |
| <i>Cibicidina nitidula</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Cibicidoides cushmani</i> | | | | | | | 5 | | | | | | | | 5 |
| <i>Cibicidoides cushmani</i> | | 27 | | | | | | | 5 | 16 | | | | 3 | 51 |
| <i>Cibicidoides mckanni</i> | | | | 5 | | | | | | | | | | | 5 |
| <i>Cibicidoides spiralis</i> | | | | | | | | | | | | 24 | 12 | | 36 |
| <i>Cornuspira spp.</i> | | | | | 2 | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Crancris auricula</i> | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 |
| <i>Crancris lippsi</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Dentalina atascaderoensis</i> | | | | | | | 2 | | | 1 | | | | | 3 |
| <i>Dentalina lagoei</i> | 9 | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | 11 |
| <i>Dentalina sp.</i> | | 8 | | | | | | | | | | | | | 8 |
| <i>Discorbis sp.</i> | | 11 | | | | | | 1 | 3 | | | | 4 | 19 | 38 |
| <i>Discorinopsis aguayoi</i> | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 |
| <i>Duplella baggi</i> | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 |
| <i>Eggerella advena</i> | 10 | | 4 | | 3 | 16 | 4 | 6 | 1 | | 20 | | 4 | | 68 |
| <i>Ehrenbergina compressa</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| <i>Elphidium crispum</i> | | | | | | | 12 | | | | | | | | 12 |
| <i>Elphidium translucens</i> | 13 | | 9 | | 3 | | 1 | | | | | | | | 26 |
| <i>Enantiodentalina muraii</i> | | 18 | | | | | | | | | | | | | 18 |
| <i>Ephidium granti</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Ephidium tumidum</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| <i>Epistominella smithi</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Eponides subtenera</i> | | | | | | 20 | | | | | | | | | 20 |

| Especie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | B2 | B4 | B5 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|-------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| <i>Fissurina bisucatiformis</i> | | 6 | | | | | | | | | | | | | 6 |
| <i>Fissurina decipiens</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Fissurina esimilis</i> | | | | | | 5 | | | | | | | | | 5 |
| <i>Fissurina longipunctata</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Fissurina multicostulata</i> | | | | | | 2 | | | | | | | | | 2 |
| <i>Fissurina natlandi</i> | | | | | 2 | | 3 | 5 | | | | | | | 10 |
| <i>Fissurina sp.</i> | 4 | | | 1 | | | | | | | 9 | | | | 14 |
| <i>Fronicularia sp.</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Gaudryina subglabatra</i> | | | 4 | | | | | | 4 | 1 | | 15 | 20 | 21 | 65 |
| <i>Gavilonopsis holkos</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globocassidulina monicana</i> | | | 9 | 4 | | | | | | | | | | | 13 |
| <i>Globocassidulina neopulchela</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Goesella flintii</i> | | | | | | | | | 6 | | | | 4 | 8 | 18 |
| <i>Guttulina pacifica</i> | | | | | | | | | | | 6 | | | | 6 |
| <i>Guttulina sp.</i> | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 |
| <i>Gyoridina neosoldanii</i> | | | | | | | | | | | | | 5 | | 5 |
| <i>Hansenisca multicamerata</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Hanzawaia deplaopoi</i> | | | | 4 | | | | | | | | | | | 4 |
| <i>Hoglundina elegans</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| <i>Jadammina polystoma</i> | 16 | | | | | | | 12 | | | | | | | 28 |
| <i>Kleinpella californiensis</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Labrospira columbiensis</i> | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Labrospira columbiensis</i> | | | | | | 39 | | | | | 23 | | | | 62 |
| <i>Labrospira inflata</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Lagena apliopleura</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lagena fragosa</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Lagena insinuosa</i> | | | | | | 1 | | | | | | | | | 7 |
| <i>Lagena mexicana</i> | | | 4 | | | | | | | | | | | | 4 |
| <i>Lagena noditorquata</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Lagena pacifica</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Lagena retortocosta</i> | | | | | | | 2 | | | | | | | | 2 |
| <i>Lagenasolenia dubiosa</i> | | | | | | 6 | | | | | | | | | 6 |
| <i>Lagenosolenia augustsoni</i> | | | | | | 8 | | | | | | | | | 8 |
| <i>Lagenosolenia bilagenoides</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lagenosolenia confosa</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lagenosolenia glomerata</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |

| Especie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | B2 | B4 | B5 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|--|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-------|
| <i>Lagenosolenia lagenoides</i> | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| <i>Lamellodiscorbis spp</i> | | 4 | | | | | | | | | 6 | 1 | 2 | | 13 |
| <i>Lenticulina cushmani</i> | | | 6 | | | | 12 | | | | | | | | 18 |
| <i>Lenticulina douglassi</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lenticulina indianadensis</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lenticulina reedi</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lenticulina sandholtana</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Lenticulina smileyi</i> | 13 | | 37 | 9 | 5 | | | 105 | | 6 | | | | | 175 |
| <i>Lenticulina sp.</i> | | | | | | | | | | 3 | | | | | 3 |
| <i>Lernella sp.</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Loxostoma digitata</i> | | | | 8 | | | | | | | | | | | 8 |
| <i>Loxostoma pseudobeyrichi</i> | | | 7 | | | | | | 29 | | 1 | | 7 | | 44 |
| <i>Marginulinopsis beali</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Marginulinopsis sp.</i> | | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Milimmina fusca</i> | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | 11 | 13 |
| <i>Neoeponides navarretei</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Nodogerina sp.</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Nonionella basispinata</i> | | | 8 | | | 5 | 6 | 2 | | | | | | 1 | 22 |
| <i>Nonionella milleri</i> | | | 11 | 3 | | | | | | | | | | | 14 |
| <i>Nonionella miocenica stella</i> | 7 | 34 | 5 | 32 | 54 | 18 | 20 | 14 | 84 | 66 | 18 | 38 | 49 | 79 | 518 |
| <i>Oolina borealis</i> | 9 | | | | | | 3 | | | | | 3 | 7 | 7 | 29 |
| <i>Oolina confragosa</i> | | | | | | | | | | | | | 7 | | 7 |
| <i>Oolina lineata</i> | | | | | | | | | | | | 12 | 6 | | 18 |
| <i>Oolina melo</i> | | | | | | | 6 | | | | | | | | 6 |
| <i>Oolina setosiformis</i> | | | | | | | | | | | | | 3 | | 3 |
| <i>Oolina tinkersiana</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Oridorsalis umbolatum</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Parafisurina decipiens</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Planorbulina sp.</i> | | | | 18 | | | | | | | | | | | 18 |
| <i>Planulina arimensis</i> | | | | | 36 | | 3 | 36 | | | | | | | 75 |
| <i>Plectofrondicularia californica</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Polymorphina amplissima</i> | | | | 2 | | | | | | 6 | | | | | 8 |
| <i>Polymorphina laxiformis</i> | | | | | | | | | | 2 | | | | | 2 |
| <i>Polymorphina sp.</i> | | 20 | | | | | | | | 9 | | | | | 29 |
| <i>Procerolagena sp.</i> | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 |
| <i>Pseudonion basipinatum</i> | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | 2 |

| Especie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | B2 | B4 | B5 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| <i>Pseudonion costiferum</i> | | | | 3 | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Pseudonion multicameratum</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Pseudonion schencki</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Pullenia salisburyi</i> | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| <i>Pullenia sp.</i> | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Quinqueloculina sp.</i> | | | | | | | | | 1 | | | | | 8 | 9 |
| <i>Recurvoides sp.</i> | | | | | | | | | 10 | | | | | 6 | 16 |
| <i>Reophax agglutinatus</i> | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Reophax curtus</i> | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 |
| <i>Reophax scorpiurus</i> | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 |
| <i>Reusoolina simplex</i> | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 |
| <i>Robertina charlotensis</i> | | 1 | | | | | | | 3 | | | | | | 4 |
| <i>Rotalia becarii</i> | | | | | | 17 | | | | | 41 | | | | 58 |
| <i>Rubulus spp.</i> | | | | | | | | 7 | | | | | | 1 | 8 |
| <i>Sigmolina miocenica</i> | | | | | | 1 | | 2 | | | 2 | | | 4 | 9 |
| <i>Sigmorphina torta</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| <i>Sphaeroidinellopsis kochi</i> | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| <i>Spirillina neoartica</i> | | | | 3 | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Spirillina neoradiosa</i> | | 5 | | | | | | | | | | | | | 5 |
| <i>Suggrunda KleinPELLI</i> | | | | | | | 2 | | | | | | | | 2 |
| <i>Tenuitellinata angustiumbilocata</i> | | | | | | | | | | 4 | | | | | 4 |
| <i>Textularia earlandi</i> | | | | | | | | | | | 7 | | | | 7 |
| <i>Textularia schencki</i> | | | 4 | | | | | | | | 10 | | | 1 | 15 |
| <i>Triloculina spp.</i> | | | | | 1 | | | | 11 | | 1 | | | | 13 |
| <i>Trochammina inflata</i> | | | | | | 19 | | 3 | 11 | 1 | 7 | | | 9 | 50 |
| <i>Trochammina kelleetae</i> | | | | | | | | 1 | 3 | | | | | 1 | 5 |
| <i>Trochammina pacifica</i> | | | | | | 18 | | 1 | 3 | | 4 | | 2 | | 28 |
| <i>Neogloboquadrina pachyderma</i> | | 6 | | | | | | | | | | | | | 6 |
| <i>Neogloboquadrina acosataensis</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globigerina bulloides</i> | 29 | 47 | 14 | 39 | 2 | | 9 | | 51 | 85 | | 39 | 29 | 41 | 385 |
| <i>Globigerina insueta</i> | | | | | 2 | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Globigerina obessa</i> | | | | 31 | | | | | 41 | | | 15 | 11 | 23 | 121 |
| <i>Globigerina praebulloides</i> | 13 | 5 | 4 | 1 | 11 | | 3 | | | | | | | | 37 |
| <i>Globigerina quinqueloba</i> | | | | 2 | | | | | | 1 | | | | | 3 |
| <i>Globigerina umbilicata</i> | | | | | | | | | | | | 9 | | | 9 |
| <i>Globigerinella aequilateris</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |

| Especie | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | B2 | B4 | B5 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| <i>Globigerinella obesa</i> | | 40 | 5 | | 7 | | 1 | 4 | | 2 | | | | | 59 |
| <i>Globigerinella pseudobesa</i> | | | 5 | | | | | 2 | | 2 | | | | | 9 |
| <i>Globigerinita parkerae</i> | | | | | 7 | | | 2 | | | | | | | 9 |
| <i>Globigerinoides bulloideus</i> | 16 | | | 1 | | 15 | 3 | 9 | | | 23 | | | | 67 |
| <i>Globigerinoides quadribatus</i> | | | 4 | | | | | | | | | | | | 4 |
| <i>Globigerinoides ruber</i> | | | | | 2 | | | 19 | | | | | | | 21 |
| <i>Globigerinoides subaquadatus</i> | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| <i>Globigerinoides tenellus</i> | | | 4 | | | | | 2 | | | | | | | 6 |
| <i>Globigirenita parkerae</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globiregina pseudoperoensis</i> | | 35 | | 2 | | | | | | 3 | | | | | 40 |
| <i>Globoquadrina venezuelana</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globoratooides hexagona</i> | 8 | | 6 | | | | 10 | 2 | | | 1 | | | | 27 |
| <i>Globorotalia cibaoensis</i> | 16 | | | | | | | 7 | | | | | | | 23 |
| <i>Globorotalia inflata</i> | | | 5 | | | | | | | | | | | | 5 |
| <i>Globorotalia puncticulata</i> | | | 21 | | | | | | | | | | | | 21 |
| <i>Globorotalia sticula</i> | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| <i>Globorotalia tumida tumida</i> | | | | | 8 | | | 3 | | | | | | | 11 |
| <i>Globorotaloides suteri relizensis</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globorotaloides trema</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globorotalia acrostoma</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globorotalia conoidea</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globorotalia mayeli</i> | | | | 6 | | | | | | 1 | | | | | 7 |
| <i>Globorotalia praescitula</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globorotalia zealandica</i> | | | | 6 | | | | | | | | | | | 6 |
| <i>Globorotariabirnaegee</i> | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Globulimina sp.</i> | | 6 | | | | | | | | | | | | | 6 |
| <i>Neoglobigerina continuosa</i> | | | | | | 46 | | | | | 51 | | | | 97 |
| <i>Neoglobigerina dutertrei</i> | | | | | | | | | | | 14 | | | | 14 |
| <i>Neogloboquadrina acostaensis</i> | 30 | | 19 | | 13 | | 5 | 11 | | 1 | | | | | 79 |
| <i>Neogloboquadrina continuosa</i> | 29 | | 9 | 1 | 6 | | 5 | 24 | | | | | | | 74 |
| <i>Orbulina saturalis</i> | 16 | | 7 | | 6 | | | | | | 1 | | | | 30 |
| <i>Orbulina universa</i> | | | | | | 16 | | | | | 5 | | | | 21 |

OCEANOGRAFÍA FÍSICA: HIDROGRAFÍA Y METEOROLOGÍA

Responsable: Dr. Rubén Castro Valdez

Colaboradores: Antonio Martínez Alcalá, Eduardo Ashida Hernández

Resumen

Con el propósito de estudiar la Bahía de Todos Santos, B. C., con enfoque didáctico, y con interpretación de las observaciones, se realizó una campaña oceanográfica por parte de la Facultad de Ciencias Marinas con apoyo de la Secretaría de Marina, Armada de México. El experimento se efectuó a bordo del Buque “Farías”, durante el 20, 21 y 22 de septiembre de 2017. Se realizaron tres transectos con un total de 21 estaciones, en las cuales solo se realizaron mediciones en la columna de agua en 19 estaciones (Fig. F1).

Para la obtención de los lances hidrográficos utilizó un perfilador CTD (Conductividad, temperatura, profundidad) modelo RBR-Maestro. La densidad del agua de mar fue obtenida con las formulas EOS-80. Para la temperatura superficial del mar, se tomó una muestra de agua de la superficie con una cubeta y se midió con un termómetro manual. Además, se realizaron mediciones con instrumentos del buque de parámetros meteorológicos en cubierta: temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica, magnitud y dirección del viento. La cobertura de nubes se obtuvo en octas de manera visual.

A continuación, se presenta un resumen de todas las observaciones obtenidas. Se anexa una tabla (Tabla FI) donde se resumen las variables medidas en la cubierta del buque de parámetros meteorológicos. Gráficos de los parámetros superficiales. Posteriormente se presentan gráficos promedios de los lances realizados de la temperatura, salinidad y densidad a través de perfiles verticales. Se incluyen un diagrama T-S y se compara con otros cruceros de otoño de 2010, 2011 y 2012. Finalmente se anexan en tablas las observaciones (ver Tabla FIII) obtenidas por el CTD a cada 5 m de profundidad para cada uno de los lances.

Área de estudio

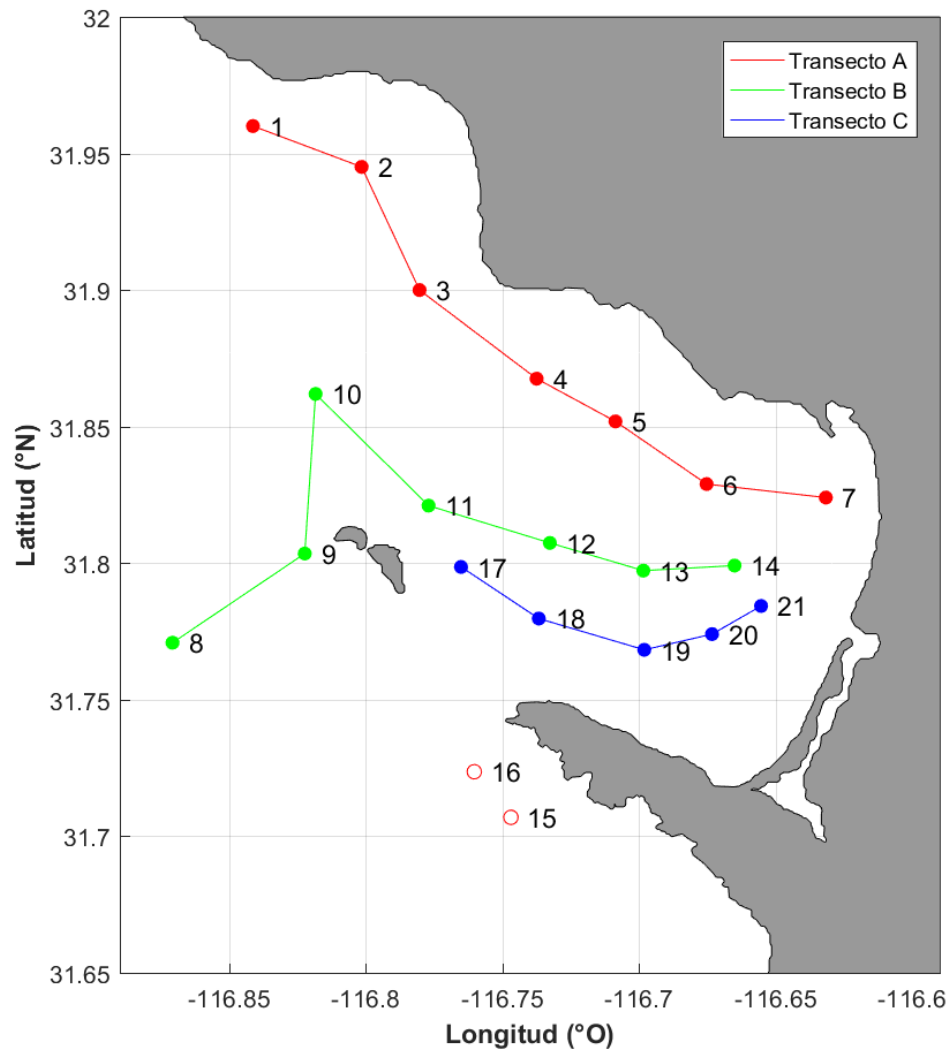


Figura F1. Localización de las estaciones oceanográficas realizadas en la Bahía de Todos Santos, B. C. Los transectos **A (1-7)**, **B (8-14)** y **C (17-21)**, corresponden a los días 20, 21 y 22 de septiembre de 2017, respectivamente. En las estaciones 15 y 16 no se realizaron lances con CTD.

Tabla FI. Variables meteorológicas e hidrográficas medidas en la cubierta del buque, crucero oceanográfico 2017-2 en la Bahía de Todos Santos, para cada una de las estaciones.

| Estación | Prof. de lance (m) | Viento (nudos) | Dir. viento (Az.) | P atm. (mb) | T. superficial (°C) | Escala de Beaufort | T. bulbo seco (°C) | T. bulbo húmedo (°C) | Hr (%) | Cobertura (c/8) | Tipo de nubes |
|----------|--------------------|----------------|-------------------|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------|-----------------|----------------|
| A1 | 50.543 | 4.8 | 218 | 1016 | 21 | 2 | 19 | 20 | 80 | 8 | Cirroestratos |
| A2 | 50.543 | 1.6 | 245 | 1016 | 19.5 | 2 | 20 | 21 | 76 | 8 | Cirroestratos |
| A3 | 52.560 | 5 | 245 | 1015 | 21 | 2 | 20 | 22 | 74 | 1 | Estratos |
| A4 | 24.903 | 5 | 170 | 1014 | 21 | 1 | 21 | 22 | 77 | 0 | - |
| A5 | 25.259 | 7.8 | 240 | 1013 | 22 | 1 | 21 | 22 | 75 | 0 | - |
| A6 | 18.280 | 7.3 | 240 | 1013 | 22 | 2 | 21 | 21.5 | 74 | 0 | - |
| A7 | 15.202 | 6.5 | 45 | 1013 | 17 | - | 20 | 22 | 73 | 0 | - |
| B1 | 432.176 | 1.8 | 217 | 1014 | 21 | 1 | 22 | 21 | 69 | 7 | Estratocúmulos |
| B2 | 75.749 | 5.2 | 40 | 1014 | 22 | 1 | 20.5 | 21.5 | 73 | 7 | Estratocúmulos |
| B3 | 35.314 | 7 | 38 | 1013 | 21 | 1 | 19 | 20 | 89 | 6 | Estratocúmulos |
| B4 | 128.293 | 9.3 | 283 | 1013 | 19 | - | 20 | 21 | 90 | 6 | Cúmulos |
| B5 | 49.535 | 8.5 | 26 | 1012 | 19 | - | 19 | 21 | 88 | 4 | Cúmulos |
| B6 | 24.329 | 17.3 | 31 | 1012 | 20 | 2 | 20 | 21 | 77 | 2 | Estratocúmulos |
| B7 | 14.160 | 14.12 | 41 | 1012 | 20 | 2 | 19.5 | 20.5 | 77 | 3 | Cúmulos |
| C1 | 204.497 | 1.3 | 282 | 1014 | - | 1 | 22 | 20 | 61 | 2 | Cúmulos |
| C2 | 95.788 | 5.9 | 254 | 1014 | - | 1 | 21 | 21 | 64 | 2 | Cúmulos |
| C3 | 31.152 | 1.8 | 342 | 1014 | 19 | 1 | 19 | 20 | 65 | 2 | Estratos |
| C4 | 26.273 | 5.4 | 4.2 | 1014 | 18 | 1 | 20 | 20 | 67 | 1 | Cúmulos |
| C5 | 16.191 | 12.8 | 263 | 1012 | 18 | 3 | 20 | 21 | 72 | 1 | Estratocúmulos |
| C6 | 50.543 | 9.7 | 0.85 | 1012 | 20 | 2 | 19 | 20 | 72 | 1 | Cúmulos |
| C7 | 50.543 | 10.9 | 90 | 1012 | 20 | 2 | 20 | 20 | 70 | 1 | Cúmulos |

