

EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA SEDIMENTO E INFAUNA BENTONICA, EN SAN QUINTIN DURANTE EPOCA DE MAREAS MUERTAS, ABRIL DE 2017.



Elaborado por: Oc. Denice Alejandra Naranjo Ortiz.

M. C. Alfredo Frías Velasco

M. C. Sergio Raúl Canino Herrera.



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
INTRODUCCIÓN.	5
ÁREA DE ESTUDIO.	5
METODOLOGÍA.	6
MÉTODOS DE MUESTREO.	6
MÉTODOS DE ANÁLISIS.	9
<i>Calidad de agua.</i>	9
<i>Métodos analíticos para muestras de sedimento.</i>	10
<i>Evaluación de la biodiversidad bentónica.</i>	12
RESULTADOS	13
CALIDAD DEL AGUA.	13
<i>Salinidad.</i>	13
<i>pH</i>	13
<i>Oxígeno</i>	16
<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).</i>	16
<i>Demanda Química de oxígeno (DQO).</i>	19
<i>Amonio.</i>	19
<i>Nitritos</i>	22
<i>Nitratos</i>	22
<i>Fosfatos</i>	25
<i>Sulfuros</i>	25
<i>Hierro</i>	25
<i>Clorofilas</i>	25
<i>Sólidos Suspendidos (SS)</i>	29
CALIDAD DE SEDIMENTO	33
<i>Humedad.</i>	33
<i>Materia orgánica.</i>	33
<i>Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅)</i>	36
<i>pH.</i>	36
<i>Sulfuros.</i>	36
<i>Nitrógeno total</i>	40
<i>Fosforo total</i>	40
BIODIVERSIDAD BENTONICA.	43
DISCUSIONES FINALES	46
CONCLUSIONES	48
LITERATURA CITADA	48
ANEXO I.	51
VALORES DE LAS DIFERENTES VARIABLES MEDIDAS MUESTRAS DE AGUA DE LA BAHÍA SAN QUINTÍN, B.C.	51

ANEXO II.	52
VALORES DE LAS DIFERENTES VARIABLES MEDIDAS MUESTRAS DE SEDIMENTO DE SAN QUINTÍN, B.C.	
TODOS LOS VALORES SE ENCUENTRAN REFERIDOS AL PESO SECO DEL MATERIAL SEDIMENTARIO.	52
ANEXO III.	53
FOTOGRAFÍAS DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN EL MATERIAL SEDIMENTARIO.	53

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. a) Macro localización y; b) Micro localización de las estaciones de muestreo en la Bahía San Quintín realizado el 18 de abril.	8
Figura 2. Distribución de salinidad en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	14
Figura 3. Distribución del pH los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	15
Figura 4. Distribución de Oxígeno [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	17
Figura 5. Distribución de DBO ₅ [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	18
Figura 6. Distribución de DQO en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	20
Figura 7. Distribución de Amonio [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	21
Figura 8. Distribución de Nitrito [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	23
Figura 9. Distribución de Nitrato [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	24
Figura 10. Distribución de Fosfato [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	26
Figura 11. Distribución de Hierro [μg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	27
Figura 12. Distribución de Clorofilas [mg/m ³] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	28
Figura 13. Distribución de SST [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	30
Figura 14. Distribución de SSV [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	31
Figura 15. Distribución de SSF [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	32
Figura 16. Distribución de Humedad % en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	34
Figura 17. Distribución de Materia Orgánica % en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	35
Figura 18. Distribución de DBO ₅ en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	37

Figura 19. Distribución de pH en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	38
Figura 20. Distribución de Sulfuros [$\mu\text{g/g}$] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	39
Figura 21. Distribución de Nitrógeno total [$\mu\text{g N/g}$] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	41
Figura 22. Distribución de Fosforo total [$\mu\text{g F/g}$] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).	42
Figura 23 Porcentajes de abundancia de las especies en todas las estaciones, exceptuando: <i>P. cirrosa</i> y <i>Assimineia dubiosa</i> .	45

LISTA DE TABLAS.

Tabla I. Identificación de las estaciones de muestreo del 18 de abril en Bahía San Quintín.	7
Tabla II Descripción general de las muestras.	43
Tabla III. Organismos encontrados en las estaciones	44
Tabla IV Porcentajes de abundancia relativa de las especies en el total de estaciones.	45

Introducción.

Durante el mes de abril de 2017, se realizó un muestreo en 11 estaciones distribuidas dentro de la Bahía de San Quintín, donde se colectaron muestras de agua a media profundidad y muestras de sedimento para el análisis de algunos indicadores químicos de la calidad, como el contenido de materia orgánica, sustancias nutrientes, sulfuros, contenido de sales y algunos metales. Así mismo, a las muestras de sedimento, se les realizó una valoración de la abundancia y diferenciación de las especies presentes en el interior del sedimento (infauna). Con ello, se tendrán los suficientes elementos para determinar los valores de algunos indicadores de calidad de agua y sedimento que presenta la Bahía de San Quintín. Estos valores permitirán realizar un diagnóstico del medio ambiente marino de este cuerpo lagunar, en condiciones de baja dinámica, es decir, durante un periodo de mareas muertas, al compararlos con niveles de referencia.

Este cuerpo de agua, es muy afectado por la variación del nivel del mar, el cual crea corrientes en los canales principales, de tal magnitud que permiten la renovación del agua de San Quintín, en cuatro días. Este tiempo ha sido estimado con base a modelos matemáticos de predicción correlacionados a mediciones de corrientes dentro de esta bahía, por diferentes autores. Por tanto, el estudiar el cuerpo lagunar con una baja dinámica, permite apreciar el nivel de afectación de las diferentes zonas de la bahía y probablemente, permitan determinar las causas principales de esos niveles de afectación en caso de encontrarlos.

Por otro lado, los niveles de los diferentes indicadores, permitirán correlacionarlos la biodiversidad y abundancia de la infauna bentónica, lo que dará un mayor soporte a las deducciones que se hagan a partir de los valores de calidad de agua y sedimento encontrados.

Área de Estudio.

Bahía Santa Quintín es una laguna costera hipersalina y altamente productiva que se encuentra ubicada en el océano Pacífico, al norte de la península de Baja California, aproximadamente a 200 km al sur de Ensenada. Consta de dos brazos, Bahía Falsa hacia el lado Oeste y Bahía San Quintín hacia el Este, cubre un área aproximada de 42 km² (Fig. 1) y el 80% del sistema está cubierto por el pasto marino *Zostera Marina*. Los extensos mantos de *Zostera marina* funcionan como zonas de crianza para muchas especies de peces e invertebrados. También, ayudan a estabilizar los sedimentos reduciendo la erosión costera (Pouiman-Tapia e Ibarra-Obando 1999).