Resultados

Graficas de parámetros meteorológicos superficiales

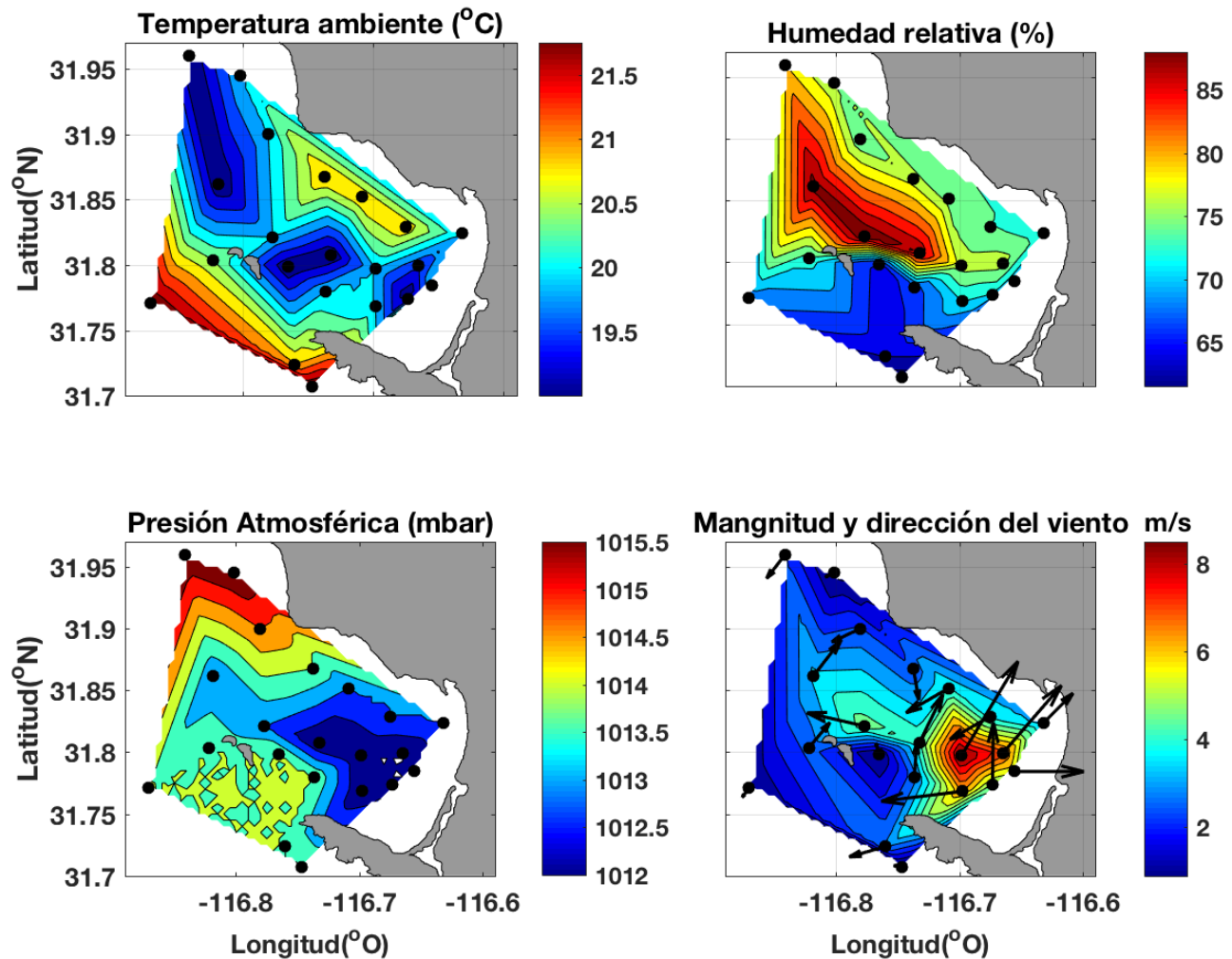


Figura F2. Distribución de parámetros meteorológicos en la Bahía de Todos Santos medidos en la cubierta del buque durante el crucero oceanográfico 2017-2. Las flechas de los vectores de viento indican de donde viene el viento.

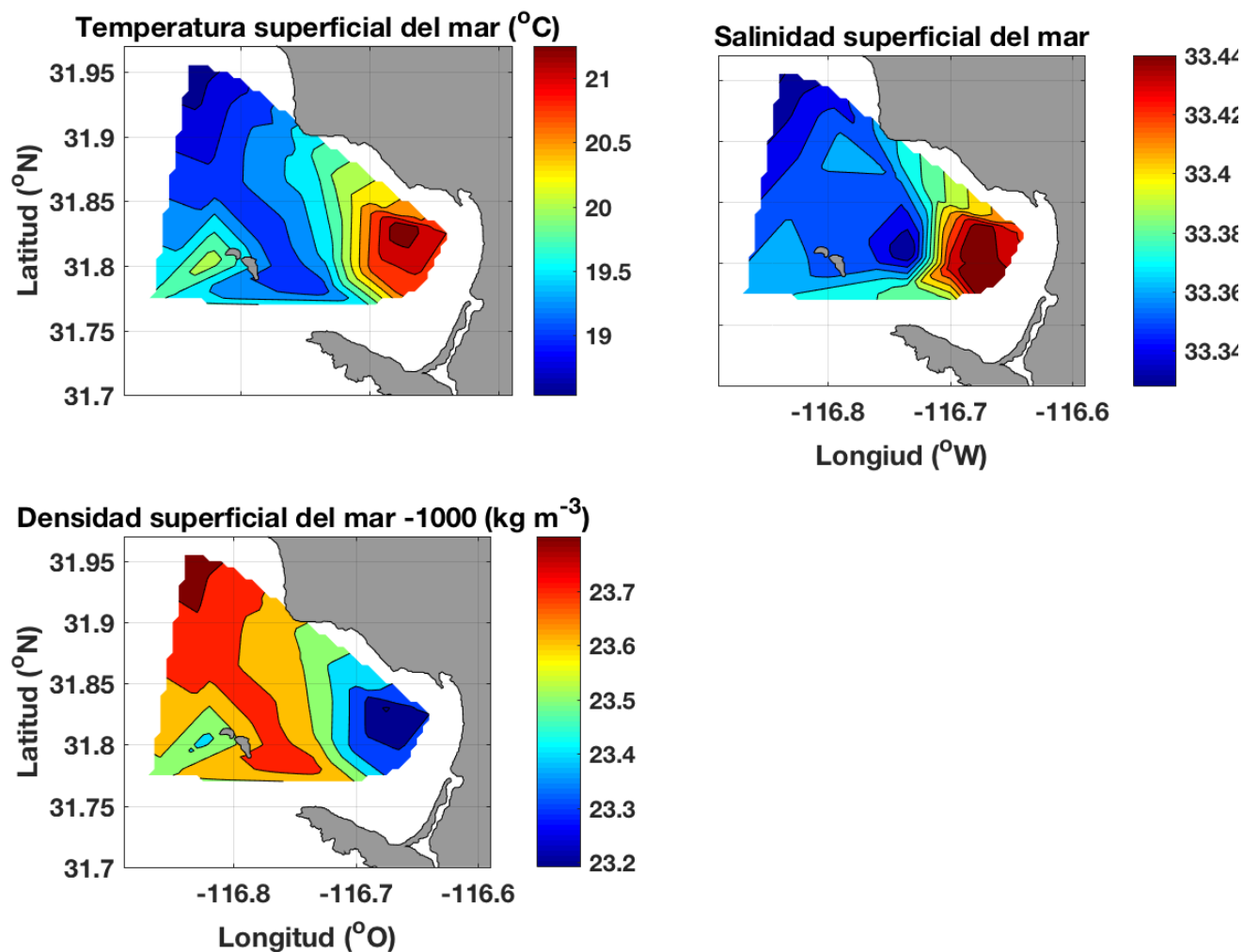


Figura F3. Distribución de parámetros hidrográficos superficiales medidos con él CTD en la Bahía de Todos Santos durante el crucero oceanográfico 2017-2.

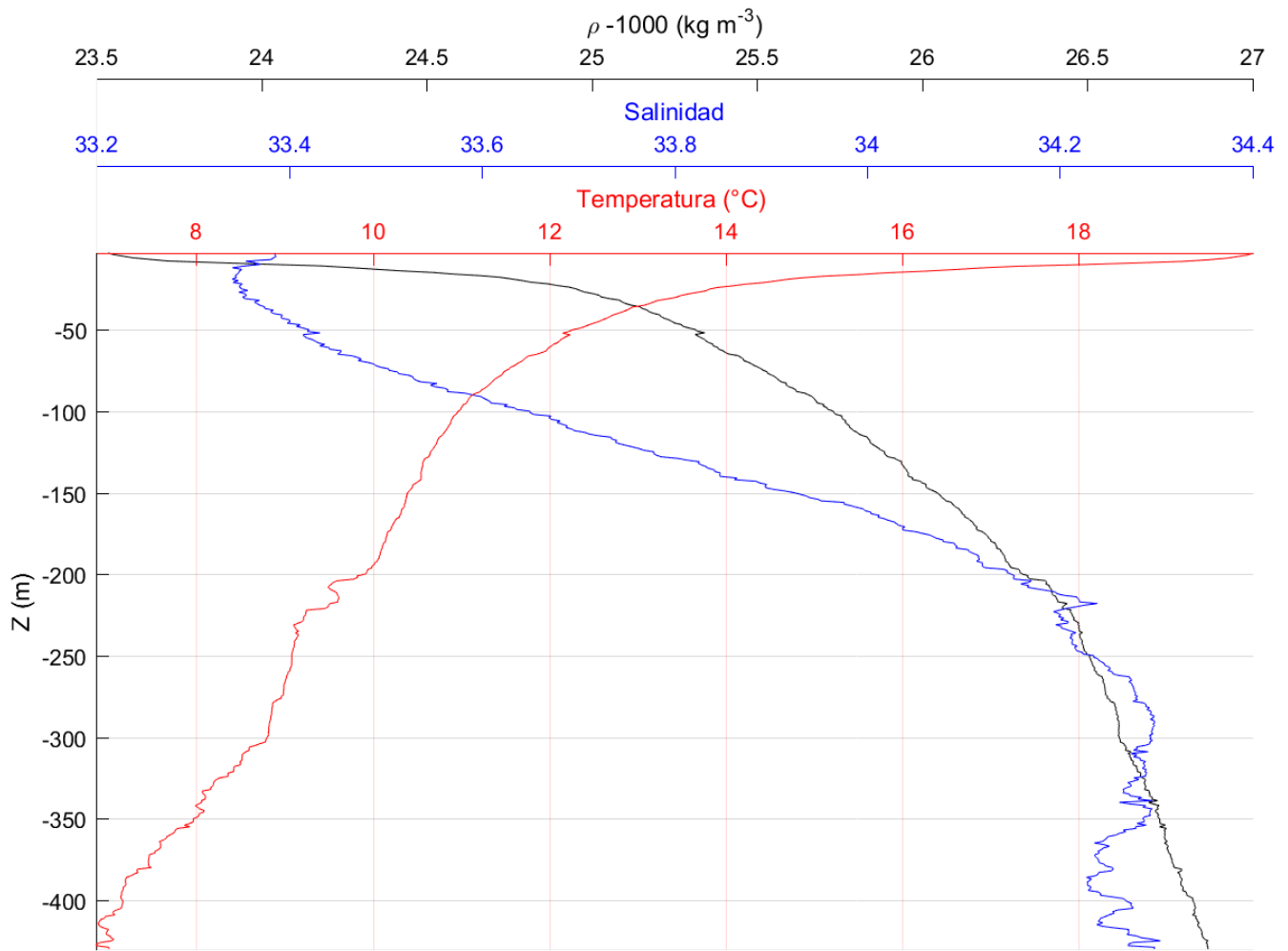


Figura F4. Perfil vertical promedio de todos los lanzes realizados en la Bahía de Todos Santos obtenidos con el CTD, durante el crucero de septiembre de 2017. Temperatura (rojo), salinidad (azul) y densidad (ρ) (negro).

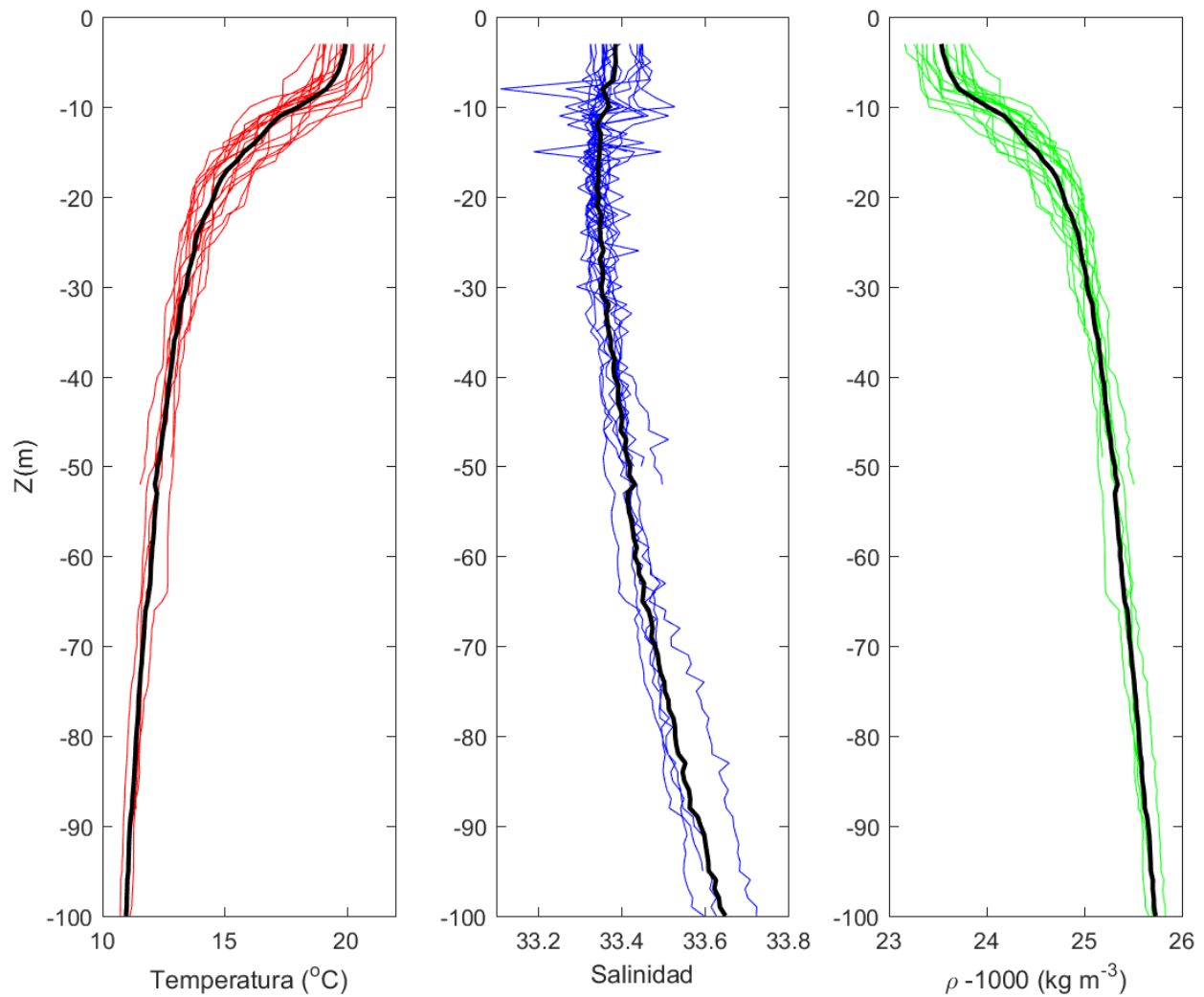


Figura F5. Perfiles verticales de todos los lances de CTD hasta los 100 m de profundidad para las variables de temperatura (rojo), salinidad (azul) y densidad (verde). Las líneas negras en cada perfil representa el perfil promedio.

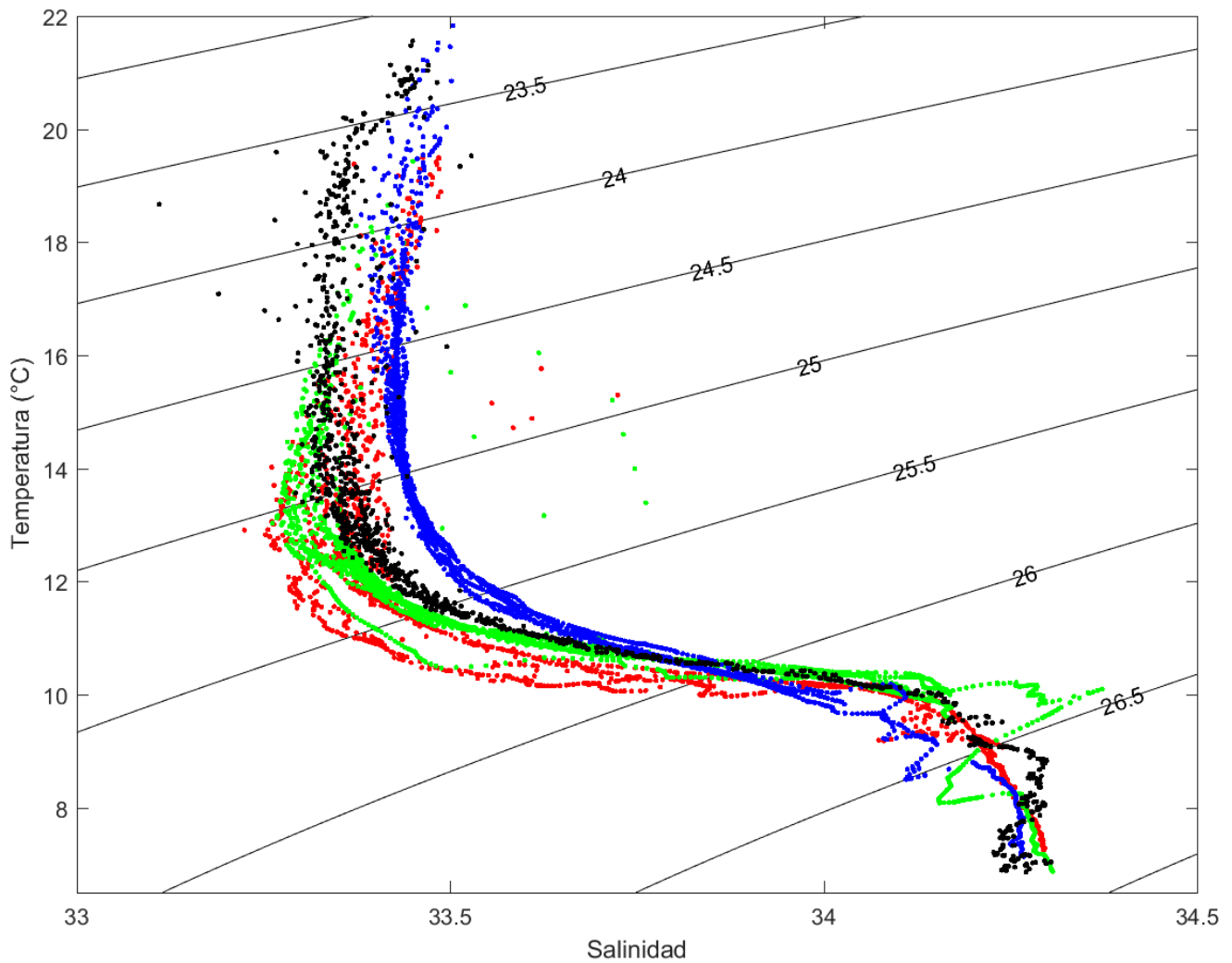


Figura F6. Diagrama T/S del crucero de septiembre de 2017 (●). Para comparación con cruceros previos se incluyen septiembre de: 2011 (●), 2012 (●) y octubre de 2010 (●). Los contornos indican la densidad (S, T, 0) (kg/m^{-3}) - 1000.

Anexo F

Tabla FII. Localización de los lances y profundidades máximas.

| Lances | Mes | Día | Año | Hora | Minuto | Latitud | Longitud | Prof. Ecosonda |
|--------|-----|-----|-----|------|--------|---------|-----------|-------------------|
| A1 | 9 | 20 | 17 | 09 | 30 | 31.9601 | -116.8409 | 92 |
| A2 | 9 | 20 | 17 | 11 | 00 | 31.9484 | -116.8026 | 72 |
| A3 | 9 | 20 | 17 | 12 | 45 | 31.9000 | -116.7874 | 70 |
| A4 | 9 | 20 | 17 | 14 | 25 | 31.8684 | -116.7417 | 34 |
| A5 | 9 | 20 | 17 | 15 | 40 | 31.8525 | -116.7126 | 30 |
| A6 | 9 | 20 | 17 | 16 | 30 | 31.8314 | -116.6773 | 24.8 |
| A7 | 9 | 20 | 17 | 17 | 16 | 31.8263 | -116.6368 | 17.5 |
| B1 | 9 | 21 | 17 | 10 | 17 | 31.7706 | -116.8713 | 576 |
| B2 | 9 | 21 | 17 | 12 | 21 | 31.8035 | -116.8225 | 103 |
| B3 | 9 | 21 | 17 | 14 | 01 | 31.8619 | -116.8184 | 48 |
| B4 | 9 | 21 | 17 | 14 | 49 | 31.8211 | -116.7771 | 126 |
| B5 | 9 | 21 | 17 | 16 | 15 | 31.8074 | -116.7327 | 86 |
| B6 | 9 | 21 | 17 | 17 | 20 | 31.7974 | -116.6986 | 37 |
| B7 | 9 | 21 | 17 | 18 | 11 | 31.7992 | -116.6651 | 23 |
| C1 | 9 | 22 | 17 | - | - | 31.7069 | -116.7469 | 252 |
| C2 | 9 | 22 | 17 | - | - | 31.7236 | -116.7603 | 231 |
| C3 | 9 | 22 | 17 | 11 | 05 | 31.7985 | -116.7651 | 246 |
| C4 | 9 | 22 | 17 | 12 | 54 | 31.7797 | -116.7367 | - |
| C5 | 9 | 22 | 17 | 14 | 41 | 31.7683 | -116.6987 | 52 |
| C6 | 9 | 22 | 17 | 15 | 42 | 31.7740 | -116.6733 | 30 |
| C7 | 9 | 22 | 17 | 16 | 13 | 31.7844 | -116.6557 | 21.9 |

Tabla FIII. Datos de los lances para cada estación realizada en el Crucero BTS-2017- 2. El intervalo de profundidad se interpoló a cada 5 m.

| Estación | Latitud | Longitud | Z (m) | T (°C) | Salinidad | Densidad (kgm ⁻³) |
|----------|---------|----------|-------|--------|-----------|-------------------------------|
| A1 | 31.960 | -116.841 | 5 | 18.208 | 33.327 | 1023.940 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 10 | 17.344 | 33.320 | 1024.144 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 15 | 15.628 | 33.317 | 1024.537 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 20 | 13.633 | 33.334 | 1024.976 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 25 | 13.138 | 33.349 | 1025.087 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 30 | 12.950 | 33.402 | 1025.165 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 35 | 12.839 | 33.383 | 1025.172 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 40 | 12.574 | 33.396 | 1025.234 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 45 | 12.376 | 33.413 | 1025.286 |
| A1 | 31.960 | -116.841 | 50 | 12.152 | 33.448 | 1025.355 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 5 | 18.764 | 33.335 | 1023.809 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 10 | 17.340 | 33.395 | 1024.203 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 15 | 15.183 | 33.337 | 1024.650 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 20 | 13.900 | 33.354 | 1024.936 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 25 | 13.719 | 33.343 | 1024.965 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 30 | 13.242 | 33.349 | 1025.066 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 35 | 12.965 | 33.367 | 1025.135 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 40 | 12.854 | 33.389 | 1025.174 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 45 | 12.572 | 33.418 | 1025.251 |
| A2 | 31.948 | -116.803 | 50 | 12.201 | 33.430 | 1025.332 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 5 | 19.283 | 33.360 | 1023.696 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 10 | 18.103 | 33.378 | 1024.005 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 15 | 14.408 | 33.365 | 1024.839 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 20 | 13.727 | 33.360 | 1024.976 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 25 | 13.361 | 33.361 | 1025.051 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 30 | 12.948 | 33.366 | 1025.137 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 35 | 12.535 | 33.395 | 1025.241 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 40 | 12.257 | 33.426 | 1025.318 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 45 | 11.864 | 33.467 | 1025.424 |
| A3 | 31.900 | -116.787 | 50 | 11.747 | 33.479 | 1025.455 |
| A4 | 31.868 | -116.742 | 5 | 19.325 | 33.374 | 1023.696 |
| A4 | 31.868 | -116.742 | 10 | 16.052 | 33.336 | 1024.456 |
| A4 | 31.868 | -116.742 | 15 | 15.042 | 33.337 | 1024.681 |
| A4 | 31.868 | -116.742 | 20 | 13.913 | 33.364 | 1024.941 |
| A4 | 31.868 | -116.742 | 25 | 13.230 | 33.383 | 1025.095 |

| | | | | | | |
|----|--------|----------|-----|--------|--------|----------|
| A5 | 31.852 | -116.713 | 5 | 20.268 | 33.385 | 1023.460 |
| A5 | 31.852 | -116.713 | 10 | 17.195 | 33.329 | 1024.186 |
| A5 | 31.852 | -116.713 | 15 | 14.948 | 33.339 | 1024.703 |
| A5 | 31.852 | -116.713 | 20 | 13.773 | 33.405 | 1025.002 |
| A5 | 31.852 | -116.713 | 25 | 13.489 | 33.368 | 1025.031 |
| A6 | 31.831 | -116.677 | 5 | 21.133 | 33.471 | 1023.294 |
| A6 | 31.831 | -116.677 | 10 | 18.531 | 33.356 | 1023.883 |
| A6 | 31.831 | -116.677 | 15 | 15.261 | 33.431 | 1024.706 |
| A7 | 31.826 | -116.637 | 5 | 20.662 | 33.443 | 1023.400 |
| A7 | 31.826 | -116.637 | 10 | 17.355 | 33.424 | 1024.221 |
| A7 | 31.826 | -116.637 | 15 | 15.087 | 33.414 | 1024.730 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 5 | 19.692 | 33.360 | 1023.592 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 10 | 18.392 | 33.265 | 1023.847 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 15 | 15.698 | 33.352 | 1024.548 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 20 | 15.061 | 33.329 | 1024.671 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 25 | 14.398 | 33.333 | 1024.816 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 30 | 14.209 | 33.325 | 1024.849 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 35 | 13.469 | 33.326 | 1025.003 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 40 | 13.030 | 33.356 | 1025.113 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 45 | 12.606 | 33.378 | 1025.214 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 50 | 12.116 | 33.416 | 1025.337 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 55 | 11.767 | 33.442 | 1025.423 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 60 | 11.654 | 33.465 | 1025.462 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 65 | 11.561 | 33.467 | 1025.480 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 70 | 11.410 | 33.520 | 1025.549 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 75 | 11.164 | 33.580 | 1025.640 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 80 | 11.045 | 33.611 | 1025.686 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 85 | 10.944 | 33.642 | 1025.728 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 90 | 10.855 | 33.670 | 1025.765 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 95 | 10.801 | 33.683 | 1025.785 |
| B1 | 31.771 | -116.871 | 100 | 10.730 | 33.724 | 1025.830 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 5 | 20.146 | 33.367 | 1023.479 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 10 | 19.556 | 33.363 | 1023.629 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 15 | 16.171 | 33.313 | 1024.412 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 20 | 15.089 | 33.329 | 1024.664 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 25 | 14.032 | 33.317 | 1024.880 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 30 | 13.154 | 33.346 | 1025.081 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 35 | 12.782 | 33.370 | 1025.173 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 40 | 12.719 | 33.364 | 1025.181 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 45 | 12.607 | 33.386 | 1025.220 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 50 | 12.287 | 33.407 | 1025.298 |

| | | | | | | |
|----|--------|----------|-----|--------|--------|----------|
| B2 | 31.804 | -116.823 | 55 | 12.024 | 33.423 | 1025.360 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 60 | 11.909 | 33.428 | 1025.385 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 65 | 11.845 | 33.436 | 1025.403 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 70 | 11.651 | 33.478 | 1025.472 |
| B2 | 31.804 | -116.823 | 75 | 11.453 | 33.489 | 1025.517 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 5 | 19.055 | 33.359 | 1023.754 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 10 | 17.969 | 33.296 | 1023.974 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 15 | 17.085 | 33.190 | 1024.105 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 20 | 15.699 | 33.335 | 1024.535 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 25 | 14.575 | 33.341 | 1024.785 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 30 | 13.677 | 33.374 | 1024.997 |
| B3 | 31.862 | -116.818 | 35 | 13.555 | 33.340 | 1024.995 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 5 | 19.043 | 33.354 | 1023.752 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 10 | 17.165 | 33.329 | 1024.193 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 15 | 16.791 | 33.335 | 1024.285 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 20 | 15.916 | 33.342 | 1024.492 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 25 | 14.210 | 33.357 | 1024.874 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 30 | 13.564 | 33.293 | 1024.957 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 35 | 12.981 | 33.383 | 1025.144 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 40 | 12.796 | 33.393 | 1025.188 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 45 | 12.664 | 33.402 | 1025.221 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 50 | 12.437 | 33.411 | 1025.272 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 55 | 12.164 | 33.423 | 1025.333 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 60 | 12.041 | 33.427 | 1025.360 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 65 | 11.793 | 33.459 | 1025.431 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 70 | 11.689 | 33.477 | 1025.465 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 75 | 11.594 | 33.497 | 1025.497 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 80 | 11.531 | 33.498 | 1025.510 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 85 | 11.420 | 33.523 | 1025.550 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 90 | 11.289 | 33.552 | 1025.596 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 95 | 11.276 | 33.550 | 1025.596 |
| B4 | 31.821 | -116.777 | 100 | 11.124 | 33.598 | 1025.662 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 5 | 19.527 | 33.334 | 1023.614 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 10 | 18.504 | 33.338 | 1023.875 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 15 | 17.357 | 33.323 | 1024.143 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 20 | 14.776 | 33.350 | 1024.748 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 25 | 14.001 | 33.343 | 1024.907 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 30 | 13.429 | 33.381 | 1025.053 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 35 | 13.174 | 33.417 | 1025.132 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 40 | 12.978 | 33.390 | 1025.150 |
| B5 | 31.807 | -116.733 | 45 | 12.918 | 33.389 | 1025.161 |

| | | | | | | |
|----|--------|----------|-----|--------|--------|----------|
| B6 | 31.797 | -116.699 | 5 | 20.859 | 33.433 | 1023.339 |
| B6 | 31.797 | -116.699 | 10 | 20.630 | 33.441 | 1023.407 |
| B6 | 31.797 | -116.699 | 15 | 17.233 | 33.380 | 1024.216 |
| B6 | 31.797 | -116.699 | 20 | 15.060 | 33.331 | 1024.673 |
| B7 | 31.799 | -116.665 | 5 | 21.048 | 33.444 | 1023.297 |
| B7 | 31.799 | -116.665 | 10 | 19.529 | 33.528 | 1023.762 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 5 | 19.025 | 33.356 | 1023.759 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 10 | 17.975 | 33.345 | 1024.011 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 15 | 15.625 | 33.373 | 1024.581 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 20 | 14.146 | 33.337 | 1024.872 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 25 | 13.476 | 33.353 | 1025.022 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 30 | 13.168 | 33.353 | 1025.084 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 35 | 12.977 | 33.374 | 1025.138 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 40 | 12.566 | 33.388 | 1025.229 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 45 | 12.386 | 33.401 | 1025.274 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 50 | 12.233 | 33.417 | 1025.316 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 55 | 12.129 | 33.427 | 1025.343 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 60 | 11.829 | 33.450 | 1025.417 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 65 | 11.611 | 33.481 | 1025.482 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 70 | 11.568 | 33.486 | 1025.494 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 75 | 11.508 | 33.492 | 1025.510 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 80 | 11.425 | 33.508 | 1025.537 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 85 | 11.310 | 33.536 | 1025.579 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 90 | 11.159 | 33.575 | 1025.637 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 95 | 11.062 | 33.610 | 1025.682 |
| C3 | 31.799 | -116.765 | 100 | 11.042 | 33.628 | 1025.699 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 5 | 18.748 | 33.358 | 1023.830 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 10 | 17.579 | 33.407 | 1024.154 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 15 | 14.942 | 33.310 | 1024.682 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 20 | 14.512 | 33.341 | 1024.798 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 25 | 14.123 | 33.332 | 1024.873 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 30 | 13.940 | 33.315 | 1024.898 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 35 | 13.375 | 33.343 | 1025.035 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 40 | 13.165 | 33.348 | 1025.080 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 45 | 12.977 | 33.360 | 1025.127 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 50 | 12.894 | 33.358 | 1025.142 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 55 | 12.715 | 33.377 | 1025.191 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 60 | 12.679 | 33.391 | 1025.210 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 65 | 12.450 | 33.411 | 1025.269 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 70 | 11.977 | 33.444 | 1025.385 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 75 | 11.814 | 33.464 | 1025.431 |

| | | | | | | |
|-------|--------|----------|----|--------|--------|----------|
| C4 | 31.780 | -116.737 | 80 | 11.548 | 33.500 | 1025.508 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 85 | 11.486 | 33.504 | 1025.523 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 90 | 11.201 | 33.566 | 1025.622 |
| C4 | 31.780 | -116.737 | 95 | 11.108 | 33.595 | 1025.662 |
| <hr/> | | | | | | |
| C5 | 31.768 | -116.699 | 5 | 19.759 | 33.387 | 1023.594 |
| C5 | 31.768 | -116.699 | 10 | 17.373 | 33.407 | 1024.204 |
| C5 | 31.768 | -116.699 | 15 | 16.215 | 33.325 | 1024.411 |
| C5 | 31.768 | -116.699 | 20 | 14.797 | 33.362 | 1024.753 |
| C5 | 31.768 | -116.699 | 25 | 13.580 | 33.382 | 1025.023 |
| C5 | 31.768 | -116.699 | 30 | 13.545 | 33.370 | 1025.021 |
| <hr/> | | | | | | |
| C6 | 31.774 | -116.673 | 5 | 20.716 | 33.447 | 1023.388 |
| C6 | 31.774 | -116.673 | 10 | 17.294 | 33.356 | 1024.184 |
| C6 | 31.774 | -116.673 | 15 | 15.523 | 33.328 | 1024.569 |
| C6 | 31.774 | -116.673 | 20 | 14.479 | 33.337 | 1024.802 |
| C6 | 31.774 | -116.673 | 25 | 14.014 | 33.350 | 1024.909 |
| <hr/> | | | | | | |
| C7 | 31.784 | -116.656 | 5 | 20.823 | 33.453 | 1023.364 |
| C7 | 31.784 | -116.656 | 10 | 18.673 | 33.420 | 1023.896 |
| C7 | 31.784 | -116.656 | 15 | 16.155 | 33.495 | 1024.555 |

OCEANOGRAFÍA QUÍMICA

Responsable: Dr. Héctor Bustos Serrano

Colaboradores: Alejandro Sánchez-González, Karina del Carmen Lugo-Ibarra, Rafael Morales-Chávez, Nut Valeria Chávez M., Eduardo Ashida Hernández, Abraham Bennett Carreño Sergio Raúl Canino Herrera, Sergio I. Larios Castillo, Giovanni Durante-Barajas.

Resumen

Se estudió la distribución espacial de las variables oceanográficas presentes en la Bahía de Todos Santos, durante el final del verano de 2017. En una serie de muestreos realizados del 20 al 22 de septiembre, durante la campaña BTS 2017-2, se colectaron muestras de agua a distintas profundidades en 19 puntos de la bahía. Se analizaron las variables de temperatura, salinidad, los parámetros del sistema de CO₂ (pH y Alcalinidad Total), las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos (NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ y SiO₄⁴⁻ y parámetros de evaluación de calidad del agua (O₂ disuelto y metales traza). Se observaron rangos de variación de 6.93 a 25.00 °C en temperatura, 123 a 294 μM en oxígeno disuelto, 7.63 a 8.16 en pH y 2343 a 2694 en AT. Los cuatro nutrientes inorgánicos presentaron mínimos de 0, mientras las concentraciones máximas observadas fueron, 7.8, 1.2, 3.2 y 32.6 μM en NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻ y SiO₄⁴⁻ respectivamente.

Se presenta la metodología usada para el análisis de las distintas variables y una serie de gráficos de parámetros superficiales y subsuperficiales, así como gráficos de perfiles verticales para los diferentes nutrientes inorgánicos. Posteriormente, se anexan tablas todas las mediciones de las variables hechas para cada estación.

Área de estudio

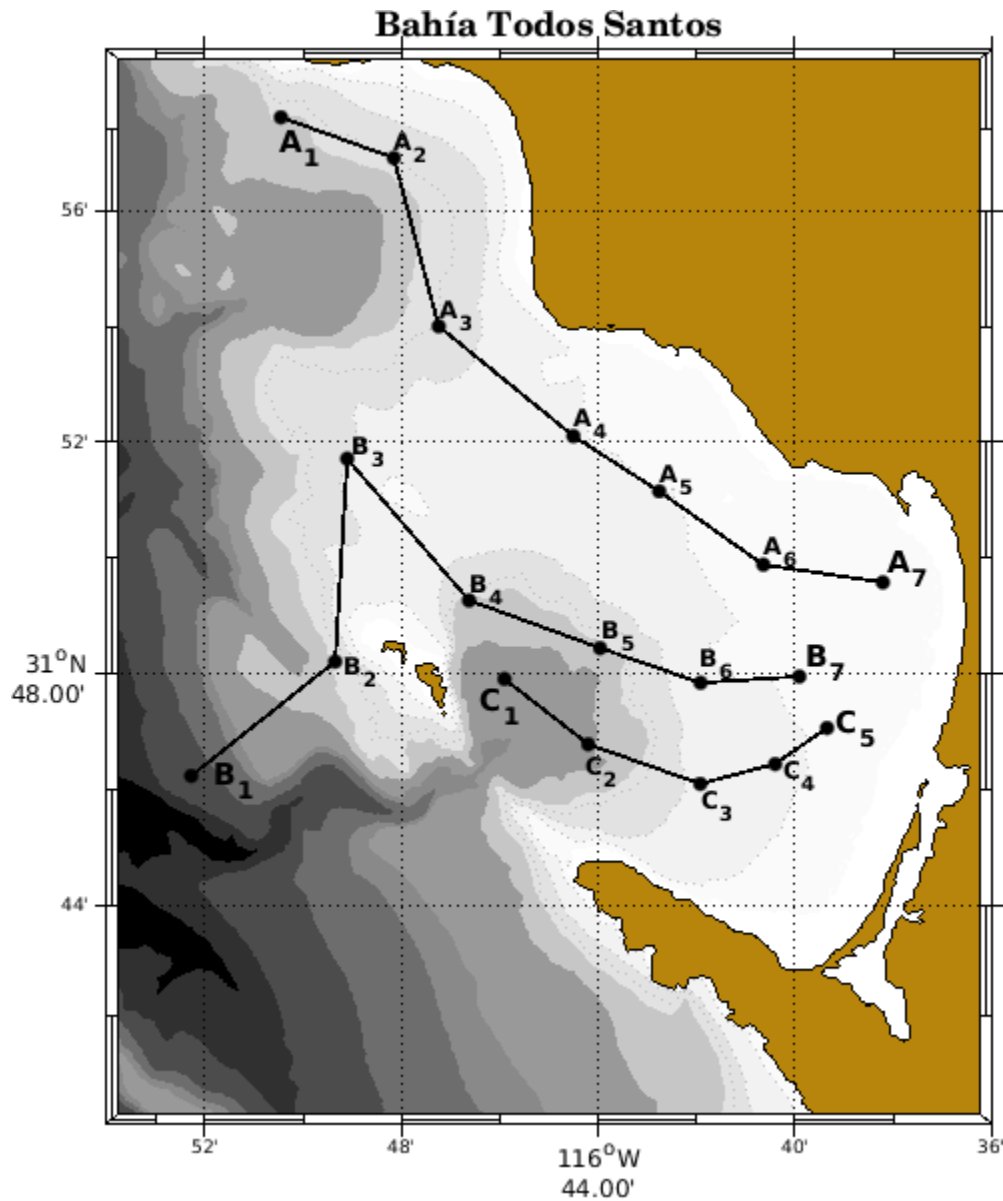


Figura Q1. Mapa batimétrico de Bahía Todos Santos, en el cual se muestran las estaciones de muestreo y la trayectoria que siguió el buque para cada transecto de la campaña BTS 2017-2.

Materiales y métodos

Los procedimientos llevados a cabo durante la realización del presente trabajo pueden agruparse en tres fases.

La primera de ellas corresponde al muestreo oceanográfico in situ. La segunda, corresponde al análisis químico ejecutado para la valoración de las muestras; ya sea, a bordo del buque o en laboratorio. Y la tercera involucra el tratamiento de los datos y la producción de figuras descriptivas.

Fase I. Muestreo oceanográfico

A bordo de la patrulla oceánica PO-110 ARM “Farías”, perteneciente a la Secretaría de Marina Armada de México, se siguieron tres transectos de muestreo correspondientes a las regiones norte (A), centro (B) y sur (C) de la bahía (Fig. Q1).

Se diseñó cada transecto con 7 estaciones de muestreo, sin embargo, sólo los dos primeros cumplieron con esto, ya que las condiciones del oleaje presentes el tercer día permitieron completar sólo 5 estaciones en el último. Se realizó una trayectoria por cada día de la campaña oceanográfica (20, 21 y 22 de septiembre de 2017).

Por medio de lances hidrográficos, se colectaron muestras de agua a diferentes profundidades en cada estación, en función de la batimetría en cada punto; se empleó un balde para colectar el agua superficial, y para profundidad, se emplearon botellas Niskin y Van Dorn de 1, 5 y 8 litros, aseguradas a un cable hidrográfico de poco más de 450 m de longitud en carrete.

Por lo general, para las estaciones más someras las profundidades muestreadas fueron 5, 10, 20 y 30 m. Para estaciones con más profundidad se continuó con colectas a 50, 75, 100 y 200 m; en la estación correspondiente al Cañón de Todos Santos (B1, Fig. Q1), además de las anteriores, se realizaron colectas a 300 y 450 m.

Se colectaron muestras para cada una de las variables a estudiar; en cubierta se llevaron a cabo los análisis para Oxígeno Disuelto (OD), pH y Alcalinidad Total (AT). Mientras que las variables de salinidad, nutrientes inorgánicos, y metales traza se analizaron posteriormente en el laboratorio.

Fase II. Variables oceanográficas y análisis químico

Oxígeno Disuelto. Posterior a la colecta de agua en botellas BOD de 300 ml, se empleó el método iodométrico Winkler para determinar la concentración de O₂ disuelto de cada una de las profundidades muestreadas por estación. Se siguieron las indicaciones descritas en Bustos-Serrano (2017) para realizar el análisis de las muestras a bordo del buque o de cualquier otra plataforma oceanográfica de muestreo.

pH y Alcalinidad Total. Se utilizaron botellas de polipropileno para coleccionar 250 ml de agua tanto del balde superficial como de las botellas Niskin y Van Dorn. Posterior a ello, se llevaron a un baño de temperatura controlada a 25 °C, por 30 minutos como mínimo. El montaje del equipo y el posterior análisis de cada muestra se realizó como en lo descrito por Bustos-Serrano (2017).