Los estudios de granulometría han mostrado que en áreas someras así como hacia el norte de ambos brazos predominan las arcillas, mientras que hacia la barra predominan arenas finas. Los sedimentos en los canales son muy diversos y van de arenas a arcillas con tamaños medianos a finos (Calderón-Aguilera 1992)

La profundidad promedio del brazo Oeste es aproximadamente de 4 metros, mientras que el brazo Este tiene 8 m de profundidad. La bahía tiene grandes áreas someras que quedan expuestas con las mareas bajas, (hasta el 20 % del área total), también existen canales de hasta 10 m de profundidad. La entrada de agua oceánica es permanente por la boca, donde se realiza un intercambio constante gracias a las mareas (Aguirre Muñoz et al, 1999).

La oceanografía regional está marcada por la influencia de las surgencias que se generan por la corriente de California, estos eventos son más intensos en los meses de mayo a agosto y traen nutrientes del fondo a la superficie, lo que resulta en una alta producción primaria en la región. La laguna de San Quintín es reconocida por su alta productividad y es de gran importancia ecológica y comercial debido al cultivo de ostión japonés. Así como también por la gran diversidad de aves migratorias que llegan a hibernar en la zona.

Metodología.

Métodos de muestreo.

El pasado 18 de abril del 2017, se realizó la colecta de muestras de agua y sedimento en 11 puntos de Bahía San Quintín (BSQ) (figura 1). El muestreo inicio a las 08:00 h y terminó a las 14:00 h. En cada punto de muestreo se colectaron muestras de agua con botellas niskin de 5 litros de capacidad a media profundidad. Cada muestra de agua colectada se almacenó en recipientes de plástico de 3.7 litros de capacidad y se mantuvieron a temperatura de refrigeración en una hielera hasta su análisis en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en la ciudad de Ensenada, Baja California. A las muestras se les analizó el contenido de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio y fosfatos), contenido de sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y contenido de sulfuros.

También, se colectaron muestras para el análisis de oxígeno disuelto, pH y salinidad.

Para las muestras de sedimento se utilizó un nucleador de 2.5 Kg de peso con extensión de dos pulgadas. Las muestras se almacenaron en bolsas ziplock de una libra de capacidad y se mantuvieron dentro de la hielera a temperatura de refrigeración hasta su arribo al laboratorio, donde se almacenó a la misma

temperatura hasta su análisis. Esa se dividió en dos fracciones: una para el análisis fisicoquímico y la otra para el análisis de biodiversidad.

Tabla I. Identificación de las estaciones de muestreo del 18 de abril en Bahía San Quintín.

Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste
A	30°29'48.58"	115°59'32.27"
B	30°29'7.7"	115°58'46.6"
C	30°28'51.3"	115°58'25.1"
D	30°28'15.5"	115°57'48.2"
E	30°27'46.4"	115°57'23.4"
F	30°26'51.2"	115°57'7.4"
G	30°26'11.3"	115°57'7.2"
H	30°25'21.6"	115°57'46.7"
I	30°25'00"	115°57'25.4"
J	30°24'29.9"	115°58'55.5"
K	30°23'39.3"	115°59'29.5"

a)



b)



Figura 1. a) Macro localización y; b) Micro localización de las estaciones de muestreo en la Bahía San Quintín realizado el 18 de abril.

Métodos de análisis.

Calidad de agua.

Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto fue analizado mediante la técnica volumétrica microwinkler descrita en Parsons *et.al.*, 1984. Esta técnica presentó un límite de detección de 0.02 mg/l y una variabilidad menor del 1 %.

pH. El pH fue analizado en la embarcación mediante un electrodo de vidrio marca Thermo-Scientific, con una resolución de 0.01 unidades de pH y basado en amortiguadores preparados en agua de mar de acuerdo a Dickson (1993) para disminuir el efecto del potencial de junta. La variabilidad de este método fue menor al 0.5 %.

Salinidad. La salinidad se midió mediante la técnica de inducción para lo cual se empleó un salinómetro marca Beckman modelo 118WA200 que presentó una resolución de 0.0001 unidades de salinidad y una variabilidad menor al 1 %. Este equipo fue calibrado empleando agua de mar estándar comercial (I.A.P.S.O.).

Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅). Se determinó la DBO mediante el método de incubación a 20° C de muestras de agua de mar sin diluir por 5 días y la determinación de oxígeno disuelto mediante el método winkler, descrito en Parsons, *et. al.*, 1984. Esta técnica tiene un límite de detección de 0.12 mg O₂/l y una precisión del 85 %.

Demanda Química de Oxígeno (DQO). La DQO se determinó mediante el método de oxidación con permanganato de potasio a alta presión y temperatura. Esta técnica tiene un límite de detección de 0.1 mg O₂/l y una precisión del 95 %.

Sólidos suspendidos en todas sus formas. Los sólidos suspendidos se determinaron mediante el método gravimétrico descrito en Clesceri *et. al.*, 1990 y de acuerdo a la NMX-AA-034-SCFI-2001. Se determinaron los sólidos suspendidos totales (SST) los sólidos suspendidos volátiles (SSV) y los sólidos suspendidos fijos (SSF). Esta técnica tiene un límite de detección de 0.1 mg/l y una precisión del 90 %.

Amonio. El amonio se analizó por triplicado mediante la técnica del azul de indofenol descrita en Grasshoff, 1983. Todos los resultados se expresan en µM y pueden ser transformados a mg N/l por multiplicación de los µM por 0.014.

Nitritos. Los nitritos se determinaron mediante la técnica espectrofotométrica de la sulfanilamida descrita en Grasshoff, 1983. Todos los resultados se expresan en µM y pueden ser transformados a mg N/l por multiplicación de los µM por 0.014.

Nitratos. Los nitratos se determinaron mediante la técnica de reducción con cadmio para obtener nitritos, los cuales son determinados, por el método de la sulfanilamida descrita en Grasshoff, 1983. Se adicionó EDTA al 10 % para eliminar las interferencias identificadas en este periodo. Todos los resultados se expresan en μM y pueden ser transformados a mg N/l por multiplicación de los μM por 0.014

Fosfatos. Los fosfatos se determinaron mediante la técnica de reducción con ácido ascórbico-molibdato de amonio y la determinación espectrofotométrica del complejo formado, descrita en Parsons *et.al.*, 1984. Todos los resultados se expresan en μM y pueden ser transformados a mg P/l por multiplicación de los μM por 0.031.

Sulfuros. Para determinar los sulfuros, se colectaron entre 100 a 200 mL de muestra en un matraz kitazato para realizar una destilación con ácido sulfúrico a 35° C por espacio de 15 minutos y con aplicación de vacío. El H_2S formado es colectado en una solución 0.15 N de NaOH. Con ello se eliminan las interferencias presentes en el agua de mar. Posterior a la destilación los sulfuros fueron evaluados siguiendo la técnica colorimétrica del tartrato de antimonio potasio descrita en Clesceri *et. al.*, 1998. La técnica tiene una sensibilidad de 0.1 mg/l.

Clorofilas. Las clorofilas se determinaron mediante la técnica espectrofotométrica descrita en Parsons *et al.* 1984, la cual consiste en una extracción los compuestos orgánicos con un solvente. Los resultados son expresados en mg/m^3 .

Hierro. Se empleó el método colorimétrico de la fenantrolina que presenta un límite de detección de 1 $\mu\text{g/L}$.

Métodos analíticos para muestras de sedimento.