Nutrientes Inorgánicos. Se coleccionaron dos muestras de 250 ml por cada profundidad, acto seguido se reservó cada muestra en un congelador, hasta su análisis en laboratorio. Una de las botellas se destinó al análisis de nitritos y nitratos (NO_2^- , NO_3^-), correspondiendo la otra a fosfatos y silicatos (PO_4^{3-} y SiO_4^{4-}). La determinación de cada uno de los nutrientes se realizó en el laboratorio de acuerdo a las indicaciones en Bustos-Serrano (2017).

Temperatura y Salinidad. Se coleccionaron muestras en dos botellas de citrato de magnesio de 300 ml (30 y 50 m de profundidad, o bien lo determinado en función de la profundidad de la estación). En el laboratorio se usó un salinómetro de inducción Industrial Instruments Inc., y se procedió de acuerdo al método descrito por Bustos-Serrano (2017). Así mismo, se compararon los valores resultantes con los datos obtenidos con los lances hidrográficos del CTD RBR-maestro durante la campaña oceanográfica.

Metales traza. Se coleccionó un vial por cada estación de muestreo para la determinación de metales (Zn y Cu) en el laboratorio, según las instrucciones de Bustos-Serrano (2017).

Fase III. Tratamiento de los datos

Se generaron interpolaciones por el método de trazadores cúbicos naturales, para presentar mapas superficiales y secciones verticales de contornos de las variables de Temperatura, OD, pH, AT.

Resulta pertinente mencionar que el comportamiento de dichos contornos es más confiable si es cercano a los puntos de muestreo señalados, ya que los trazadores cúbicos producen cierta suavidad artificial.

Por otro lado, de los datos de nutrientes se presentan perfiles promedio por transecto, con la respectiva variabilidad en los puntos de muestreo.

Resultados

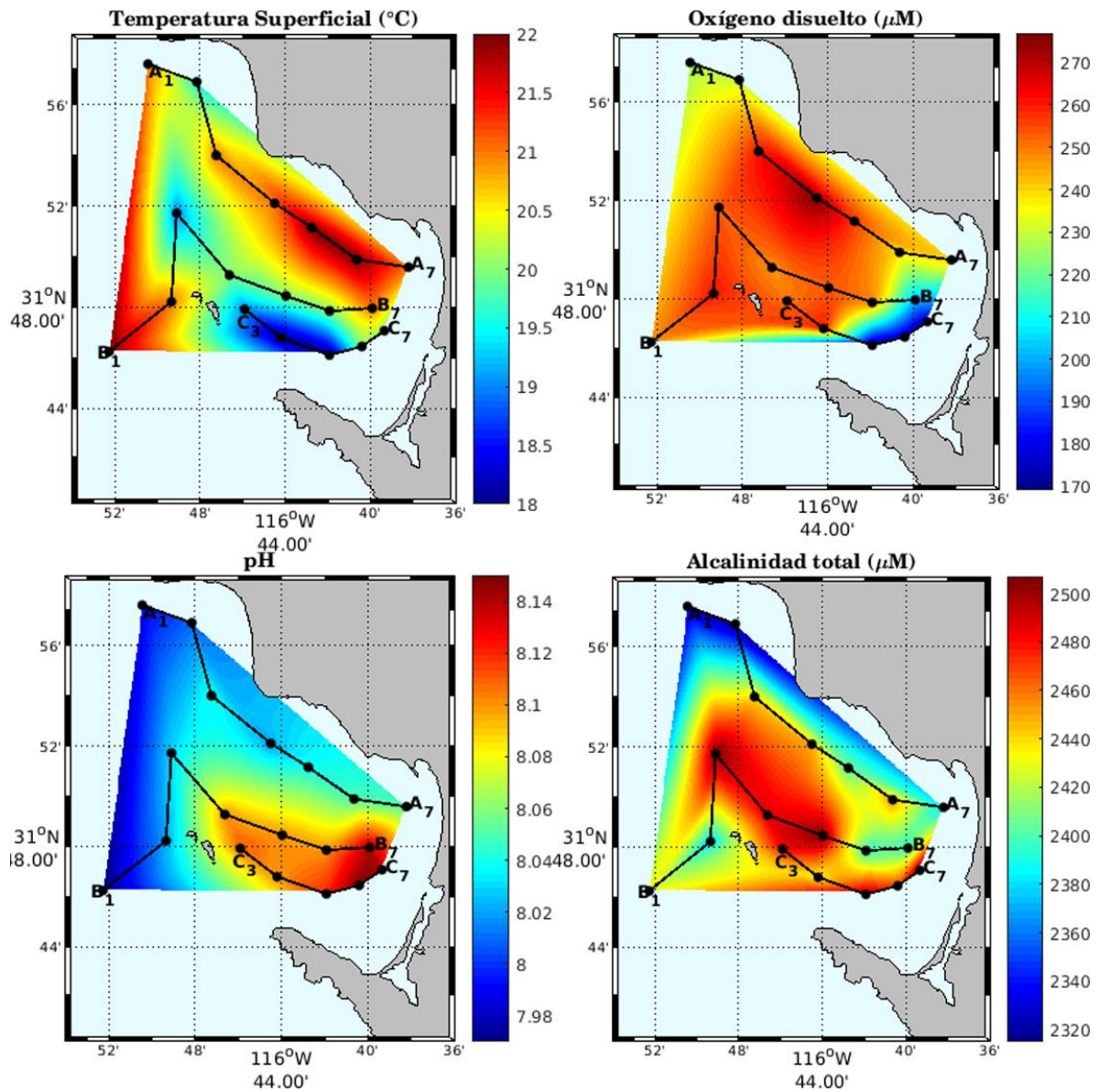


Figura Q2: Distribución espacial superficial de temperatura, OD y parámetros del sistema de CO₂ para septiembre de 2017.

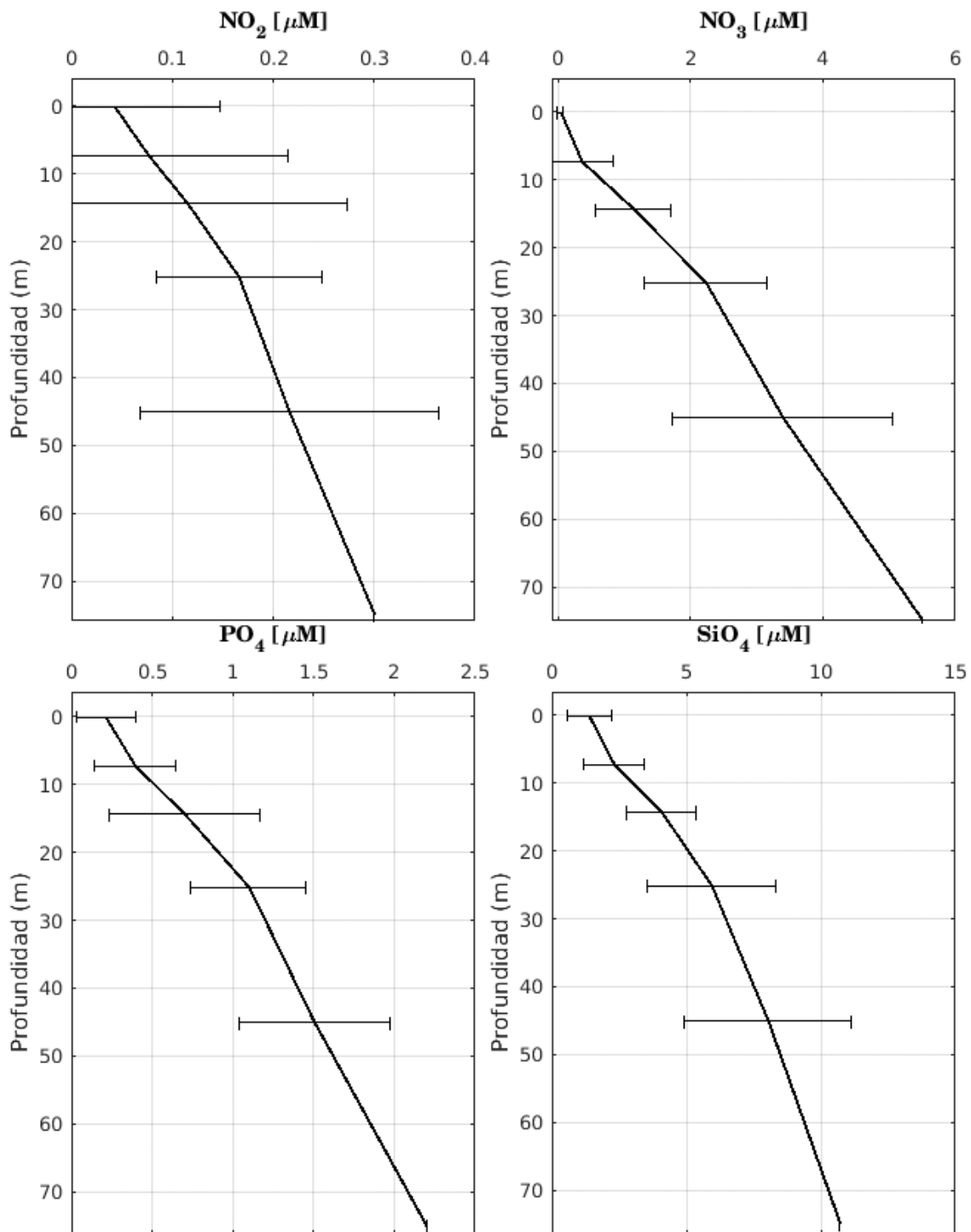


Figura Q3: Perfiles promedio de nutrientes inorgánicos disueltos para el transecto A. Las barras de desviación corresponden a las fluctuaciones que pudieran existir dentro del mismo transecto.

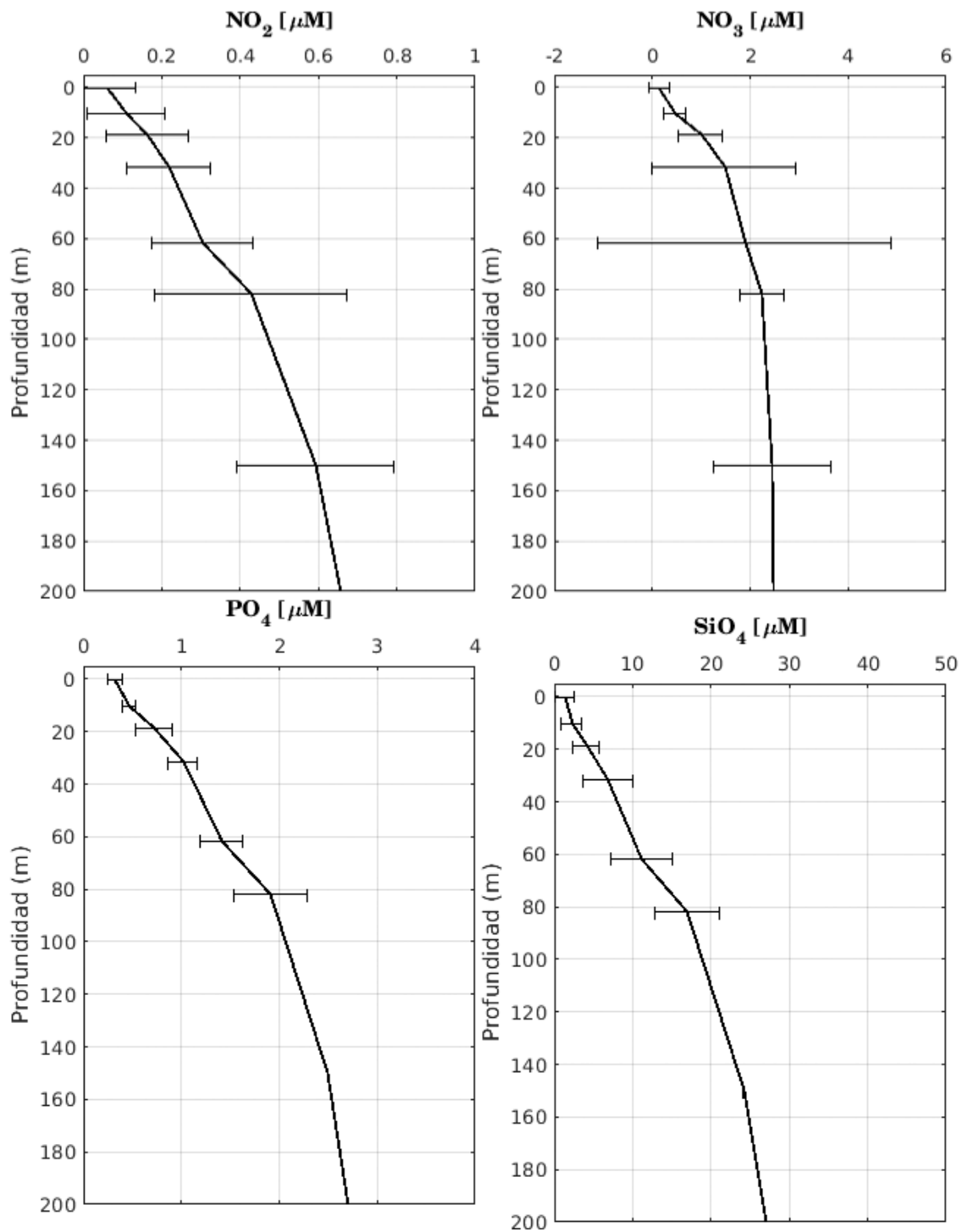


Figura Q4: Perfiles promedio de nutrientes inorgánicos disueltos para el transecto B. Las barras de desviación corresponden a las fluctuaciones que pudieran existir dentro del mismo transecto.

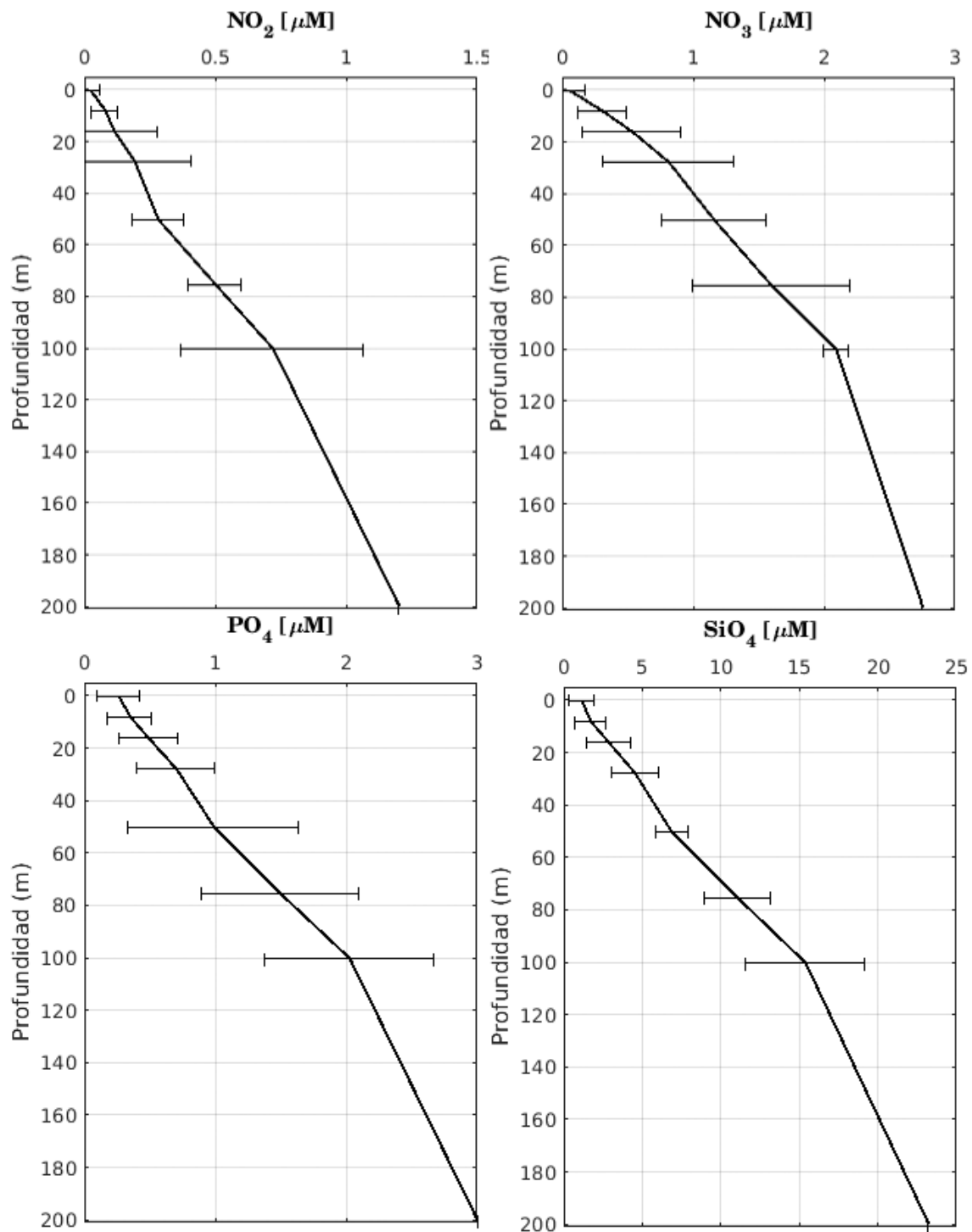


Figura Q5. Perfiles promedio de nutrientes inorgánicos disueltos para el transecto C. Las barras de desviación corresponden a las fluctuaciones que pudieran existir dentro del mismo transecto.

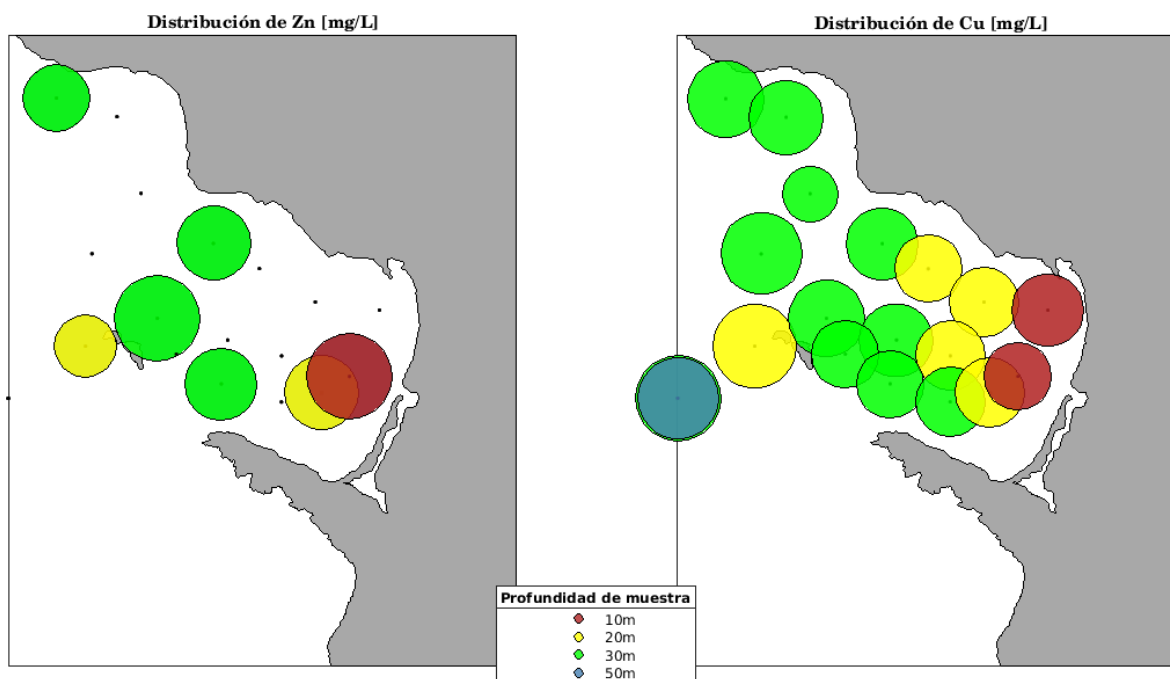


Figura Q6: Distribución espacial de las concentraciones de Zinc y Cobre en el área de muestreo. El radio de los círculos es linealmente proporcional a la concentración del respectivo metal. Los colores indican la profundidad a la que se tomó la muestra, tal y como se indica en la leyenda de la figura. En el caso del Zn, el círculo de radio mayor corresponde a la concentración de $2.02 \mu\text{gL}^{-1}$, mientras el círculo de radio más pequeño corresponde a $1.08 \mu\text{gL}^{-1}$. Para el caso del cobre, el círculo de radio mayor corresponde a la concentración de $1.44 \mu\text{gL}^{-1}$, mientras el de radio menor corresponde a $0.61 \mu\text{gL}^{-1}$.

Conclusión

Se determinaron rangos de variación de 6.93 a 25.00 °C en temperatura, 123 a 294 μM en oxígeno disuelto, 7.63 a 8.16 en pH y 2343 a 2694 en AT.

Los cuatro nutrientes inorgánicos presentaron mínimos de 0, mientras las concentraciones máximas observadas fueron, 7.8, 1.2, 3.2 y $32.6 \mu\text{M}$ en NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} y SiO_4^{4-} respectivamente.

Las mayores concentraciones de Zinc corresponden a las estaciones B4 y C5, con un valor de $2.02 \mu\text{gL}^{-1}$. Los valores máximos de Cu se encontraron en las estaciones externas de la bahía, y los máximos observados fueron de $1.44 \mu\text{gL}^{-1}$.

Referencias

Bustos-Serrano, H. (2017). Manual de Prácticas de Oceanografía Química (Bustos-Serrano H., Vol. 1), UABC- FCM-Press. Ensenada. 143 pp.