Humedad. Para la determinación de humedad, se tomaron entre 10 y 15 g de muestra húmeda por duplicado en cápsulas de porcelana, previamente pesadas. Posteriormente, las muestras se mantuvieron entre 3-5 h a 105° C en una mufla marca Vulcano. Después de este tiempo, las cápsulas fueron pesadas para determinar el peso seco de la muestra. Por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje de humedad, presente en cada réplica.

Materia Orgánica. Para determinar el total de materia orgánica presente, las muestras secas fueron puestas a 550° C por dos o tres horas, para calcinar toda la materia orgánica presente. Posteriormente, las muestras fueron pesadas para determinar el contenido de materia inorgánica presente. La materia orgánica fue calculada por diferencia y referida al peso seco de la muestra analizada. Los valores son expresados en porcentaje de materia orgánica referidos al peso del sedimento analizado. Este método gravimétrico tiene una precisión del 85 % y una sensibilidad de 0.3 % p/p

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Para los análisis de DBO se realizaron tres diluciones para cada muestra con 0.1, 0.3 y 0.5 g en peso húmedo de muestra. Cada cantidad se diluyó con agua de mar sintética previamente aireada por 60 minutos. A la par se corrió un blanco de agua de mar sintética para eliminar el efecto de la materia orgánica que presentaba el agua de dilución. Las muestras así preparadas se mantuvieron en incubación por un periodo de 5 días a 20° C, al término de lo cual, el oxígeno disuelto se fijó con solución A y B, para determinar el consumo debido a la presencia de materia orgánica biodegradable. Esta técnica tiene un límite de detección de 0.12 mg O₂/l y una precisión del 85 %.

Nitrógeno total. Para determinar los el nitrógeno total, se colectaron entre 5 y 10 g de muestra en peso húmedo, por duplicado. Después mediante la técnica de reducción con cadmio para obtener nitritos, los cuales son determinados, por el método de la sulfanilamida descrita en Grasshoff, 1983. Todos los resultados se expresan en μM y pueden ser transformados a mg N/g por multiplicación de los μM por 0.014

Fosforo total. Para determinar el fosforo total, se colectaron entre 5 y 10 g de muestra en peso húmedo, por duplicado. Después se determinaron mediante la técnica de reducción con ácido ascórbico-molibdato de amonio y la determinación espectrofotométrica del complejo formado, descrita en Parsons *et.al.*, 1984. Todos los resultados se expresan en μM y pueden ser transformados a mg P/g por multiplicación de los μM por 0.031.

Sulfuros. Para determinar los sulfuros, se colectaron entre 10 y 15 g de muestra en peso húmedo, por duplicado. Cada porción fue llevada a un matraz kitazato para realizar una destilación húmeda con ácido sulfúrico a 35° C por espacio de 15 minutos y con aplicación de vacío. El H₂S formado es colectado en una solución 0.15 N de NaOH. Con ello se eliminan las interferencias presentes en los sedimentos. Posterior a la destilación los sulfuros fueron evaluados siguiendo la técnica colorimétrica del tartrato de antimonio potasio descrita en Clesceri *et. al.*, 1998. La técnica tiene una sensibilidad de 0.01 mg/g.

pH. El pH fue evaluado mediante un electrodo sólido ISFET para mediciones de pH en medios sólidos marca Orion, con una sensibilidad de 0.1 unidades de pH.

Evaluación de la biodiversidad bentónica.

Las muestras fueron filtradas en dos tamices de plástico: de 1 mm y de 0.5 mm, para ello se utilizó agua de mar filtrada, todos los organismos vivos encontrados fueron almacenados en frascos individuales con formaldehído al 10%. Los poliquetos encontrados fueron transferidos a etanol al 70%. Mientras que las conchas de moluscos fueron almacenados en seco para su posterior identificación. Cabe resaltar que solo fueron cuantificados los organismos completos.

Los organismos encontrados fueron identificados hasta género o especie (dependiendo el caso), mediante las guías de identificación de Kozloff (1996) y Brusca (1973) En algunos casos se requirió el uso de un microscopio estereoscópico marca American Optical (mod: Forty).

Con los datos obtenidos en cada estación se calculó el índice de diversidad de Shannon (H), que es comúnmente usado para caracterizar la diversidad de especies en una comunidad. En este índice se calcula la proporción de especies i con relación al total del número de especies (p_i) y posteriormente se multiplica por el logaritmo base dos de su proporción ($\log_2 p_i$) El producto resultante es sumado entre todas las especies encontradas y multiplicado por -1 como se muestra en la siguiente ecuación:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Resultados

Calidad del agua.

Los resultados obtenidos están representados en forma de gráficos, con una descripción de la variabilidad espacial encontrada en el área de estudio. Se muestra la estadística descriptiva de cada variable, con una interpretación de los mismos. Así mismo, los valores obtenidos en cada punto de muestreo están representados en una tabla que forma parte del anexo I y II de este documento.

Salinidad.

Los rangos de salinidad van desde 33.11 ups a 40.18 ups, con un promedio de 35.49 ups y una variabilidad del 4.69 %. El valor mínimo de salinidad se presentó en la estación K, mientras que el valor máximo corresponde a la estación A (Figura 2a).

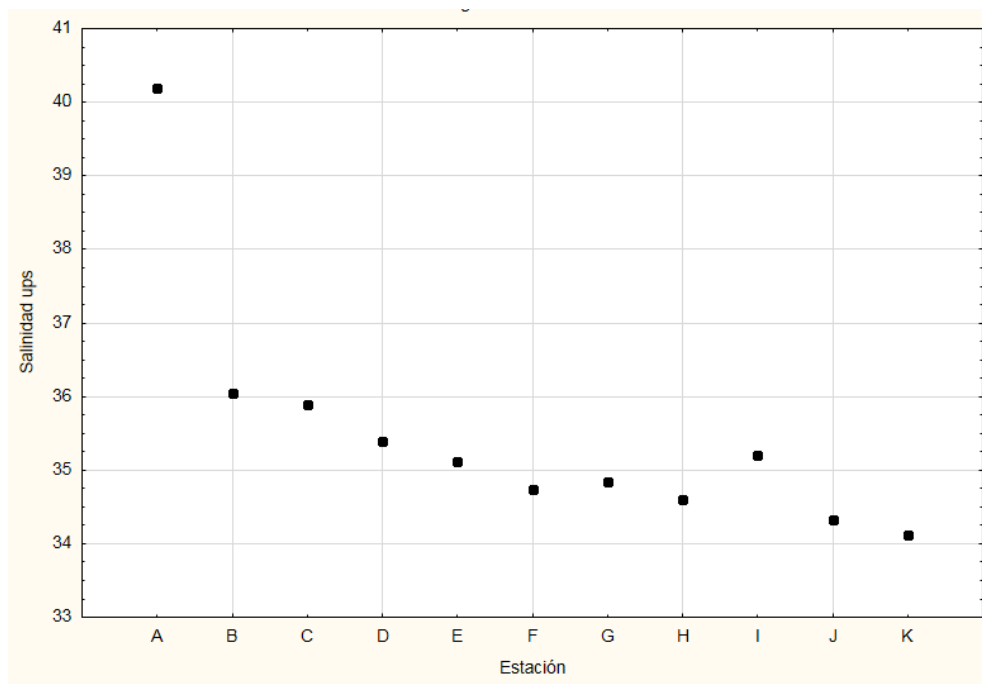
La boca es la única comunicación entre Bahía Falsa y Bahía San Quintín, y el océano. En la figura 2b, se observa el aumento de salinidad desde la entrada hacia la estación A, que se encuentra ubicada más hacia el norte. Este comportamiento de salinidad concuerda con el descrito por Camacho-Ibar (2013). También se observa que la estación con la menor salinidad está ubicada en la entrada de la bahía, lo que manifiesta la influencia del océano adyacente en la bahía. Se observa una lengüeta de color morado, la cual es consistente al comportamiento que describen en Melaku-Canu (2016). Sin embargo, se muestra un aumento ligero aumento en los valores de salinidad promedio que Melaku-Canu (2016) menciona. Esto exhibe que los procesos de evaporación forman un papel importante en la bahía.