Anexo Q

Tabla QI. Posición de las estaciones hidrológicas y profundidades máximas.

| Estación | Mes | Día | Año | Hora | Minuto | Latitud | Longitud | Prof. Ecosonda (m) |
|----------|-----|-----|-----|------|--------|---------|-----------|--------------------|
| A1 | 9 | 20 | 17 | 09 | 30 | 31.9500 | -116.8333 | 92 |
| A2 | 9 | 20 | 17 | 10 | 55 | 31.9347 | -116.8000 | 71 |
| A3 | 9 | 20 | 17 | 12 | 47 | 31.9000 | -116.7874 | 70 |
| A4 | 9 | 20 | 17 | 14 | 45 | 31.8686 | -116.7394 | 30 |
| A5 | 9 | 20 | 17 | 15 | 50 | 31.8522 | -116.7114 | 30 |
| A6 | 9 | 20 | 17 | 16 | 35 | 31.8314 | -116.6773 | 34 |
| A7 | 9 | 20 | 17 | 17 | 18 | 31.8258 | -116.6378 | 17.5 |
| B1 | 9 | 21 | 17 | 10 | 00 | 31.7700 | -116.8714 | 576 |
| B2 | 9 | 21 | 17 | 12 | 20 | 31.8005 | -116.8264 | 104 |
| B3 | 9 | 21 | 17 | 14 | 00 | 31.8620 | -116.8184 | 48 |
| B4 | 9 | 21 | 17 | 14 | 40 | 31.8211 | -116.7771 | 151 |
| B5 | 9 | 21 | 17 | 16 | 5 | 31.8080 | -116.7376 | 86 |
| B6 | 9 | 21 | 17 | 17 | 10 | 31.7974 | -116.6986 | 33 |
| B7 | 9 | 21 | 17 | 18 | 00 | 31.7991 | -116.6651 | 23 |
| C1 | 9 | 22 | 17 | 10 | 59 | 31.7922 | -116.7590 | 246 |
| C2 | 9 | 22 | 17 | 12 | 50 | 31.7885 | -116.7342 | 130 |
| C3 | 9 | 22 | 17 | 14 | 15 | 31.7667 | -116.7003 | 53 |
| C4 | 9 | 22 | 17 | 15 | 28 | 31.7750 | -116.6733 | 30 |
| C5 | 9 | 22 | 17 | 16 | 07 | 31.7842 | -116.6564 | 20.6 |

Tabla QII. Concentraciones de metales para cada estación a cada profundidad medida.

| Estación | Profundidad (m) | Cobre ($\mu\text{g/L}$) | Zinc ($\mu\text{g/L}$) |
|----------|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| A1 | 30 | 1.16 | 1.27 |
| A2 | 30 | 1.13 | 0 |
| A3 | 30 | 0.61 | 0 |
| A4 | 30 | 1.06 | 1.55 |
| A5 | 20 | 0.91 | 0 |
| A6 | 20 | 0.96 | 0 |
| A7 | 10 | 1.06 | 0 |
| B1 | 30 | 1.44 | 0 |
| B2 | 20 | 1.41 | 1.08 |
| B3 | 30 | 1.36 | 0 |
| B4 | 30 | 1.18 | 2.02 |
| B5 | 30 | 1.08 | 0 |
| B6 | 20 | 0.96 | 0 |
| B7 | 20 | 0 | 0 |
| C1 | 30 | 0.93 | 0 |
| C2 | 30 | 0.91 | 1.46 |
| C3 | 30 | 0.98 | 0 |
| C4 | 20 | 0.98 | 1.55 |
| C5 | 10 | 0.91 | 2.02 |

Tabla QIII. Variables analizadas por estación del transecto A.

| Estación | Z (m) | Temp. (°C) | Sal. medida | Sal. CTD | OD (μM) | pH (25 °C) | AT (μM) | NO ₃ ⁻ (μM) | NO ₂ ⁻ (μM) | PO ₄ ³⁻ (μM) | SiO ₄ ⁴⁻ (μM) |
|----------|-------|------------|-------------|----------|---------|------------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| A1 | 0 | 21.000 | - | - | 226 | 7.99 | 2326 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 2.4 |
| A1 | 10 | 17.388 | - | 33.323 | 240 | 7.95 | 2285 | 1.5 | 0.1 | 0.4 | 1.6 |
| A1 | 20 | 13.718 | - | 33.315 | 212 | 7.89 | 2305 | 1.7 | 0.0 | 0.6 | 2.2 |
| A1 | 30 | 12.954 | 33.4378 | 33.356 | 184 | 7.81 | 2305 | 2.5 | 0.2 | 1.1 | 10.3 |
| A1 | 50 | 12.177 | - | 33.454 | 168 | 7.76 | 2299 | 4.8 | 0.1 | 1.7 | 10.7 |
| A1 | 75 | - | 33.509 | - | 189 | 7.77 | 2315 | 5.5 | 0.3 | 2.2 | 9.9 |
| A2 | 0 | 19.500 | - | - | 230 | 8.01 | 2315 | 0.4 | 0.0 | 0.5 | 2.1 |
| A2 | 10 | 17.694 | - | 33.350 | 244 | 7.96 | 2334 | 0.2 | 0.0 | 0.7 | 1.6 |
| A2 | 20 | 14.081 | - | 33.371 | 208 | 7.86 | 2361 | 0.1 | 0.2 | 0.9 | 1.5 |
| A2 | 30 | 13.281 | - | 33.341 | 186 | 7.84 | 2313 | 1.2 | 0.4 | 1.1 | 4.5 |
| A2 | 50 | 12.213 | - | 33.417 | - | 7.77 | 2341 | 1.3 | 0.1 | 1.2 | 11.6 |
| A3 | 0 | 21.000 | - | - | 261 | 8.04 | 2440 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 4.2 |
| A3 | 10 | 18.444 | - | 33.338 | 284 | 8.05 | 2411 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 3.0 |
| A3 | 20 | 13.778 | - | 33.367 | 216 | 7.86 | 2420 | 0.6 | 0.1 | 0.6 | 5.4 |
| A3 | 30 | 13.057 | 33.581 | 33.375 | 233 | 7.86 | 2388 | 1.6 | 0.1 | 0.7 | 4.9 |
| A3 | 50 | 11.738 | 33.577 | 33.481 | 234 | 7.83 | 2374 | 1.7 | 0.1 | 0.7 | 4.9 |
| A4 | 0 | 21.000 | - | - | 277 | 8.02 | 2450 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| A4 | 5 | 19.687 | - | 33.360 | 240 | 8.04 | 2420 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 |
| A4 | 10 | 16.868 | - | 33.293 | 294 | 8.03 | 2444 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.2 |
| A4 | 20 | 14.087 | - | 33.363 | 269 | 7.99 | 2400 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 2.7 |
| A4 | 30 | - | 33.616 | - | 239 | 7.88 | 2435 | 0.4 | 0.0 | 0.5 | 4.3 |
| A5 | 0 | 22.000 | - | - | 256 | 8.04 | 2400 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 1.7 |
| A5 | 5 | 20.283 | - | 33.385 | 260 | 8.05 | 2418 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 1.8 |
| A5 | 10 | 18.197 | - | 33.357 | 283 | 8.01 | 2422 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| A5 | 20 | 13.838 | 33.521 | 33.360 | 233 | 7.88 | 2461 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 3.6 |
| A6 | 0 | 22.000 | - | - | 238 | 8.05 | 2454 | 0.1 | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| A6 | 5 | 21.476 | - | 33.447 | 231 | 8.07 | 2465 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.1 |
| A6 | 10 | 19.736 | - | 33.344 | 240 | 8.03 | 2418 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.2 |
| A6 | 20 | - | 33.639 | - | 143 | 7.77 | 2446 | 0.1 | 0.2 | 1.1 | 3.2 |
| A7 | 0 | 23.000 | - | - | 241 | 8.05 | 2383 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 2.3 |
| A7 | 5 | 20.966 | - | 33.425 | 263 | 8.04 | 2479 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.9 |
| A7 | 10 | 18.731 | 33.632 | 33.387 | 272 | 7.99 | 2440 | 0.1 | 0.3 | 1.5 | 2.5 |

Tabla QIV. Variables analizadas por estación del transecto B.

| Estación | Z (m) | Temp. (°C) | Sal. medida | Sal. CTD | OD (µM) | pH (25 °C) | AT (µM) | NO ₃ ⁻ (µM) | NO ₂ ⁻ (µM) | PO ₄ ³⁻ (µM) | SiO ₄ ⁴⁻ (µM) |
|----------|-------|------------|-------------|----------|---------|------------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| B1 | 0 | 20.000 | - | 33.512 | 247 | 7.97 | 2431 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 5.0 |
| B1 | 20 | 15.331 | - | 33.333 | 259 | 7.95 | 2413 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 5.8 |
| B1 | 30 | 14.243 | 33.514 | 33.329 | 230 | 7.98 | 2343 | - | - | - | - |
| B1 | 50 | 12.195 | - | 33.394 | 242 | 7.88 | 2397 | 1.0 | 0.3 | 0.9 | 8.9 |
| B1 | 75 | 11.209 | - | 33.598 | 218 | 7.86 | 2368 | 1.1 | 0.4 | 1.2 | 9.4 |
| B1 | 100 | 10.734 | - | 33.725 | 184 | 7.73 | 2360 | 1.4 | 0.4 | 1.8 | 19.2 |
| B1 | 200 | 9.841 | - | 34.177 | 151 | 7.68 | 2380 | 1.9 | 0.5 | 2.3 | 23.3 |
| B1 | 300 | 8.816 | - | 34.293 | 128 | 7.63 | 2368 | 2.3 | 0.2 | 3.2 | 32.6 |
| B1 | 450 | 6.936 | 33.511 | 34.302 | 213 | 7.87 | 2382 | 1.3 | 0.9 | 0.6 | 3.9 |
| B2 | 0 | 22.000 | - | - | 261 | 8.02 | 2380 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | 1.4 |
| B2 | 10 | 19.933 | - | 33.373 | 262 | 8.02 | 2397 | 0.1 | 0.0 | 0.4 | 1.5 |
| B2 | 20 | 15.201 | - | 33.322 | 246 | 7.89 | 2358 | 4.5 | 0.4 | 1.0 | 2.2 |
| B2 | 40 | 12.733 | 33.382 | 33.364 | 200 | 7.81 | 2373 | 1.5 | 0.0 | 1.4 | 9.3 |
| B2 | 70 | 11.722 | 31.562 | 33.462 | 181 | 7.74 | 2353 | 7.8 | 0.0 | 1.1 | 13.2 |
| B3 | 0 | 23.000 | - | - | 253 | 8.03 | 2507 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 1.4 |
| B3 | 10 | 18.062 | - | 33.347 | 255 | 7.99 | 2399 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 1.8 |
| B3 | 20 | 15.894 | - | 33.296 | 261 | 8.01 | 2380 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 1.4 |
| B3 | 30 | 13.717 | 33.577 | 33.372 | 223 | 7.88 | 2343 | 1.1 | 0.1 | 0.7 | 3.4 |
| B4 | 0 | 20.000 | - | - | 247 | 8.10 | 2486 | - | - | 0.3 | 2.5 |
| B4 | 10 | 17.339 | - | 33.358 | 241 | 8.10 | 2492 | - | - | 0.4 | 4.2 |
| B4 | 20 | 15.979 | - | 33.348 | 267 | 8.08 | 2446 | - | - | 0.4 | 2.3 |
| B4 | 30 | 13.638 | 33.573 | 33.354 | 244 | 7.89 | 2415 | - | - | - | - |
| B4 | 50 | 12.443 | - | 33.410 | 211 | 7.90 | 2413 | 4.3 | 0.1 | 1.0 | 6.0 |
| B4 | 75 | 11.598 | - | 33.489 | 209 | 7.79 | 2560 | 2.3 | 0.1 | 1.6 | 7.8 |
| B4 | 100 | 11.203 | 33.757 | 33.569 | 186 | 7.73 | 2475 | 1.2 | 0.0 | 2.2 | 12.4 |
| B5 | 0 | 19.000 | - | - | 253 | 8.10 | 2507 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 1.0 |
| B5 | 10 | 18.534 | - | 33.338 | 259 | 8.11 | 2503 | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 1.4 |
| B5 | 20 | 15.041 | - | 33.347 | 270 | 8.10 | 2480 | 0.0 | 0.1 | 0.5 | 1.1 |
| B5 | 30 | 13.536 | - | 33.373 | 237 | 7.96 | 2465 | 0.0 | 0.2 | 1.0 | 0.7 |
| B5 | 50 | 12.823 | - | 33.396 | 226 | 7.91 | 2499 | 0.3 | 0.7 | 0.8 | 2.2 |
| B5 | 70 | - | - | - | 199 | 7.81 | 2467 | 2.4 | 0.2 | 1.3 | 9.2 |
| B6 | 0 | 20.000 | - | - | 249 | 8.10 | 2394 | 0.8 | 0.0 | 0.4 | 0.9 |
| B6 | 5 | 20.842 | - | 33.438 | 241 | 8.04 | 2365 | 0.6 | 0.1 | 0.3 | 0.7 |
| B6 | 10 | 20.629 | - | 33.429 | 237 | 8.07 | 2363 | 0.6 | 0.1 | 0.2 | 1.1 |
| B6 | 20 | 15.262 | 33.487 | 33.352 | 237 | 8.00 | 2471 | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|--------|--------|--------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| B7 | 0 | 25.000 | - | - | 202 | 8.14 | 2394 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.3 |
| B7 | 5 | 21.083 | - | 33.443 | 255 | 8.15 | 2433 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 1.5 |
| B7 | 10 | 20.823 | - | 33.483 | 263 | 8.14 | 2694 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 1.3 |
| B7 | 20 | - | 33.491 | - | 260 | 8.01 | 2380 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1.1 |

Tabla QV. Variables analizadas por estación del transecto C.

| Estación | Z (m) | Temp. (°C) | Sal. medida | Sal. CTD | OD (µM) | pH (25 °C) | AT (µM) | NO ₃ ⁻ (µM) | NO ₂ ⁻ (µM) | PO ₄ ³⁻ (µM) | SiO ₄ ⁴⁻ (µM) |
|----------|-------|------------|-------------|----------|---------|------------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| C1 | 0 | 19.000 | - | - | 250 | 8.11 | 2484 | 0.2 | 0.0 | 0.5 | 1.3 |
| C1 | 10 | 18.303 | - | 33.363 | 253 | 8.11 | 2499 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | 1.2 |
| C1 | 20 | 14.181 | - | 33.353 | 223 | 7.99 | 2503 | - | 0.2 | 0.7 | 4.1 |
| C1 | 30 | 13.178 | 33.542 | 33.354 | 237 | 7.96 | 2499 | 0.4 | 0.2 | 0.8 | 3.3 |
| C1 | 50 | 12.292 | - | 33.427 | 215 | 7.90 | 2490 | 1.0 | 0.2 | 1.5 | 5.6 |
| C1 | 75 | 11.511 | - | 33.499 | 204 | 7.87 | 2480 | 1.2 | 0.2 | 1.6 | 9.0 |
| C1 | 100 | 11.045 | - | 33.615 | 195 | 7.80 | 2507 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 13.5 |
| C1 | 200 | 10.025 | 34.309 | 34.114 | 123 | 7.69 | 2526 | 2.4 | 1.2 | 3.0 | 23.2 |
| C2 | 0 | 18.000 | - | - | 260 | 8.10 | 2433 | 0.4 | 0.0 | 0.2 | 0.5 |
| C2 | 10 | 18.398 | - | 33.367 | 267 | 8.03 | 2453 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.7 |
| C2 | 20 | 14.550 | - | 33.319 | 276 | 8.00 | 2455 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 |
| C2 | 30 | 13.993 | - | 33.325 | 255 | 7.97 | 2446 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 5.9 |
| C2 | 50 | 12.913 | - | 33.357 | 235 | 7.90 | 2453 | 0.2 | 0.0 | 0.4 | 3.5 |
| C2 | 75 | 11.888 | - | 33.455 | 213 | 7.82 | 2444 | 2.2 | 0.0 | 0.6 | 4.8 |
| C2 | 100 | - | 33.517 | - | 273 | 8.03 | 2457 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.7 |
| C3 | 0 | 20.893 | - | 33.522 | 169 | 8.12 | 2495 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | 2.7 |
| C3 | 10 | 19.747 | - | 33.351 | 179 | 8.11 | 2512 | 0.6 | 0.1 | 0.3 | 2.0 |
| C3 | 20 | 17.993 | - | 33.336 | 184 | 8.07 | 2497 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 4.3 |
| C3 | 30 | 14.949 | 33.522 | 33.390 | 135 | 7.90 | 2487 | 1.3 | 0.0 | 0.6 | 2.7 |
| C4 | 0 | 20.985 | - | 33.514 | 175 | 8.15 | 2468 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 2.3 |
| C4 | 5 | 20.737 | - | 33.452 | 180 | 8.16 | 2466 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 1.9 |
| C4 | 10 | 17.924 | - | 33.370 | 195 | 8.09 | 2468 | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 3.3 |
| C4 | 20 | 14.496 | 33.514 | 33.336 | 164 | 7.98 | 2485 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 4.7 |
| C5 | 0 | 20.000 | - | - | 177 | 8.14 | 2504 | 0.2 | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| C5 | 5 | 20.872 | - | 33.444 | 177 | 8.14 | 2472 | 0.1 | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| C5 | 10 | 19.975 | 33.655 | 33.418 | 189 | 8.11 | 2447 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.0 |

OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

Distribución y estructura de las comunidades planctónicas de la Bahía Todos Santos, durante el crucero 2017-2.

Responsable: Dra. Mary Carmen Ruiz de la Torre.

Autores: Ruiz-de la Torre, Mary Carmen, Díaz-García, Mariana Alejandra, Romero-González Citlalli

Resumen

Se realizó un muestreo en la Bahía de Todos Santos, Ensenada, Baja California, México, en el Crucero Oceanográfico 2017-2 realizado por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California con la colaboración de la Secretaría de Marina durante tres días los cuales se presentaron el 20, 21 y 22 de septiembre del 2017 a bordo del Buque de la Armada de México " Farías". Con el objetivo de decretar el reparto de los organismos con mayor abundancia correspondiente al mesoplacton y al macroplacton en la Bahía de Todos Santos. Las muestras de zooplancton se obtuvieron a través de redes de arrastre a una velocidad promedio de 3 nudos durante un tiempo de 2 minutos aproximadamente. Se observó que los organismos más abundantes fueron copépodos. Se encontró que las estaciones con mayor concentración de organismos fueron en A3 y B6, cerca de la costa. Debido a las condiciones favorables que se presentaron de los distintos factores físicos (temperatura) y biológicos (abundancia de alimento) habrá mayor producción de zooplancton.

Palabras claves:

Abundancia, Distribución, Zooplancton, Temperatura, Fitoplancton.

Introducción

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos, en su mayoría fotosintéticos que viven suspendidos en la columna de agua por lo que se encuentran a merced de las corrientes que existen en el agua. Esta comunidad tiene una gran importancia ya que son la base de las redes tróficas en el océano además de servir como bioindicadores de la calidad del agua. El fitoplancton se subdivide a su vez de acuerdo a su tamaño en: picoplancton (0.2-2 μm), nanoplacton (2-20 μm), microplancton (20-200 μm) y el mesoplancton (200-2000 μm). Los principales representantes de este grupo son las diatomeas, los dinoflagelados, las cianobacterias, los coccolitofóridos y los silicoflagelados por mencionar algunos ejemplos, podemos encontrarlos en forma solitaria, en agregados, formando colonias, cadenas o filamentos. Su diversidad y abundancia se ven relacionadas directamente con las condiciones del agua donde habitan, esta es una de las razones por la que se usan como bioindicadores. Son muchos los factores que influyen en la diversidad y abundancia del fitoplancton, las condiciones bióticas como la presencia de pastoreadores y abióticas como la temperatura, los nutrientes y los niveles de oxígeno suelen ser las más influyentes (Oliva-Martínez *et al.*, 2014; Mora, 2015).

El zooplancton constituye un eslabón de gran importancia en la cadena trófica, ya que este grupo es la conexión existente entre los productores primarios y los herbívoros de gran tamaño, además de esto los herbívoros ejercen presión sobre el fitoplancton. Dentro de este grupo es posible encontrar todo tipo de consumidores, desde herbívoros hasta carnívoros que se alimentan de otro zooplancton. Dentro de este grupo de organismos podemos encontrar flagelados, ciliados, foraminíferos, radiolarios, copépodos, anfípodos, salpas, tunicados, larvaceos, pterópodos, chaetognatos y ctenóforos (Castro y Huber, 2007).

Objetivo general

- Determinar la relación de condiciones bióticas y abióticas con la estructura y composición de las comunidades de plancton de la bahía Todos Santos.

Objetivos específicos

- Evaluar la composición de la comunidad de zooplancton y fitoplancton de la Bahía de Todos Santos durante la campaña oceanográfica del 21 al 23 de septiembre de 2017.
- Documentar las variables abióticas como temperatura superficial, y el PAR en la Bahía Todos Santos durante la campaña oceanográfica del 21 al 23 de septiembre de 2017.