pH

Los valores de pH se presentaron desde 7.86 hasta 8.22, con un promedio de 8.09 y una variabilidad del 1.48 % (Figura 3a). Todos los valores encontrados caen dentro de los valores considerados como naturales para el agua de mar (Clark, 1996; Gerlach 1989), lo que indica que los procesos que gobiernan las reacciones ácido-base son típicos del agua de mar y están definidas por el sistema de carbonatos.

Todos los valores se encuentran arriba los límites considerados como naturales (7.5). Un pH 8 indica un buen estado de las condiciones ácido-base, del agua de mar de la zona de estudio, a excepción de tres estaciones (A,E,K) que se encuentran por debajo de ese valor, dos corresponden al área ubicada hacia el norte, y la última en la boca de entrada, Sin embargo, estas condiciones están dentro de lo normal.

a)



b)

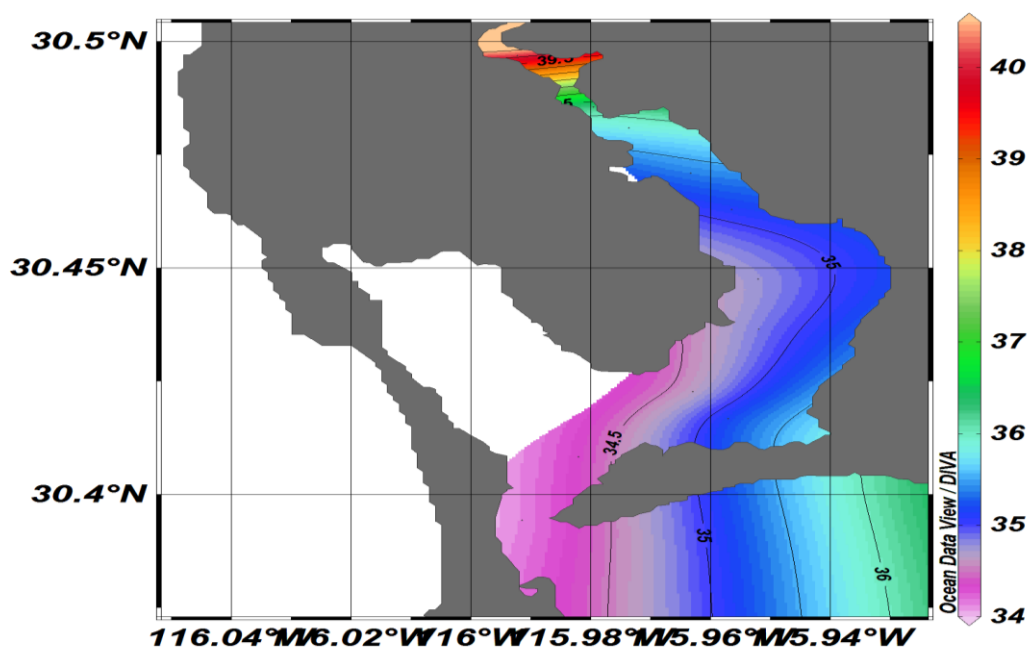
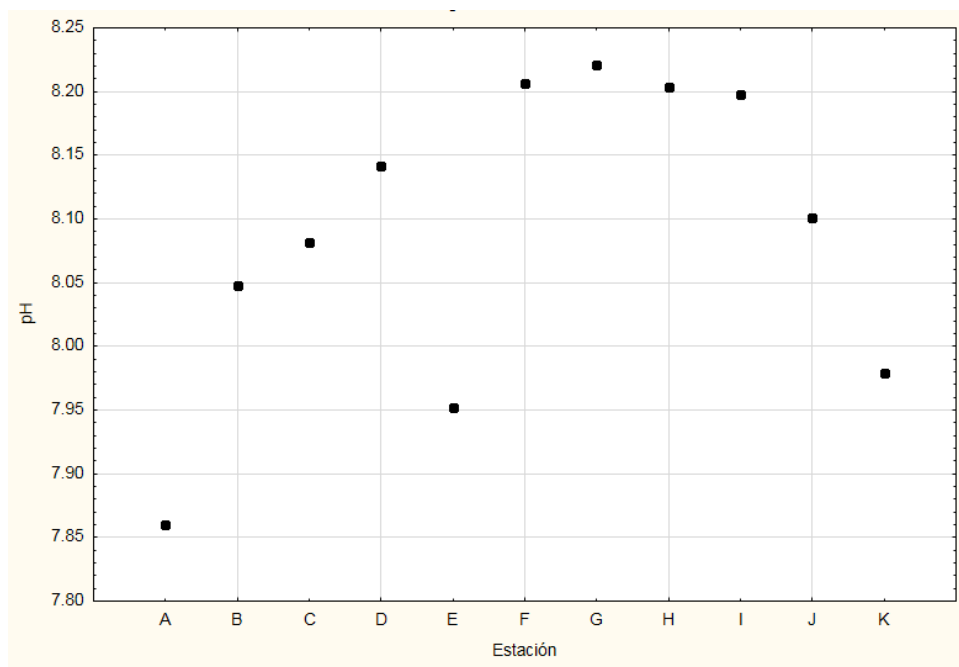


Figura 2. Distribución de salinidad en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