Área de estudio

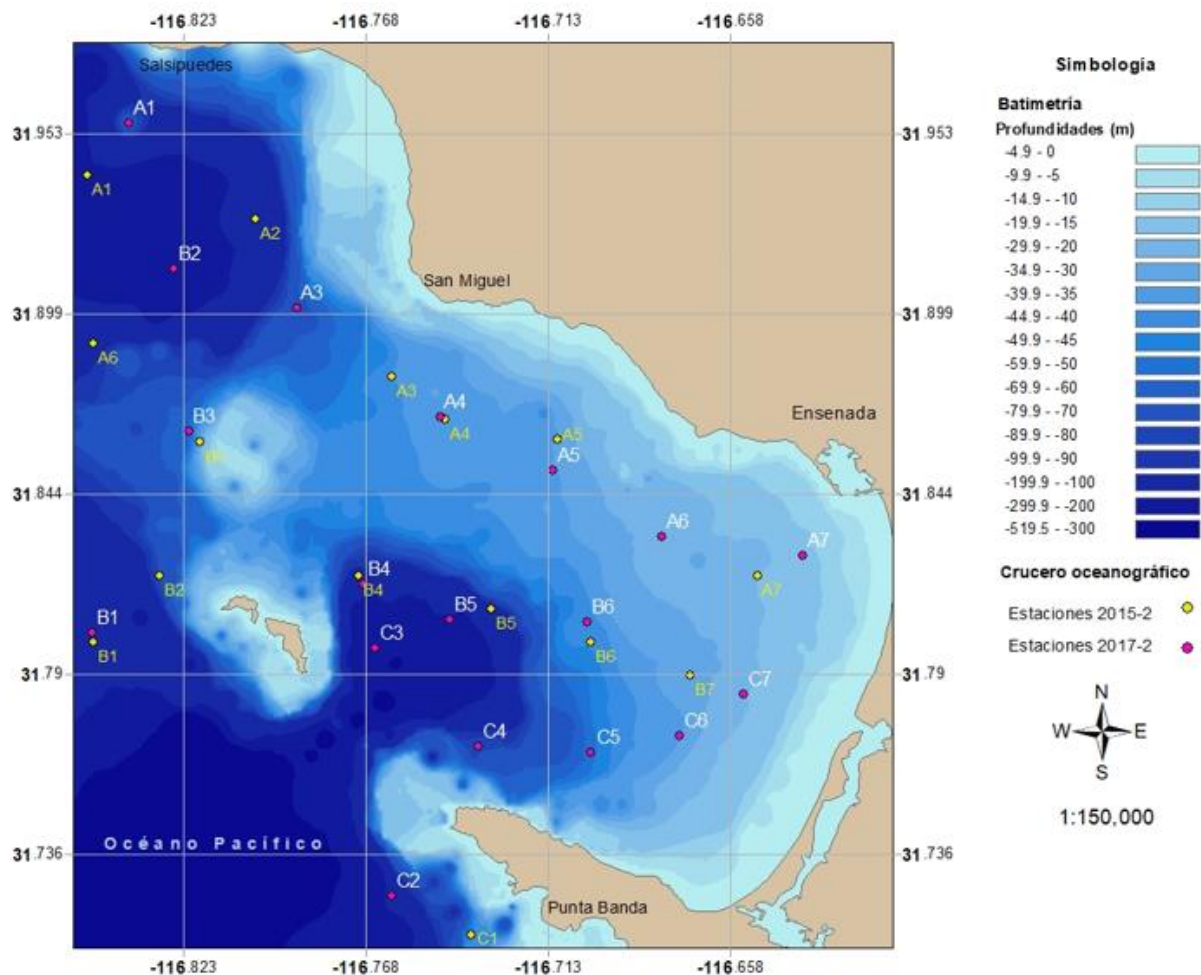


Figura B1. Estaciones de muestreo dentro de Bahía de Todos Santos Ensenada Baja California, México, durante las campañas oceanográficas de los periodos 2015-2 y 2017-2.

Metodología

Trabajo de campo

Se realizó una campaña de muestreo en un crucero oceanográfico de 3 días en el buque Farías de la Secretaría de Marina en la Bahía Todos Santos. Se realizaron un total de 3 transectos (A, B, y C), uno por día con siete estaciones cada uno, en cada estación se llenó una bitácora con los datos del muestreo.

La colecta de muestras para mediciones de la abundancia del fitoplancton (organismos/L) consto de tirar una red de fitoplancton de 30 cm de diámetro con una abertura de 20 μ m, la cual tenía un copo

integrado, con la cual se realizó un arrastre vertical de 10 metros durante un tiempo aproximado de 1 minuto. La red fue recuperada en el menor tiempo posible, una vez dentro del barco la muestra fue recuperada desde el copo pasando por un tamiz, para eliminar el zooplancton, a un frasco debidamente etiquetado con los datos del punto de muestreo, al cual se le agregaron 10 gotas de lugol ácido en un volumen aproximado de 250 ml para fijar la muestra colectada.

En lo que respecta a las muestras para medir la clorofila en el agua se tomaron submuestras de las botellas para colecta de agua de 10 litros Niskin y Van Dorn. Dichas botellas fueron lanzadas desde la embarcación con ayuda de un cabrestante, y aseguradas a un cable hidrográfico de poco más de 450 m de longitud en carrete. Una vez que las botellas se encontraban dentro del barco, se recuperó una fracción de agua de un volumen conocido de aproximadamente 1 litro, esta fracción se filtró a través de un papel filtro del tipo GF/F de fibra de vidrio con 40 mm de diámetro, este filtro fue recuperado y guardado en papel aluminio debidamente etiquetado.

Las muestras de zooplancton (org/m^3) se tomaron con ayuda de una red de zooplancton de 30 centímetros de diámetro con una luz de malla de 300 μm la cual fue lanzada desde la embarcación para realizar un arrastre horizontal a una velocidad constante de 3 nudos durante un tiempo conocido de aproximadamente 2 minutos, la recuperación de la red al finalizar el arrastre se realizó de forma rápida para minimizar los errores. Cuando la red se encontraba dentro de la embarcación, se recuperó la muestra desde el copo hasta un frasco etiquetado al cual se le agregó formol al 10% para fijar la muestra.

Las mediciones de la profundidad a la cual llega el 1% de luz se realizaron de dos formas distintas. La primera de ellas corresponde a la utilización del disco de Secchi, el cual fue lanzado desde la embarcación y bajado lentamente sin perderlo de vista, cuando el disco dejó de ser visible se subió de nuevo un poco hasta volver a observarlo por completo, desde este punto se subió el disco de Secchi contando los metros de cuerda que habían bajado y que correspondían a la profundidad. La segunda forma fue utilizando un sensor de irradiancia de 4π ubicado dentro de un CTD RBR maestro 6Hz. El CTD fue bajado a una profundidad conocida y recuperado con ayuda del cabrestante, este instrumentó registra la irradiancia existente en la columna de agua.

Las variables físicas fueron medidas con un CTD RBR maestro 6Hz, el cual tiene un sensor de fluorescencia (Turner) y un sensor de luz (PAR) y nos permite realizar mediciones de temperatura y un aproximado a la clorofila, este instrumento fue bajado a una profundidad conocida y recuperado con ayuda del cabrestante.

Los datos meteorológicos y las coordenadas geográficas se midieron con los sensores que contaba el buque.

Trabajo de laboratorio

Las muestras tratadas en el laboratorio fueron las de fitoplancton y de zooplancton, el resto de los datos procedió directamente tras su recuperación al gabinete.

Para realizar el análisis de la muestras de fitoplancton se realizaron conteos de aproximadamente 400 organismos por muestra, para esto cada una de las muestras fue observada bajo un microscopio de luz compuesto marca Zeiss modelo Axiostar, por gotas individuales colocadas sobre un portaobjetos limpio con un cubreobjetos encima. Los organismos fueron contados e identificados utilizando una guía de organismos de la bahía.

Con las muestras de zooplancton se realizaron dos procedimientos para cada una de las muestras, el primero para conocer la estructura de la comunidad y el otro para conocer la biomasa. En el primero de ellos las muestras primeramente se cuartearon usando un Folsom, fraccionando y recuperando una de las fracciones para devolver la otra al frasco original, las divisiones realizadas varían en cada una de las muestras ya que se efectuaron hasta que la fracción resultante se considere que contenga entre 400-1000 organismos. Una vez teniendo la fracción se realizó un conteo e identificación de todos los organismos presentes en la fracción recuperada utilizando un microscopio estereoscópico marca Zeiss modelo Stemi DV4. El segundo procedimiento involucra la medición de la biomasa por el método de volumen desplazado, para esto se toda la muestra de zooplancton se pasó por un tamiz para concentrar todos los organismos, estos se recuperaron posteriormente dentro de una probeta cuidando el volumen de agua utilizado, fue necesario esperar un tiempo aproximado de 24 horas para que los organismos sedimentaran, una vez transcurrido el tiempo se midió el volumen de agua sin los organismos, la diferencia de volumen es el volumen desplazado.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizaron una serie de softwares dependiendo de los datos tratados y el resultado final.

Para el caso de los cálculos de abundancia del fitoplancton y zooplancton se utilizó el programa Microsoft Excel 2010. Los cálculos del fitoplancton únicamente involucraron el número total de organismos por estación y por muestreo, aplicando fórmulas para calcular porcentaje de cada una de las especies, es decir:

$$\text{Porcentaje} = \frac{(\text{Número de organismos por especie} * 100)}{\text{Número de organismos total en el muestreo}}$$

En cuanto a la abundancia del zooplancton fue necesario realizar previamente una serie de cálculos empezando por el volumen de agua que paso por la red para esto se aplicó la fórmula:

$$\text{Volumen filtrado} = (\text{Pi}) * (\text{r}^2)(\text{L})$$

Donde L es un parámetro que cambia de acuerdo a la estación muestreada y se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = \text{Velocidad} * \text{Tiempo de arrastre}$$

Posteriormente se calculó la abundancia de cada organismo en metros cúbicos con la fórmula:

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{Individuos del conteo} * \text{Fracción}}{\text{Volumen filtrado}}$$

Para el caso de los mapas, se generó una matriz de datos con las variables fisicoquímicas, los datos geográficos y las abundancias de los organismos para después utilizar el programa Ocean Data View y graficar los datos de interés para este trabajo.

Resultados

De acuerdo al trabajo de Lara- Lara y Matus-Hernández (1997) en la Bahía Todos Santos (BTS) existen una serie de factores que influyen en la distribución y abundancia de los organismos fitoplanctónicos (Fig. B2), algunos de estos factores son condiciones abióticas como las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, la temperatura superficial y la profundidad de la zona fótica, pero otros son bióticos como algunos organismos del zooplancton que pueden actuar como pastoreadores de los organismos fotosintéticos. El pastoreo se considera como la fuente principal de energía a los niveles tróficos más altos, es por esto que la mayor cantidad de organismos del zooplancton suelen asociarse a lugares donde la abundancia de fitoplancton es alto, específicamente el mismo trabajo hace referencia a que en la zona de Bahía Todos Santos los copépodos constituyen uno de los grupos mayoritarios de zooplancton y de pastoreadores y representaron uno de los grupos más abundantes registrando del 68% al 98% en la zona al igual que en nuestros datos donde obtuvimos que estos organismos son los que tienen mayor presencia dentro de la bahía constituyendo cerca del 60% del total de la población de zooplancton (Fig. B3).

En la figura B4 se puede apreciar la clorofila presente en el agua del mar, de acuerdo al texto de Pizarro *et al.* (2005) esta variable mantiene una estrecha relación con la biomasa de fitoplancton ya que este pigmento está presente en los organismo fotosintéticos, es por esta razón que este trabajo considera la clorofila como una variable para estimar la biomasa del fitoplancton. En la figura B4 a es posible observar que la mayor concentración de clorofila se encuentra cerca a la costa contenida totalmente en el interior de la bahía, en la misma figura se observa que las temperaturas más altas se presentan también en la misma zona, a diferencia de los niveles de oxígeno disueltos que aumentan al salir de la bahía y la región PAR que presenta su máximo en la región cercanas a las entradas de la bahía.

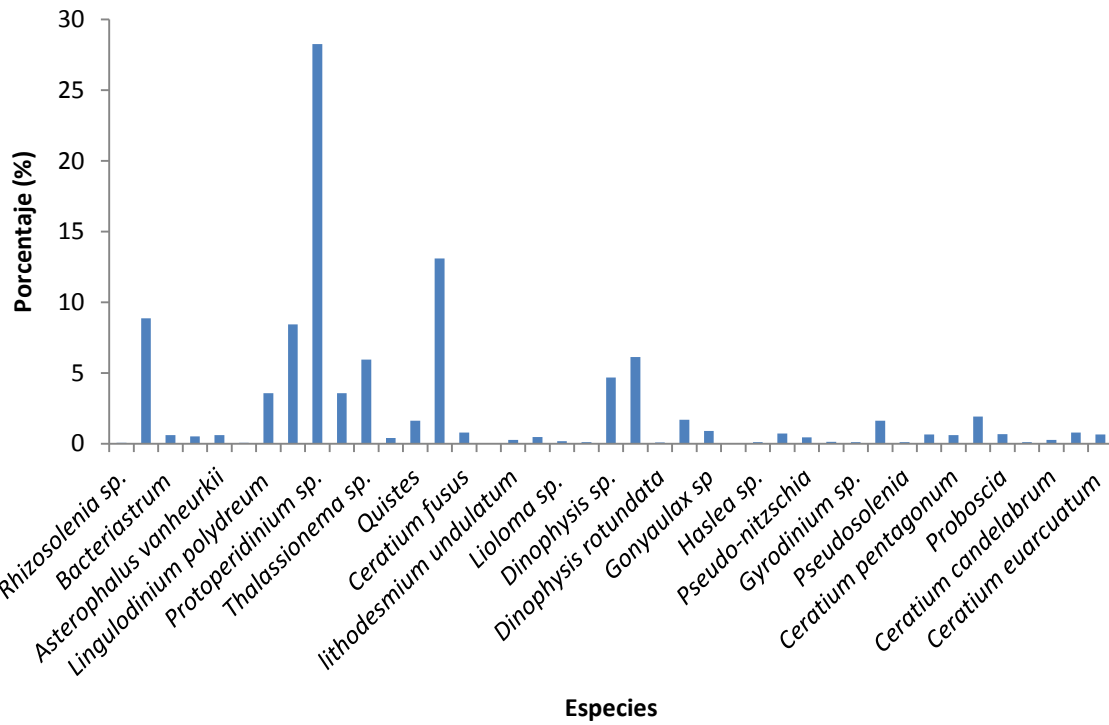


Figura B2. Organismos fitoplanctónicos identificados durante el mes de septiembre de 2017 en la Bahía Todos Santos.

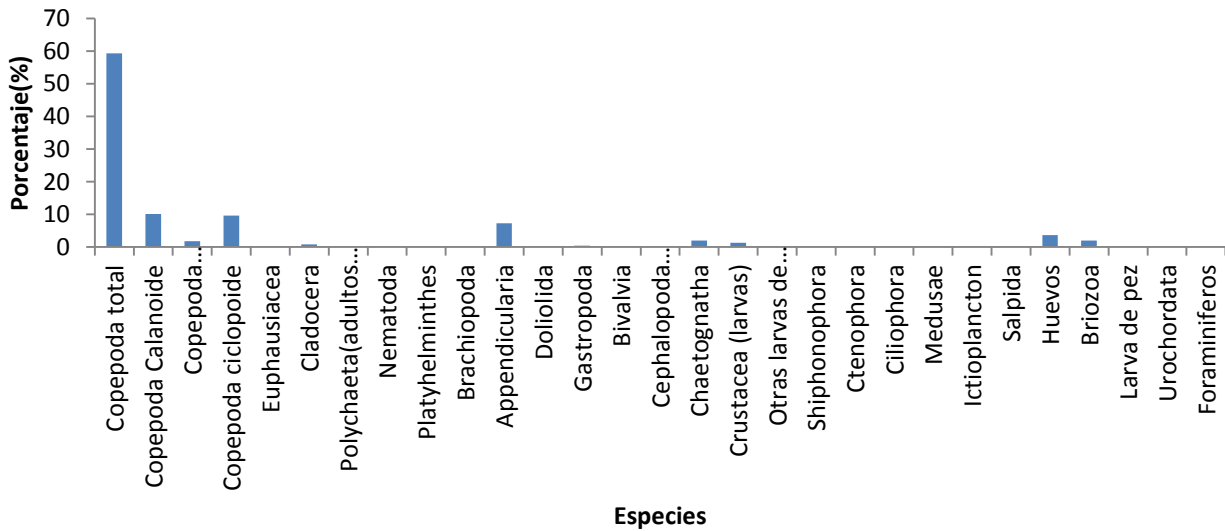


Figura B3. Abundancia de zooplancton en porcentaje identificados durante el mes de septiembre de 2017 en la Bahía Todos Santos.

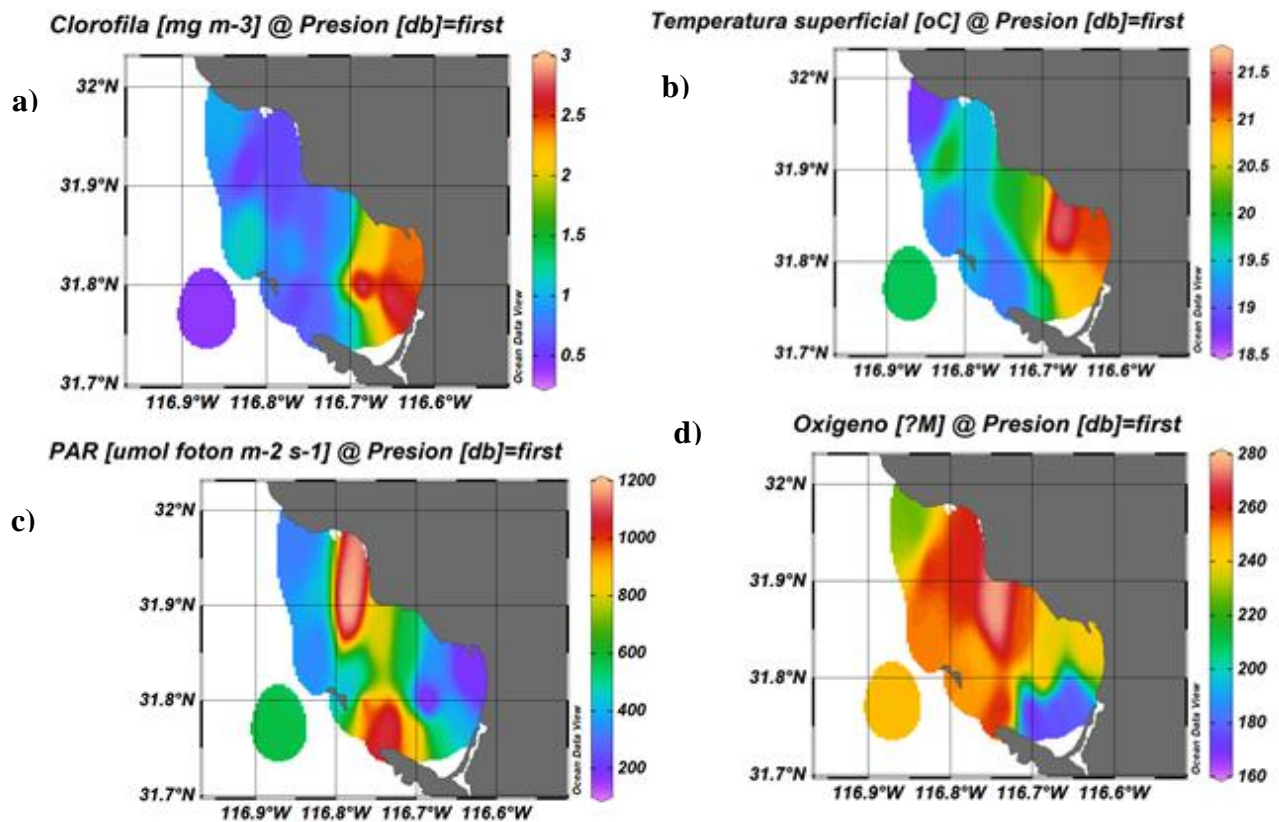


Figura B4. a) Distribución de las concentraciones de clorofila en la Bahía Todos Santos. b, c y d) Variables abióticas que puede limitar las condiciones de crecimiento del fitoplancton y el zooplancton durante la campaña oceanográfica del mes de septiembre de 2017.

En lo que respecta a la abundancia porcentual de fitoplancton podemos observar en la tabla BI que la especie dominante en la Bahía durante esta campaña oceanográfica fue el *Protoperdinium sp.*, representando cerca del 28% del total de los organismos identificados. Para cada una de las estaciones con las que se contaba con datos de conteo se calculó el índice de Shannon para el cual se obtuvieron valores de entre 1.2 hasta 2.5, estos valores muestran una gran variabilidad en cuanto a la diversidad pasando de diversidades muy bajas hasta normales, siendo la menos diversa la estación C7 y la más diversa la B7 (9 especies contra 15 especies).