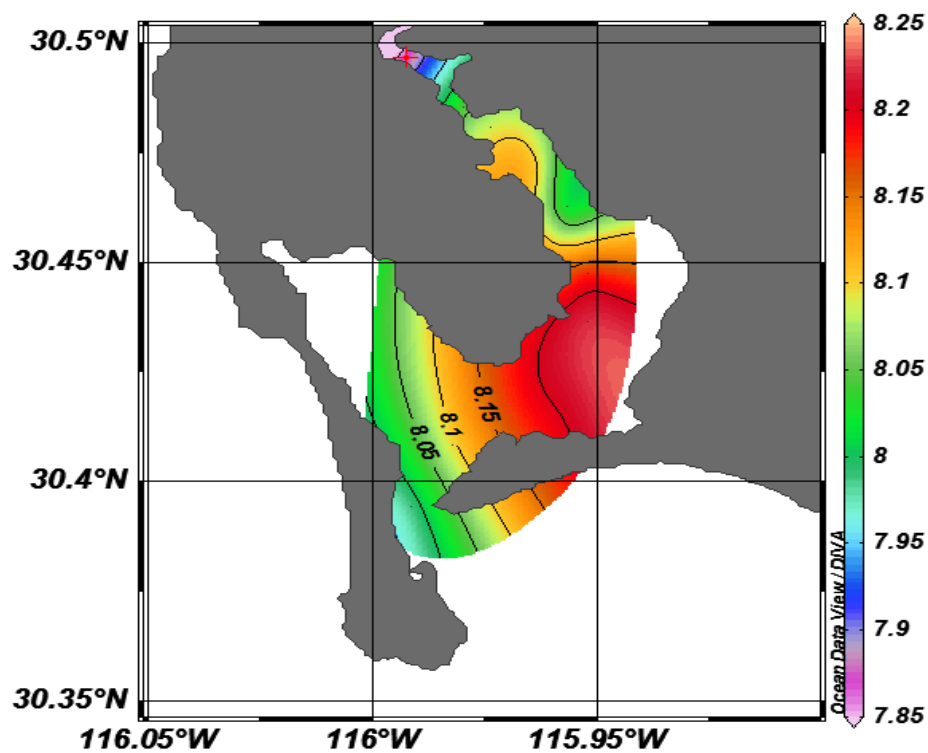


Figura 3. Distribución del pH los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

Oxígeno

Las concentraciones de oxígeno disuelto se presentaron desde 4.42 a 6.64 mg O₂/L con un promedio de 5.82 mg O₂/L y una variabilidad del 11.62 %. Los valores encontrados muestran aguas con una oxigenación aceptable de las zonas muestreadas. El valor máximo se presentó en la estación G, que corresponde al centro de la bahía, mientras que la menor concentración se presentó en la estación F, cerca de la zona de marisma (figura 4a).

La distribución horizontal de la concentración de oxígeno, muestra los valores más altos en la parte cercana a la boca y en la parte más interna (figura 4b). Posteriormente se presenta un gradiente de concentración hacia la parte central, donde se ubica la mínima concentración de oxígeno. Esto demuestra que el oxígeno proveniente de la parte interna y de la boca, va consumiéndose para la degradación del material orgánico presente. El máximo valor encontrado, en la estación G, sugiere que el oxígeno, también, se produce en cantidades significativas por los productores primarios presentes en el sedimento (macroalgas), lo que permite tener una buena calidad de agua en términos de la concentración de oxígeno.

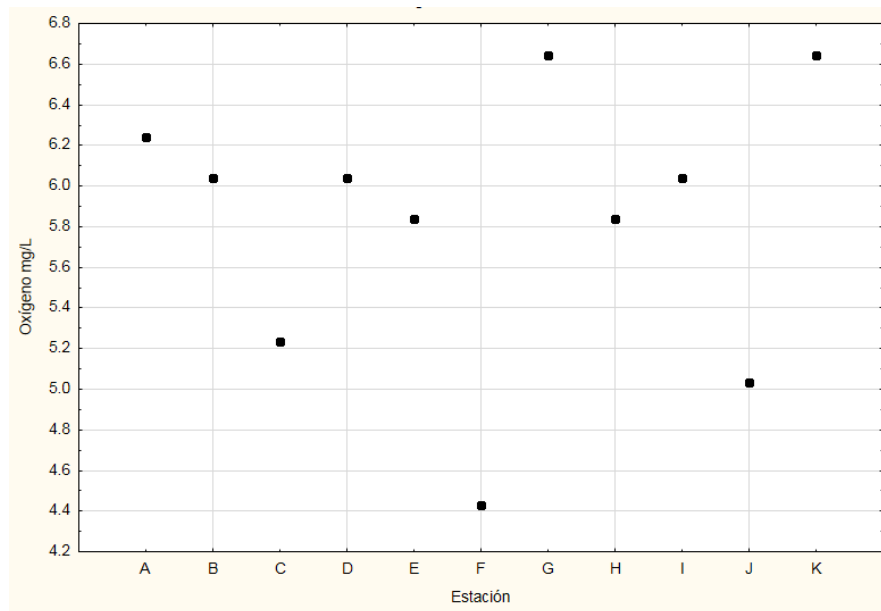
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Las concentraciones de DBO₅, se presentaron desde 3.82 mg O₂/L hasta 5.43 mg O₂/L, con un promedio de 4.57 mg O₂/L y una variabilidad del 9.45 %. Los valores son mayores a las reportadas para las zonas costeras naturales (0.5 mg O₂/L) (Clark, 1996). La estación con menor concentración es la C, y la mayor es la G, seguida de la estaciones F. Tal como se observa en las isolíneas y las grafica de la Figura 5, muestra una mayor cantidad de material orgánico biodegradable, concentrado al centro de las estaciones de muestreo, que coinciden con los mínimos de oxígeno y la mayor concentración de materia orgánica (figura 5b).

Esto apoya la suposición de que el oxígeno está siendo usado para la degradación de la materia orgánica y que, gracias a la presencia de macroalgas, las condiciones son saludables en términos de oxígeno, dentro de la Bahía.

El gradiente de concentración encontrado para la DBO₅ (figura 5b), sugiere que el origen de la materia orgánica proviene de la marisma, principalmente y que ésta, va disminuyendo hacia el norte y sur de la bahía, como resultado del proceso de biodegradación.

a)



b)

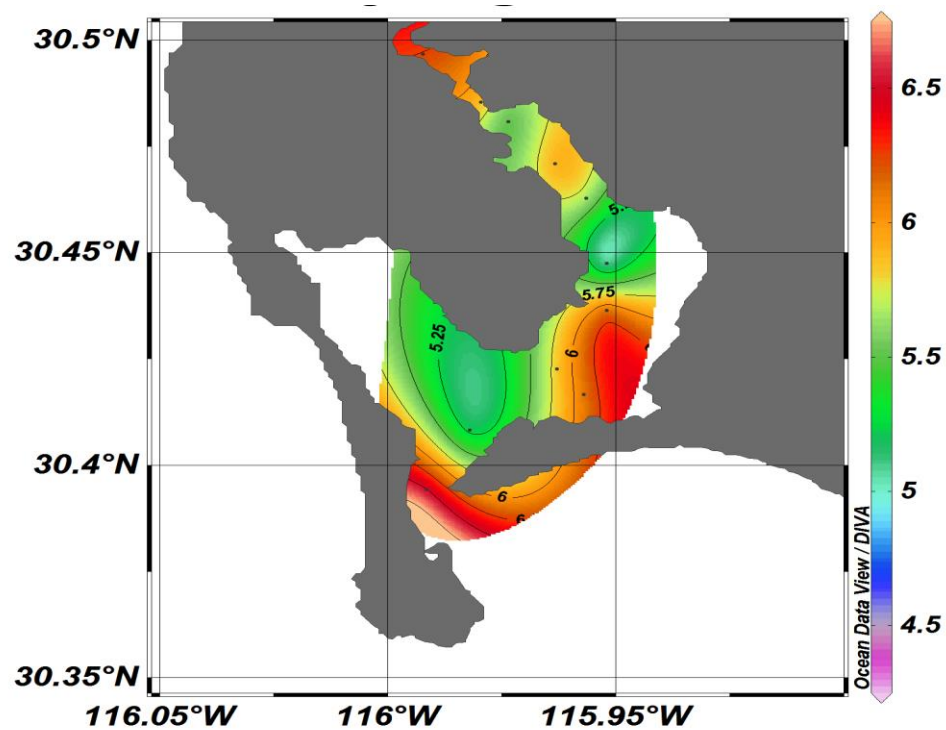
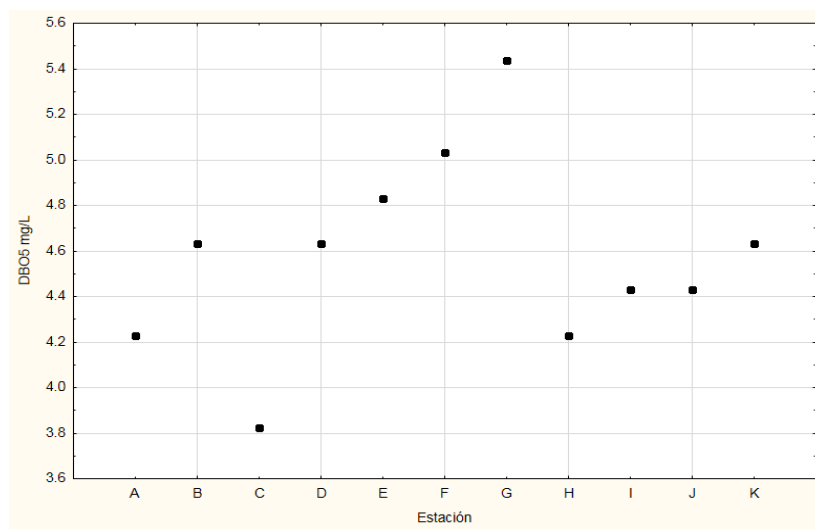


Figura 4. Distribución de Oxígeno [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isoclinas (b).

a)



b)

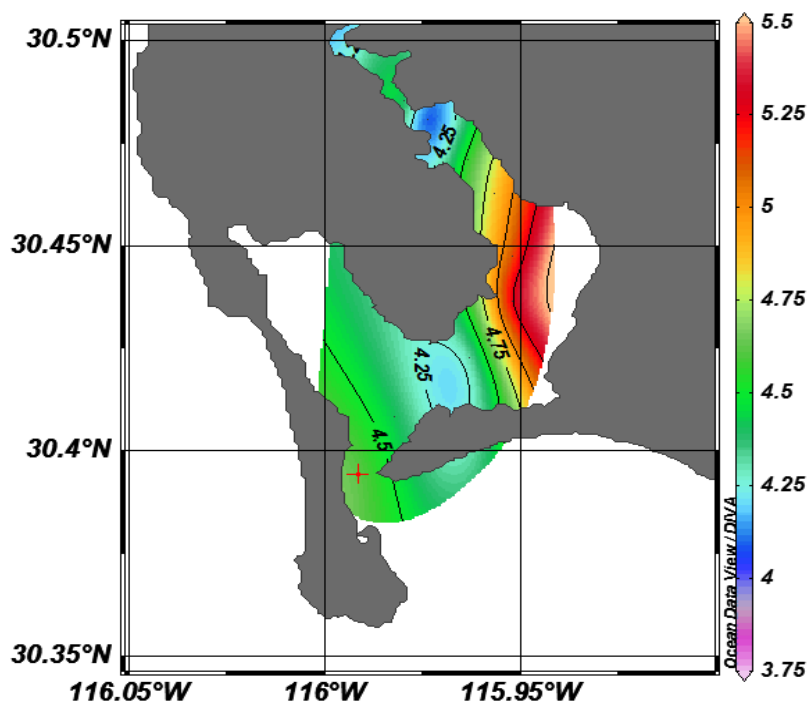


Figura 5. Distribución de DBO₅ [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

Demanda Química de oxígeno (DQO).

En cuanto a DQO, se encontraron valores desde 5.44 mg O₂/L hasta 7.72 mg O₂/L con un promedio de 6.06 mg O₂/L y una variabilidad del 12.71 %. Todas las estaciones fueron mayores a los reportados para las zonas costeras de la región (3.5 mg O₂/L) (Canino, 2006). La estación A representó la mayor cantidad de DQO, mientras que la J la menor (Figura 6a).

Este comportamiento sugiere que en la parte norte de la Bahía, se localiza una mayor cantidad de material oxidable, que consume oxígeno, pero que no es biodegradable. Probablemente, se refiera al contenido de material inorgánico o bien, a material orgánico no biodegradable, como material húmico, producto de la transformación de la materia orgánica.

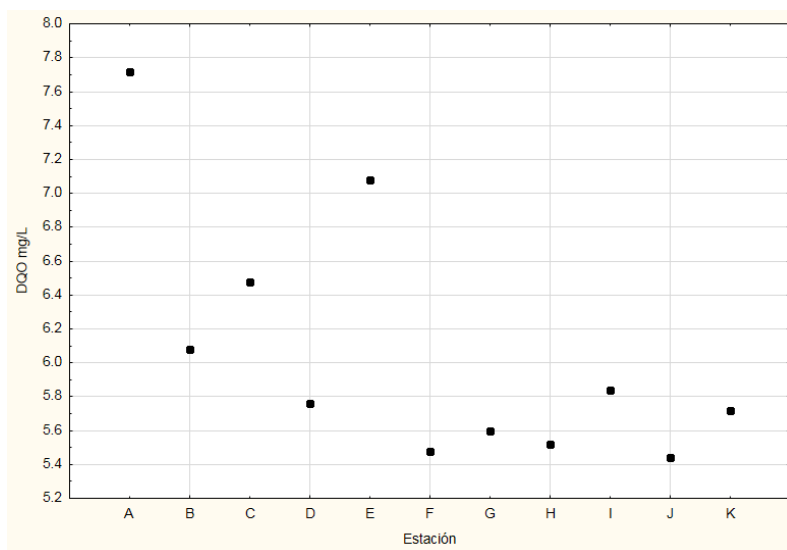
Las isolíneas, muestran un gradiente muy pronunciado en la parte este de la bahía, indicando que la máxima variabilidad ocurre en esta zona, mientras que en la parte central y hacia la boca, no existen diferencias significativas (figura 6b). Esto nos sugiere que el origen de este material se encuentra en esta zona y que se va diluyendo hacia la zona de la boca, como resultado del proceso de oxidación natural y porque no hay fuentes importantes en la parte central o sur.

Amonio.

Las concentraciones de este nutriente se presentaron desde 0.68 µM hasta 1.64 µM con un promedio de 0.91 µM (equivalente a 12.74 µg N/L), y una variabilidad del 28.04 %. De los valores encontrados, solo la estación A rebasó las concentraciones consideradas como naturales para el agua de mar en superficiales, de acuerdo a Millero, 2013 (1 µM) (figura 7a). La mínima concentración se ubicó en la estación F, localizada en la parte central de la Bahía y cerca del delta.