Tabla BI. Datos por estación de fitoplancton

| Estación | No. de especies | Especie más abundante | No. de individuos | % por estación | Índice de Shannon |
|----------|-----------------|----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| A4 | 15 | <i>Ceratium sp.</i> | 149 | 31.04 | 1.968 |
| A6 | 14 | <i>Chaetoceros sp</i> | 121 | 29.95 | 1.985 |
| A7 | 16 | <i>Thalassionema sp.</i> | 267 | 27.22 | 2.275 |
| B1 | 17 | <i>Protoperidinium sp.</i> | 410 | 47.45 | 1.961 |
| B3 | 22 | <i>Coscinodiscus sp</i> | 271 | 27.02 | 2.253 |
| B5 | 12 | <i>Ceratium sp.</i> | 135 | 31.69 | 1.942 |
| B7 | 15 | <i>Protoperidinium sp.</i> | 67 | 17.58 | 2.525 |
| C5 | 13 | <i>Protoperidinium sp.</i> | 183 | 63.49 | 2.047 |
| C6 | 10 | <i>Protoperidinium sp.</i> | 193 | 36.75 | 1.314 |
| C7 | 9 | <i>Protoperidinium sp.</i> | 236 | 57.56 | 1.283 |

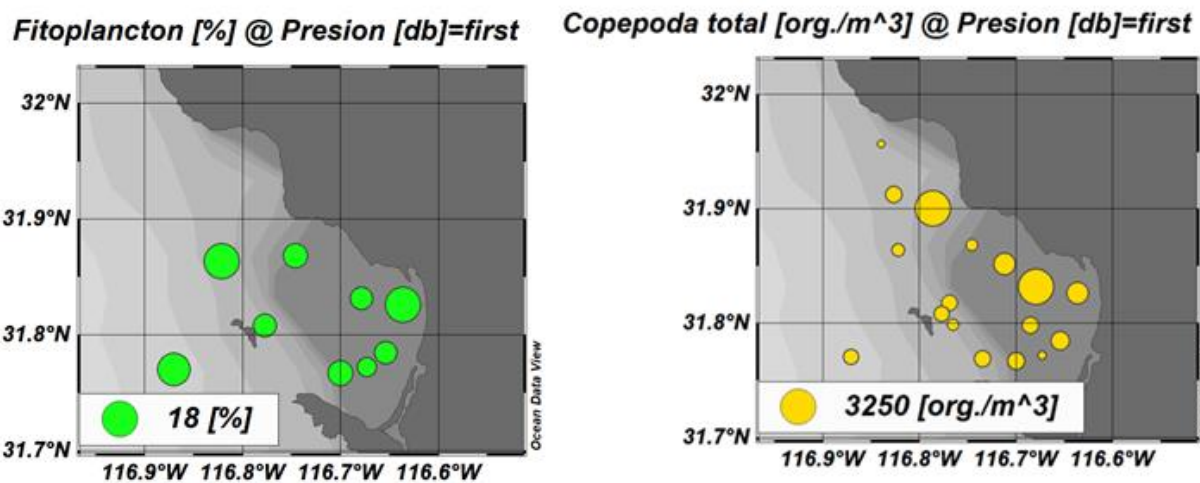


Figura B5: Abundancia en porcentaje de fitoplancton en algunas estaciones del muestreo así como la abundancia de los copépodos en la zona de la Bahía Todos Santos durante la campaña de muestreo.

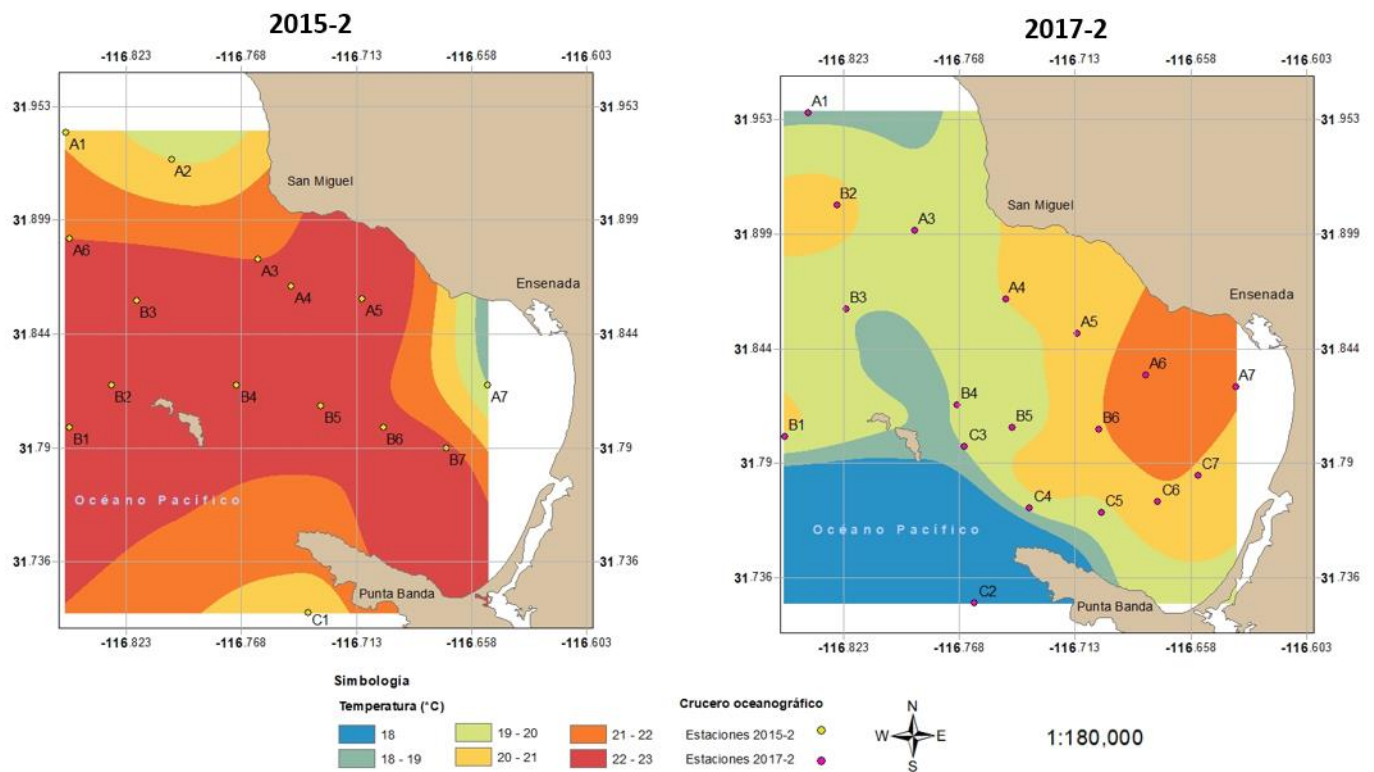


Figura B6. Comparación de variables abióticas entre 2017-2 y 2015-2

Los valores de la temperatura superficial y clorofila por estación representada espacialmente en la figura B2 y B3 están plasmados en la siguiente Tabla BII y BIII.

Tabla BII. Temperatura superficial y clorofila por estación para la campaña oceanográfica 2015-2.

| Estación | Longitud | Latitud | T. Superficial (°C) | Clorofila (mg/m ³) |
|----------|----------|---------|---------------------|--------------------------------|
| A1 | -116.86 | 31.94 | 20.80 | 2.75 |
| A2 | -116.47 | 31.96 | 20.00 | 0.11 |
| A3 | -116.76 | 31.88 | 22.00 | 1.93 |
| A4 | -116.74 | 31.87 | 22.20 | 0.17 |
| A5 | -116.71 | 31.86 | 23.00 | 0.10 |
| A6 | -116.85 | 31.89 | 22.00 | 0.60 |
| A7 | -116.65 | 31.82 | 19.00 | 0.19 |
| B1 | -116.85 | 31.80 | 22.80 | 0.90 |
| B2 | -116.83 | 31.82 | 22.60 | - |
| B3 | -116.48 | 31.51 | 22.77 | 0.33 |
| B4 | -116.77 | 31.82 | 22.58 | 1.40 |
| B5 | -116.73 | 31.81 | 22.50 | 0.12 |
| B6 | -116.70 | 31.80 | 22.30 | 0.64 |
| B7 | -116.67 | 31.79 | 22.20 | - |
| C1 | -116.72 | 31.70 | 20.60 | 2.65 |

Tabla BIII. Temperatura superficial y clorofila por estación para la campaña oceanográfica 2017-2.

| Estación | Longitud | Latitud | T. Superficial (°C) | Clorofila (mg/m ³) |
|----------|----------|---------|---------------------|--------------------------------|
| A1 | -116.84 | 31.96 | 18.71 | 1.01 |
| A3 | -116.79 | 31.90 | 19.41 | 0.60 |
| A4 | -116.75 | 31.87 | 20.00 | 0.68 |
| A5 | -116.71 | 31.85 | 20.28 | 0.88 |
| A6 | -116.68 | 31.83 | 21.56 | 2.03 |
| A7 | -116.64 | 31.83 | 21.13 | 2.42 |
| B1 | -116.85 | 31.80 | 19.86 | 0.40 |
| B2 | -116.83 | 31.91 | 20.20 | 0.41 |
| B3 | -116.82 | 31.86 | 19.09 | 1.21 |
| B4 | -116.77 | 31.82 | 19.06 | 1.07 |
| B5 | -116.74 | 31.52 | 19.61 | 0.75 |
| B6 | -116.68 | 31.62 | 20.88 | 2.83 |
| C3 | -116.77 | 31.80 | 19.04 | 0.48 |
| C4 | -116.73 | 31.77 | 19.16 | 0.72 |
| C5 | -116.70 | 31.77 | 19.76 | 1.00 |
| C6 | -116.67 | 31.77 | 20.74 | 1.99 |
| C7 | -116.65 | 31.78 | 20.89 | 2.74 |

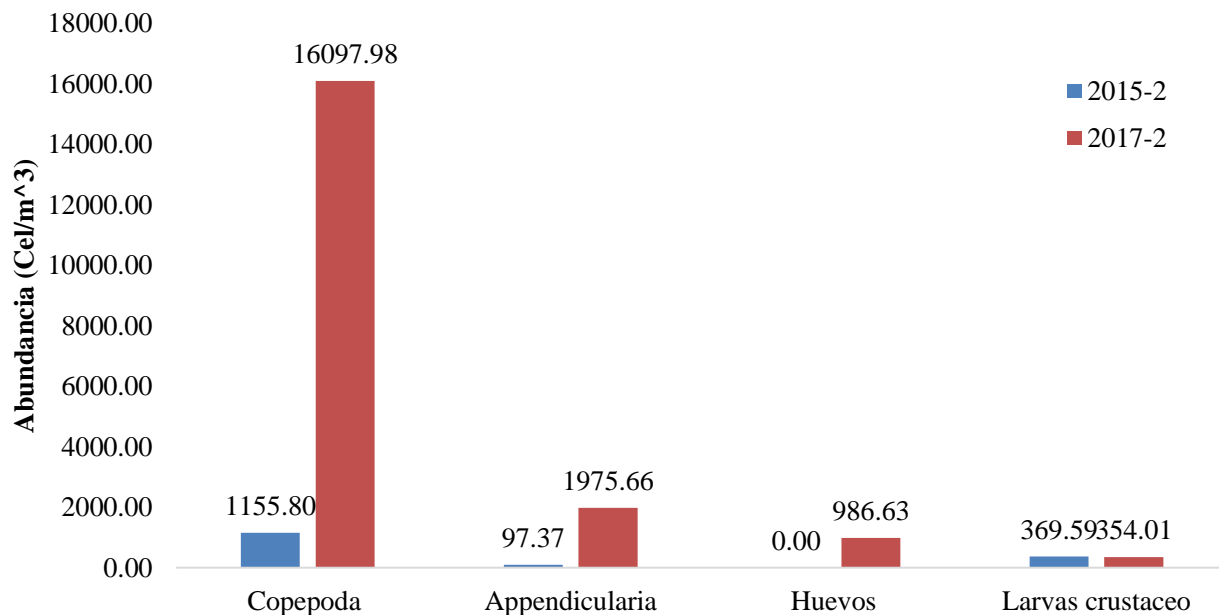


Figura B7. Histograma de frecuencias de los tres grupos funcionales de zooplancton más abundantes encontrados en las muestras colectadas durante la campaña oceanográfica 2015-2 y 2017-2 dentro de la Bahía de Todos Santos.

En la figura B7 se representa la abundancia en células/m³ de los 3 grupos funcionales más representativos de las campañas oceanográficas 2015-2 y 2017-2 en las cuales coinciden el grupo Copépoda y Appendicularia. El tercer grupo más representativo en el caso de 2015-2 fueron las larvas de crustáceo y para 2017-2 los huevos. Se puede observar una mayor abundancia de la mayoría de los grupos funcionales para el periodo 2017-2 excepto por una ligera diferencia en las larvas de crustáceo registradas. Los valores por estación están representados en la tabla BIV y BV.

Tabla BIV. Tres grupos funcionales de zooplancton más abundantes encontrados en las muestras colectadas durante la campaña oceanográfica 2015-2 por estación.

| Estación | Longitud | Latitud | Copépoda (cel/m ³) | Appendicularia (cel/m ³) | Larvas de crustaceo (cel/m ³) |
|----------|----------|---------|--------------------------------|--------------------------------------|---|
| A1 | -116.86 | 31.94 | 34.85 | 1.71 | 12.18 |
| A2 | -116.47 | 31.96 | 34.49 | 2.19 | 44.60 |
| A3 | -116.76 | 31.88 | 131.61 | 1.46 | 19.00 |
| A4 | -116.74 | 31.87 | 38.26 | 0.98 | 3.12 |
| A5 | -116.71 | 31.86 | 42.16 | 3.78 | 9.47 |
| A6 | -116.85 | 31.89 | 88.96 | 24.36 | 4.14 |
| A7 | -116.65 | 31.82 | 121.87 | 7.31 | 0.48 |
| B1 | -116.85 | 31.80 | 6.95 | 0.30 | 0.18 |
| B2 | -116.83 | 31.82 | 21.39 | 2.68 | 6.15 |
| B3 | -116.48 | 31.51 | 73.12 | 1.22 | 26.32 |
| B4 | -116.77 | 31.82 | 55.69 | 8.04 | 10.25 |
| B5 | -116.73 | 31.81 | 86.76 | 1.22 | 4.38 |
| B6 | -116.70 | 31.80 | 61.96 | 0.55 | 80.29 |
| B7 | -116.67 | 31.79 | 170.07 | 31.34 | 45.71 |
| C1 | -116.72 | 31.70 | 187.66 | 10.24 | 103.33 |

Tabla BV. Tres grupos funcionales de zooplancton más abundantes encontrados en las muestras colectadas durante la campaña oceanográfica 2017-2 por estación.

| Estación | Longitud | Latitud | Copépoda (cel/m ³) | Appendicularia (cel/m ³) | Huevos (cel/m ³) |
|----------|----------|---------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| A1 | -116.84 | 31.96 | 167.09 | 7.74 | 16.98 |
| A3 | -116.79 | 31.90 | 3226.21 | 853.02 | 147.73 |
| A4 | -116.75 | 31.87 | 358.31 | 4.84 | 11.84 |
| A5 | -116.71 | 31.85 | 1230.14 | 24.44 | 347.05 |
| A6 | -116.68 | 31.83 | 3193.34 | 0.00 | 12.21 |
| A7 | -116.64 | 31.83 | 1169.07 | 0.00 | 98.67 |
| B1 | -116.85 | 31.80 | 600.76 | 226.74 | 0.61 |
| B2 | -116.83 | 31.91 | 716.34 | 186.87 | 29.92 |
| B3 | -116.82 | 31.86 | 427.81 | 38.50 | 9.17 |
| B4 | -116.77 | 31.82 | 640.00 | 21.98 | 63.51 |
| B5 | -116.74 | 31.52 | 602.85 | 57.03 | 28.51 |
| B6 | -116.68 | 31.62 | 729.16 | 135.57 | 12.21 |
| C2 | -116.76 | 31.72 | 170.50 | 32.08 | 96.25 |
| C3 | -116.77 | 31.80 | 337.28 | 140.53 | 50.10 |
| C4 | -116.73 | 31.77 | 693.74 | 149.01 | 28.09 |
| C5 | -116.70 | 31.77 | 752.10 | 40.76 | 1.02 |
| C6 | -116.67 | 31.77 | 182.51 | 8.37 | 32.76 |
| C7 | -116.65 | 31.78 | 900.78 | 48.16 | 0.00 |

Los datos de abundancia de las Tablas BIV y BV están georreferenciados en las figuras B8, B9 y B10.

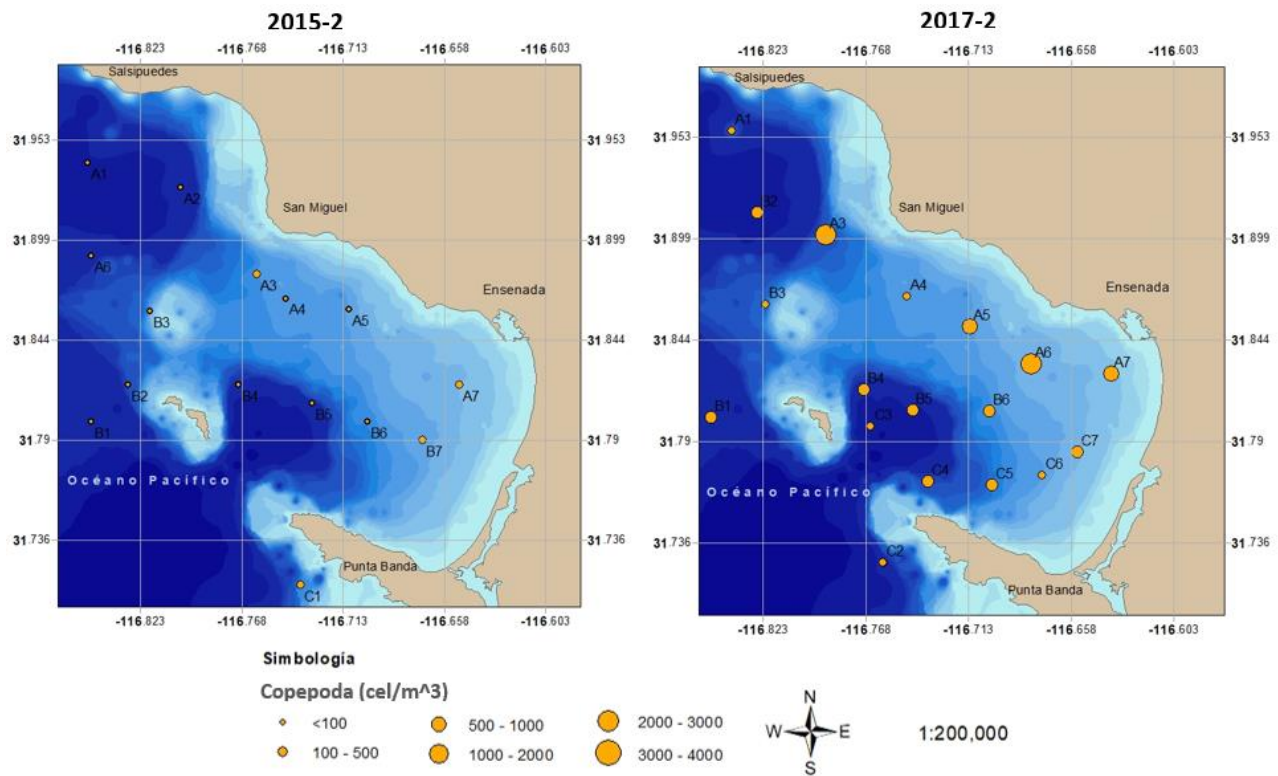


Figura B8. Comparación de la abundancia en cel/m³ y distribución espacial del grupo funcional de zooplancton Copépoda en BTS durante las campañas oceanográficas 2015-2 y 2017-2.

En la figura B8 se representa la abundancia en cel/m³ de Copépoda en las campañas oceanográficas 2015-2 y 2017-2, donde al igual que en el histograma de la figura B7 podemos notar que este grupo funcional del zooplancton tuvo mayor presencia en el periodo 2017-2 con entre 500-4000 cel/m³ en la mayoría de sus estaciones mientras que en el periodo 2015-2 apenas alcanzan las 500 cel/m³, las zonas con mayor abundancia de estos organismos coincide en los dos periodos con las estaciones cercanas a la costa entre San Miguel y Punta Banda.

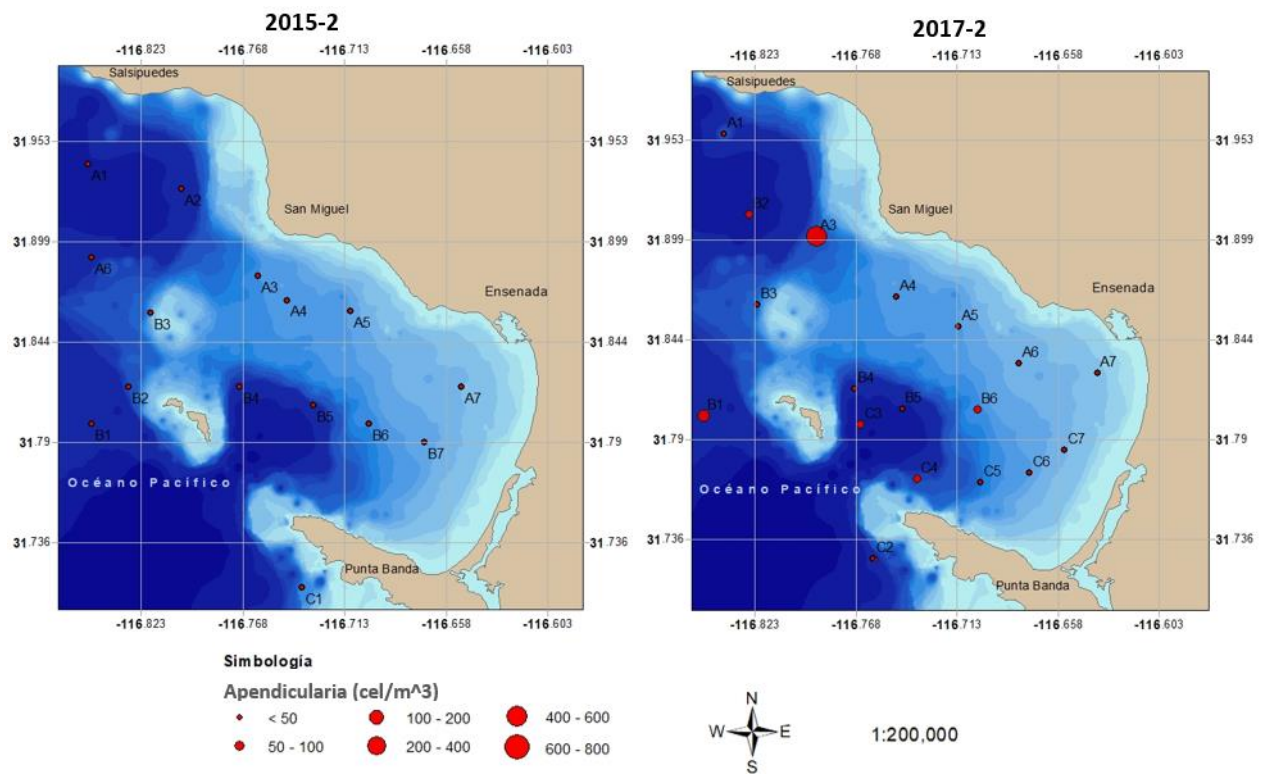


Figura B9. Comparación de la abundancia en cel/m³ y distribución espacial del grupo funcional de zooplancton Appendicularia en la BTS durante las campañas oceanográficas 2015-2 y 2017-2.