Las isolíneas de la concentración de amonio muestran las menores concentraciones al centro, mostrando un gradiente hacia la boca (Figura 7b). Este comportamiento sugiere que el amonio va siendo oxidado desde la zona más interna de la bahía, hacia la parte central. Esto concuerda muy bien con la DQO, lo que puede ser debido a que el amonio, sea una de las especies químicas principales que demandan químicamente.

a)



b)

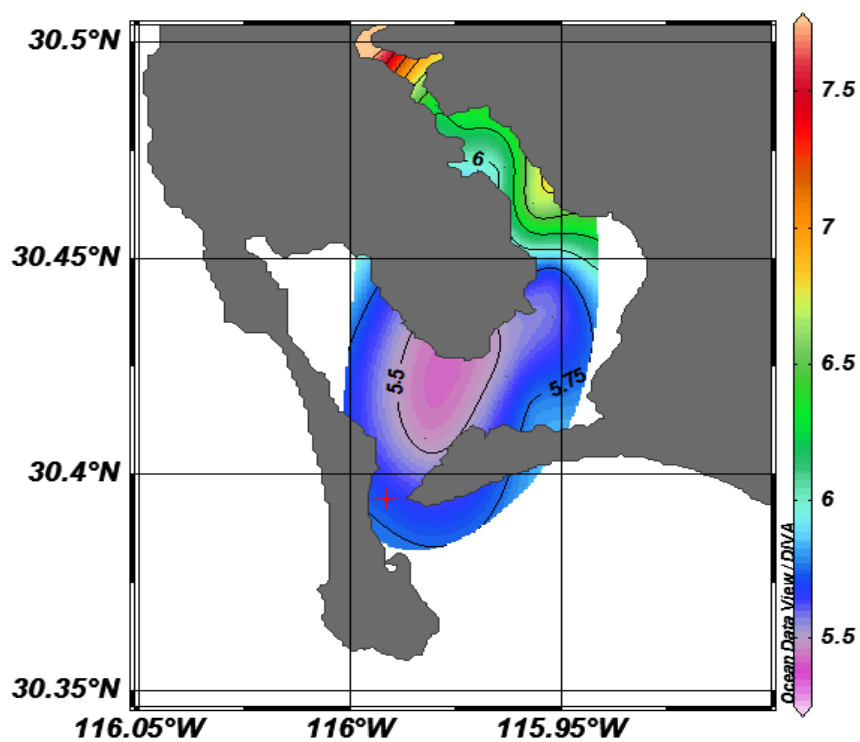
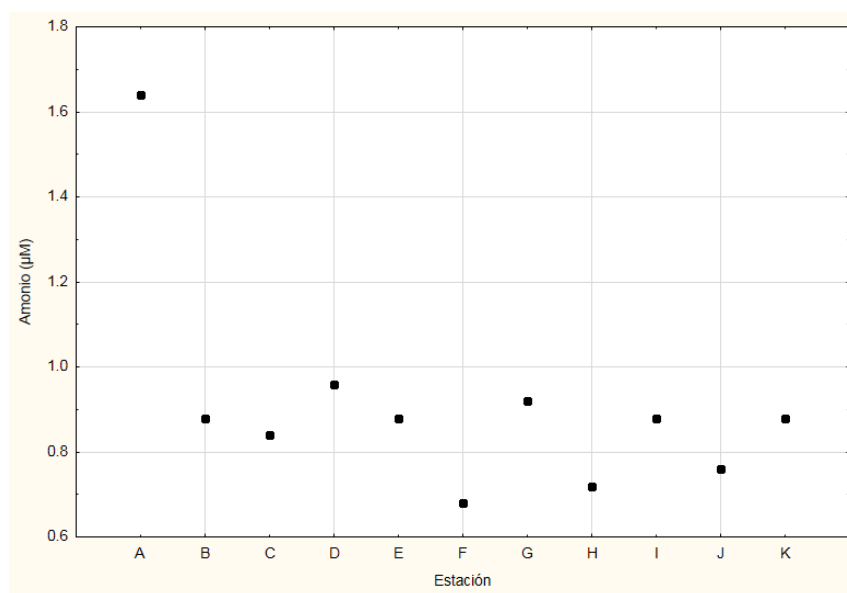


Figura 6. Distribución de DQO en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

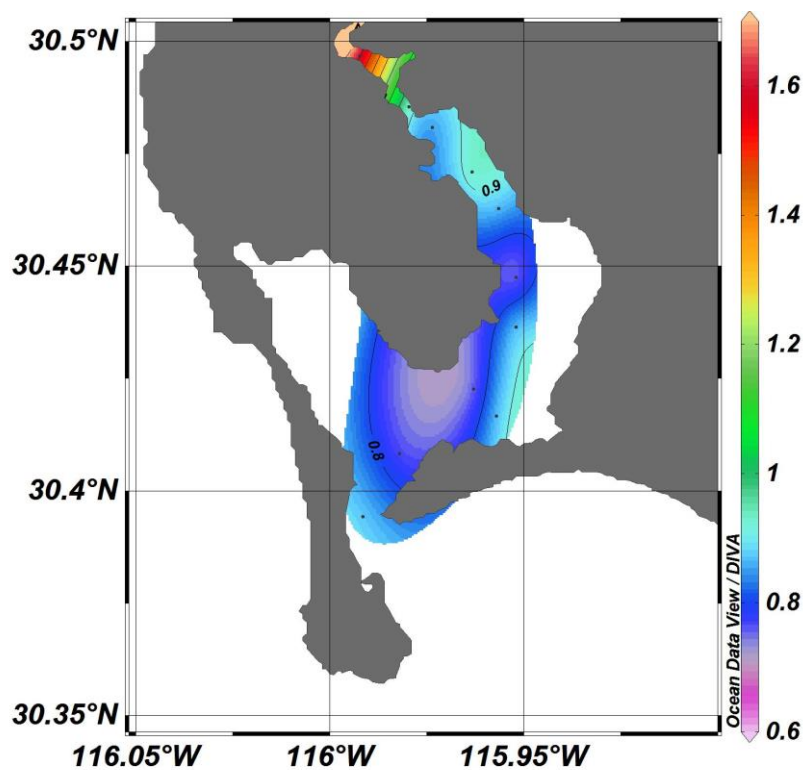


Figura 7. Distribución de Amonio [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolas (b).

Nitritos

La concentración de este nutriente se presentó desde 0.04 μM hasta 0.27 μM , con un promedio de 0.12 μM (equivalente a 1.68 $\mu\text{g N/L}$) y una variabilidad del 63.55 %. Estos valores fueron inferiores que los reportados para las zonas costeras de acuerdo a Clark, 1996 (1 μM). El máximo valor de nitrito se registró en la estación B, mientras que el mínimo en la estación I (Figura 8a).