En la figura B9 se representa la abundancia en cel/m³ de Appendicularia en las campañas oceanográficas 2015-2 y 2017-2, donde al igual que en el histograma de la figura B7 podemos notar que este grupo funcional del zooplancton tuvo mayor presencia en el periodo 2017-2 con entre 100-800 cel/m³ en la mayoría de sus estaciones mientras que en el periodo 2015-2 apenas alcanzan las 100 cel/m³, la zona con mayor abundancia para el periodo 2017-2 fue la muestreada frente a San Miguel y en la parte posterior a la isla.

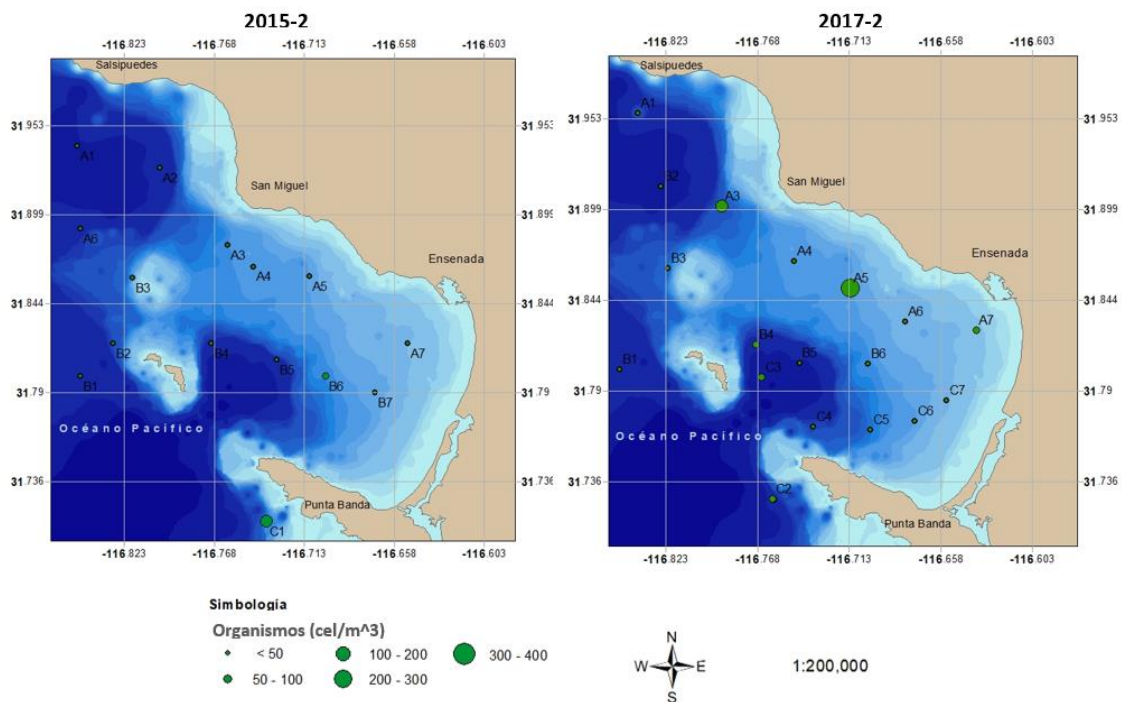


Figura B10. Comparación de la abundancia en cel/m^3 y distribución espacial de los grupos funcionales de zooplancton larvas de crustáceos y huevos en la Bahía de Todos Santos durante las campañas oceanográficas 2015-2 y 2017-2.

En la figura B10 se representan la abundancia en cel/m^3 de Larvas de crustáceo para el periodo 2015-2 y huevos para el periodo 2017-2, donde se puede observar que para el periodo 2015-2 la estación con mayor abundancia de larvas de crustáceo fue C1 frente a Punta banda del lado externo de la bahía, y para el periodo 2017-2 la estación A5 entre San Miguel y el puerto de Ensenada presento la mayor abundancia de huevos.

Tabla BVI. Especies con potencial nocivo identificadas por estación durante el crucero en la Bahía Todos Santos 2017-2.

| Estación | Especie | No. de individuos | % por estación | Estación | Especie | No. de individuos | % por estación |
|----------|--------------------------------|-------------------|----------------|----------|--------------------------------|-------------------|----------------|
| A4 | <i>Ceratium sp.</i> | 149 | 31.04 | B5 | <i>Dinophysis sp.</i> | 40 | 9.39 |
| A4 | <i>Dinophysis sp</i> | 66 | 13.75 | B5 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 35 | 8.22 |
| A4 | <i>Pseudonitzschia</i> | 5 | 1.04 | B7 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 15 | 3.94 |
| A6 | <i>Ceratium sp.</i> | 35 | 8.66 | B7 | <i>Dinophysis sp.</i> | 17 | 4.46 |
| A6 | <i>Dinophysis sp</i> | 31 | 7.67 | B7 | <i>Ceratium furca</i> | 22 | 5.77 |
| A6 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 10 | 2.47 | C5 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 29 | 5.82 |
| A7 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 22 | 2.24 | C5 | <i>Ceratium sp.</i> | 85 | 17.07 |
| A7 | <i>Ceratium sp.</i> | 70 | 7.14 | C5 | <i>Dinophysis caudata</i> | 33 | 6.63 |
| A7 | <i>Dinophysis sp</i> | 116 | 11.82 | C5 | <i>Ceratium furca</i> | 24 | 4.82 |
| A7 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 10 | 1.02 | C6 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 38 | 12.50 |
| B1 | <i>Ceratium sp.</i> | 57 | 6.60 | C6 | <i>Protopteridinium sp.</i> | 193 | 63.49 |
| B1 | <i>Dinophysis sp.</i> | 79 | 9.14 | C6 | <i>Ceratium sp.</i> | 30 | 9.87 |
| B1 | <i>Dinophysis caudata</i> | 80 | 9.26 | C6 | <i>Gymnodinium catenatum</i> | 3 | 0.99 |
| B1 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 8 | 0.93 | C6 | <i>Dinophysis sp.</i> | 5 | 1.64 |
| B1 | <i>Pseudo-nitzschia</i> | 21 | 2.43 | C6 | <i>Dinophysis caudata</i> | 13 | 4.28 |
| B3 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 23 | 2.29 | C6 | <i>Dinophysis rotundata</i> | 4 | 1.32 |
| B3 | <i>Ceratium sp.</i> | 148 | 14.76 | C6 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 6 | 1.97 |
| B3 | <i>Gymnodinium catenatum</i> | 4 | 0.40 | C7 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 65 | 15.85 |
| B3 | <i>Dinophysis sp.</i> | 97 | 9.67 | C7 | <i>Ceratium sp.</i> | 44 | 10.73 |
| B3 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 13 | 1.30 | C7 | <i>Dinophysis caudata</i> | 45 | 10.98 |
| B5 | <i>Lingulodinium polydreum</i> | 13 | 3.05 | C7 | <i>Dinophysis rotundata</i> | 1 | 0.24 |
| B5 | <i>Ceratium sp.</i> | 135 | 31.69 | C7 | <i>Prorocentrum sp.</i> | 15 | 3.66 |

Conclusiones

- 1.- Se identificaron un total de 21 organismos fitoplanctónicos de los cuales el más abundante fue *Protoperidinium sp.*
- 2.- Se identificaron un total de 29 grupos de organismos dentro del zooplancton de los cuales los copéodos fueron el grupo más abundante.
- 3.- Se identificaron un total de nueve especies nocivas de las cuales *Ceratium sp.* y *Dinophysis caudata* fueron las más abundantes.
4. Se observó un cambio de 2 °C entre la temperatura superficial promedio del periodo 2015-2 y el periodo 2017-2 que parece asociarse al cambio de condiciones anómalas relacionadas con el fenómeno del niño a condiciones normales de esta variable.
5. En el periodo 2017-2 se observa una abundancia en cel/m³ de 2 de los 3 grupos funcionales más representativos de ambas campañas oceanográficas en las cuales coinciden el grupo Copépoda y Appendicularia, el tercer grupo más representativo en el caso de 2015-2 fueron las larvas de crustáceo y para 2017-2 los huevos.

Referencias

- Aguilar-Rosas, R., Aguilar-Rosas, L., Ávila, G., Gonzáles, O. y Becerril, F. (2010) Macroalgas submareales de la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Revista mexicana de biodiversidad*. Vol. 81 no. 3 México. Dic. 2010
- Band-Schmidt, C. J., Bustillos-Guzmán, J. J., López-Cortés, D. J., Núñez-Vázquez, E., y Hernández-Sandoval, F. E. (2011). El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica*, 21(3), 381-413. Recuperado en 26 de noviembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000300013&lng=es&tlng=es.
- Castro, P. y Huber, M. (2007) *Biología Marina*. Sexta edición. McGraw-Hill/interamericana de España, S. A. U. España. 233-241 pp.
- Cruz-Aguirre, R.U. (2016) *Los florecimientos algales nocivos en Baja California: estado del conocimiento*. Recuperado de: <http://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?n=750>
- Gobierno del estado de Baja California (s.f.) *Principales sectores, productivos y servicios*. Recuperado de: http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/ensenada/sectores.jsp
- Hernández-Trujillo, S., Zárate-Villafranco, A., Pacheco-Chávez, R., Esqueda-Escárcega, G., Hernández-Alfonso, J. R., y Aceves-Medina, G. (2007). Pastoreo del mesozooplankton sobre el fitoplancton en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Hidrobiológica*, 17(3), 225-231. Recuperado en 27 de noviembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972007000300005&lng=es&tlng=es.
- Jiménez-Pérez, L. C., Cortés-Lara, Ma. C. y Cupul-Magaña, A. L. (2013). Parches del zooplankton asociados con dos florecimientos algales nocivos en Bahía de Banderas. *Hidrobiológica*, 23(2), 176-186. Recuperado en 26 de noviembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972013000200006&lng=es&tlng=es.
- Lara-Lara, J. y Matus-Hernández, M. (1997) Tasas diarias de pastoreo del macrozooplankton en la costa de Baja California. *Ciencias Marinas*, 23(1), 71-81. Recuperado en 27 de noviembre de 2017 de: <http://www.redalyc.org/html/480/48023104/>
- Mexican Blue Fin, S.A. de C.V. (s.f.) *Manifestación de impacto ambiental modalidad particular*. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2005/02BC2005P0004.pdf>
- Mora, E. (2015) Composición del fitoplancton y relaciones especies-área de cinco sistemas lacustres en los tuxtlas, Ver., Méxio. Universidad Veracruzana Centro de Investigaciones Tropicales. 4-7 pp. Versión online recuperado el 6 de septiembre de 2017 de: <https://www.uv.mx/det/files/2012/06/MoraHerediaEnrique-Abril2015.pdf>
- Oliva-Martinez, M., Godínez-Ortega, J. y Zuñiga-Ramos, C. (2014) Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85:S54-S61



Agradecimiento a la

Secretaría de Marina-Armada de México, y en particular al Vicealmirante, Rommel Eduardo Ledezma Abaroa, Comandante de la Segunda Región Naval en Ensenada.

Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada y en Particular al Capitán Rene Navarro, Jefe de la Estación.

Tripulación del Buque Farías.

Alumnos participantes:

| MIÉRCOLES 20 | | | JUEVES 21 | | | VIERNES 22 | | |
|--------------|------|------------------------------------|-----------|------|-------------------------------------|------------|------|----------------------------------|
| 1 | IOC | ARBALLO GUERRERO SEBASTIAN | 1 | IOC | ARCE LUGO ABRIL | 1 | OB1 | CRUZ RAMIREZ VICTORIA |
| 2 | IOC | BARRERAS HERNANDEZ VANIA VIRIDIANA | 2 | IOC | CAMPOS OLETA GIBRAN | 2 | OB1 | MACIAS IÑIGUEZ ISABELA |
| 3 | IOC | BORREGO WIDO MARIA FERNANDA | 3 | IOC | CASTRO GARCIA DIEGO | 3 | OB1 | NEVAREZ FLORES EVERLY |
| 4 | IOC | CAMACHO SANCHEZ ENRIQUE MANUEL | 4 | IOC | CAZARES HERNANDEZ ADAIR | 4 | OB1 | OYOLA SALVADO WENDY BARBARA |
| 5 | IOC | CHACON RAMIREZ JUAN MISDRAIM | 5 | IOC | DEVORA VELAZQUEZ ERIK | 5 | OB1 | PAREDES HERNANDEZ JONATHAN DAVID |
| 6 | IOC | ENCISO MARRON JESSLIB | 6 | IOC | HERNANDEZ HIRALES CARLOS JOSUE | 6 | OB1 | PEREZ TINOCO FRIDA PAOLA |
| 7 | IOC | ENRIQUEZ CASAS MARTHA JEANETH | 7 | IOC | MARQUEZ CASTRO JOSAFAT ISRAEL | 7 | OB1 | RAMIREZ ARZALUZ LUIS ROBERTO |
| 8 | IOC | MENDEZ VILLALOBOS DIANA LETICIA | 8 | IOC | OLIVARES SOTO ROGELIO | 8 | OB1 | RAMOS CARDIEL IVONNE ALEJANDRA |
| 9 | IOC | MINGUELA DUARTE CRISTIAN DAVID | 9 | IOC | PEÑA COLIN MARIA PAOLA | 9 | OB1 | RODRIGUEZ ESCOBAR DIANA LAURA |
| 10 | IOC | QUIÑONEZ VALDIVIA ANGEL MIGUEL | 10 | IOC | REYES GARCIA NAOMI CITLALLI | 10 | OB1 | ROMERO GONZALEZ CITLALLI |
| 11 | IOC | RAZO JIMENEZ ANDRES | 11 | IOC | MONTES CHAVEZ BRANDON ALFONSO | 11 | OBII | CHAVEZ MENDEZ NUT VALERIA |
| 12 | IOC | VALENZUELA OJEDA JUAN MIGUEL | 12 | OB1 | DIAZ GARCIA MARIANA ALEJANDRA | 12 | OBII | DURANTE BARAJAS GIOVANNI |
| 13 | IOC | VEZ BLANDON LIZETH ADARELY | 13 | OB1 | DOMINGUEZ SEVILLA JESUS JORDAN | 13 | OBII | FIMBRES MENDEZ ANNA |
| 14 | OB1 | ACOSTA SOLIS GONZALO | 14 | OB1 | EZETA KERRIOU ANDRE | 14 | OBII | GOMEZ GONZALEZ DAISY MICHEL |
| 15 | OB1 | ANDRADE HERNANDEZ SELENE ESTEFANI | 15 | OB1 | HERNANDEZ SENTENO LUIS ISAI | 15 | OBII | VILLANUEVA TORRES JORGE MARIANO |
| 16 | OB1 | ARIAS MARTINEZ NOE | 16 | OB1 | VILLEGAS VILLAVICENCIO HANS MANUEL | 16 | OBII | RAMIREZ RODRIGUEZ JULIAN |
| 17 | OB1 | CASTILLO SANABRIA FERNANDO | 17 | OBII | ALVAREZ ALVAREZ ANGELES LEAH | 17 | OCF | ALVAREZ ALVAREZ ANGELES LEAH |
| 18 | OB1 | RUIZ ARVIZU MARIANA | 18 | OBII | ARANA ORTEGA JORGE ENRIQUE | 18 | OCF | ZOLORZANO FIMBRES ABRAHAM |
| 19 | OB1 | SALDAÑA TERRIQUEZ SAMANTHA | 19 | OBII | DE LA CRUZ GONZALEZ ELIOT E. | 19 | OCF | CRUZ PEREZ ALEJANDRA |
| 20 | OB1 | SANCHEZ COBARRUBIAS GENESIS VEREN | 20 | OBII | CRUZ PEREZ ALEJANDRA | 20 | OCG | DIAZ GARCIA MARIANA ALEJANDRA |
| 21 | OBII | ALCALA VALENZUELA KIMBERLY DALY | 21 | OBII | SANCHEZ BARCENA ROGELIO | 21 | OCG | DOMINGUEZ SEVILLA JESUS JORDAN |
| 22 | OBII | MURILLO ROMAN LUZ EDITH | 22 | OBII | ZOLORZANO FIMBRES ABRAHAM | 22 | OCG | EZETA KERRIOU ANDRE |
| 23 | OBII | ROJAS ROSAS EDDIE JESUS | 23 | OCF | MURILLO ROMAN LUZ EDITH | 23 | OCG | HERNANDEZ SENTENO LUIS ISAI |
| 24 | OBII | LANDIN ESPINOZA JESSICA | 24 | OCF | ROMERO ALDUENDA MADELEIN | 24 | OCG | JUAREZ AGREDA MAYRA VIANEY |
| 25 | OCF | CARDONA BAZAN ANAYANSI | 25 | OCF | SANCHEZ COBARRUBIAS GENESIS VERENIC | 25 | OCG | RUIZ ARVIZU MARIANA |
| 26 | OCF | GOMEZ GONZALEZ DAISY MICHEL | 26 | OCF | CARDENAS MANRIQUE KARINA | 26 | OCQ | ASHIDA HERNANDEZ EDUARDO |
| 27 | OCF | MIRO GARCIA NEREA | 27 | OCF | GUZMAN HERNANDEZ MARIA ESTER | 27 | OCQ | CHAVEZ MENDEZ NUT VALERIA |
| 28 | OCF | SANCHEZ BARCENA ROGELIO | 28 | OCG | ACOSTA SOLIS GONZALO | 28 | OCQ | MIRO GARCIA NEREA |
| 29 | OCF | GUZMAN HERNANDEZ MARIA ESTER | 29 | OCG | ALCALA VALENZUELA KIMBERLY DALY | 29 | OCQ | MURILLO ROMAN LUZ EDITH |
| 30 | OCG | NEVAREZ FLORES EVERLY | 30 | OCG | ANDRADE HERNANDEZ SELENE ESTEFANIA | 30 | OCQ | PEREZ AVIÑA VICTOR OMAR |
| 31 | OCG | PEREZ TINOCO FRIDA PAOLA | 31 | OCG | ARIAS MARTINEZ NOE | 31 | OCQ | SANCHEZ BARCENA ROGELIO |
| 32 | OCG | RAMOS CARDIEL IVONNE ALEJANDRA | 32 | OCG | ARMADA TAPIA SOFIA | 32 | OCQ | VIÑAS VELAZQUEZ CARLOS JAVIER |
| 33 | OCG | RODRIGUEZ ESCOBAR DIANA LAURA | 33 | OCG | CRUZ RAMIREZ VICTORIA | 33 | OMM | URIBE LOPEZ ALICIA GUADALUPE |
| 34 | OCG | ROMERO GONZALEZ CITLALLI | 34 | OCG | LANDIN ESPINOZA JESSICA | | | |
| 35 | OCQ | ALVAREZ ALVAREZ ANGELES LEAH | 35 | OCG | MACIAS IÑIGUEZ ISABELA | | | |
| 36 | OCQ | ARANA ORTEGA JORGE ENRIQUE | 36 | OCG | RAMOS MENDOZA SARAHI | | | |
| 37 | OCQ | ASHIDA HERNANDEZ EDUARDO | 37 | OCQ | ASHIDA HERNANDEZ EDUARDO | | | |
| 38 | OCQ | BENNETT CARREÑO ABRAHAM | 38 | OCQ | BENNETT CARREÑO ABRAHAM | | | |
| 39 | OCQ | CRUZ PEREZ ALEJANDRA | 39 | OCQ | DURANTE BARAJAS GIOVANNI | | | |
| 40 | OCQ | DE LA CRUZ GONZALEZ ELIOT E. | 40 | OCQ | FIMBRES MENDEZ ANNA | | | |
| 41 | OCQ | VIÑAS VELAZQUEZ CARLOS JAVIER | 41 | OCQ | GOMEZ GONZALEZ DAISY MICHEL | | | |
| 42 | OCQ | ZOLORZANO FIMBRES ABRAHAM | 42 | OCQ | PEREZ AVIÑA VICTOR OMAR | | | |
| 43 | POS | BAUER JEREMIE LOIS NATHAN | 43 | OCQ | VIÑAS VELAZQUEZ CARLOS JAVIER | | | |
| 44 | POS | GONZALEZ MENA ABRAHAM | 44 | OMM | FUENTES ALDANA ORLANDO | | | |
| | | | 45 | POS | REVILLA LOVANO STEPHANIE | | | |
| | | | 46 | POS | VIZCARRA FERNANDEZ MARTIN FRANCISCO | | | |
| | | | 47 | POS | ZUMAYA BASURTO LINDA JOVANA | | | |

Dr. Juan Guillermo Vaca Rodríguez
Director FCM

Dr. Víctor Antonio Zavala Hamz
Subdirector, FCM



Cita: Bustos-Serrano H., Castro-Valdez R., Ruiz de la Torre M.C., Lugo-Ibarra K.C., Mejía-Piña K.G., Ashida-Hernández E., Canino-Herrera S.R., Sánchez-González A., Larios-Castillo S.I., Bennett-Carreño A., Díaz-García M.A., Romero-González C., Spelz-Madero R.M., Morales-Chávez R., Herrera-Gutiérrez A.R., Santa Rosa del Río M.A., Yarbuh-Lugo I.U., Guardado-France R., Martínez-Alcalá A., Durante-Barajas G., Zavala-Hamz V.A. y J.G. Vaca-Rodríguez (2018). **REPORTE TÉCNICO DEL CRUCERO OCEANOGRÁFICO BTS 2017-2.** Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California. 81pp.