Las isolíneas de concentración, muestran un gradiente desde la parte central, donde se localizan las mínimas concentraciones, hacia la parte interna y hacia la boca de la bahía (Figura 8b). Este comportamiento, fue muy parecido al encontrado para la DBO. Esto sugiere que el nitrito es involucrado en los procesos de degradación de la materia orgánica, probablemente como subproducto de este proceso.

Nitratos

La concentración de este nutrientes se presentó desde valores no detectables por la técnica empleada ($<0.1\mu\text{M}$) hasta 0.78 μM con un promedio de 0.24 μM (equivalente a 3.36 $\mu\text{g N/L}$) y una variabilidad del 82.80 %. Los valores de este nutriente se encuentra por debajo de los valores reportados como naturales por Clark, 1996 y de acuerdo a los CECA, 1989 (1 μM). Tres estaciones presentaron valores inferiores al límite de detección de la técnica (figura 9a). Mientras que las máximas concentraciones se presentaron en las estaciones H e I.

Las isolíneas de concentración de nitrato, muestran un gradiente desde la menor concentración, ubicada en la parte central, hacia el interior y boca de la bahía (figura 9b). Este comportamiento fue muy similar al encontrado para los nitritos y la DBO. Esto sugiere que ambos nutrientes provienen de los procesos de degradación de la materia orgánica y posteriormente, son oxidados por procesos bioquímicos a su máximo estado de oxidación que son los nitratos. También, por presentar las máximas concentraciones cerca de la boca, se intuye que estos nutrientes son ingresados a la bahía por los procesos dinámicos, enriqueciendo este cuerpo de agua con el mar adyacente.

a)

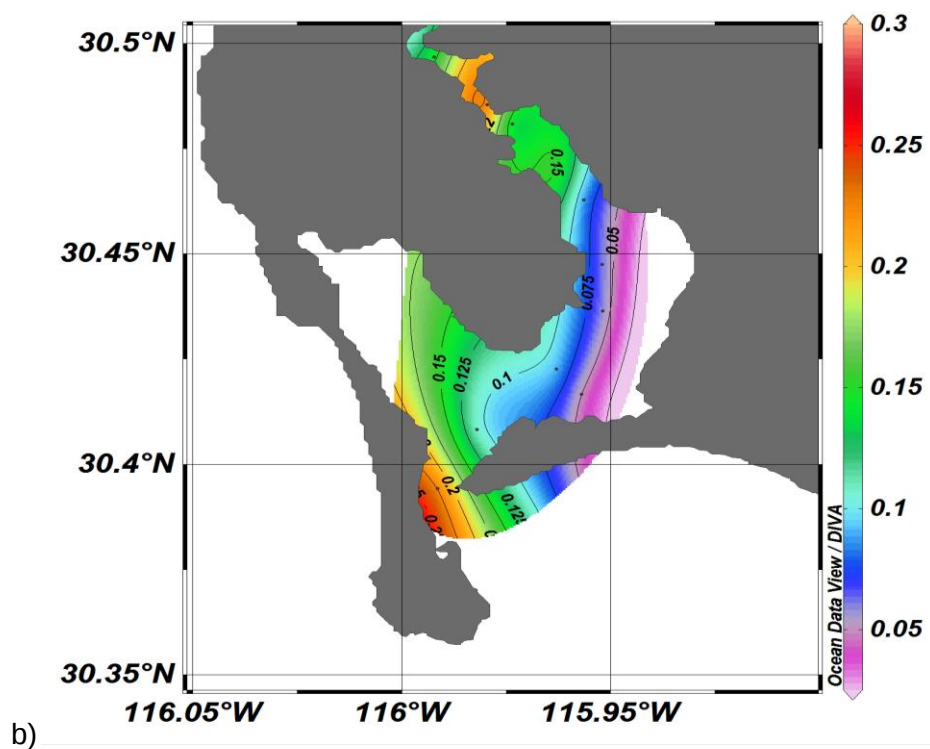
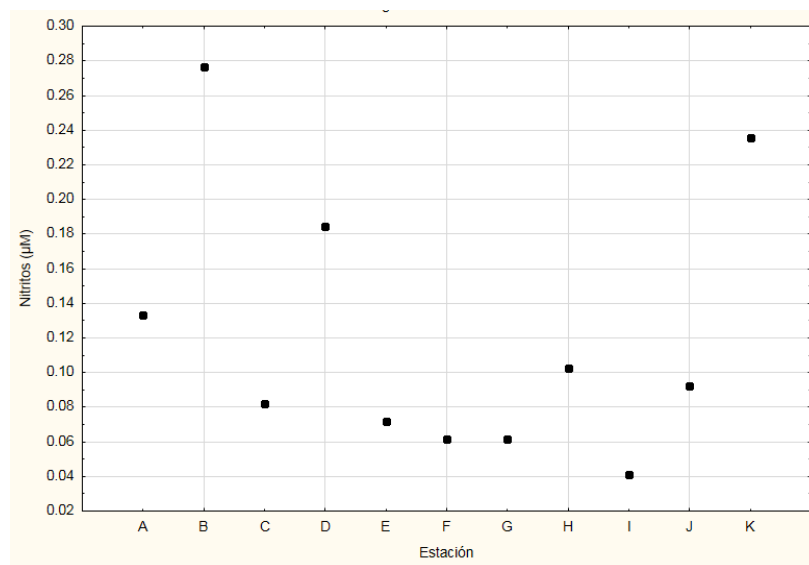
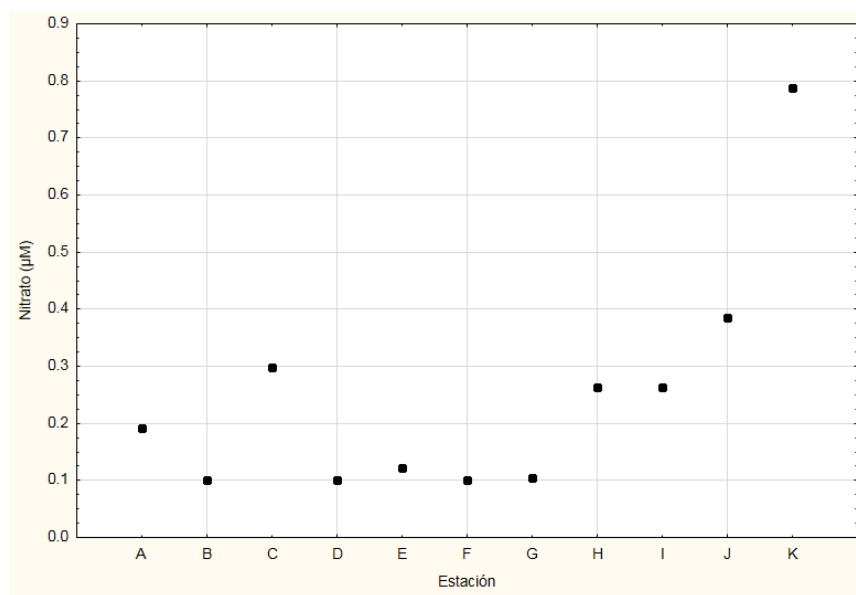


Figura 8. Distribución de Nitrito [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

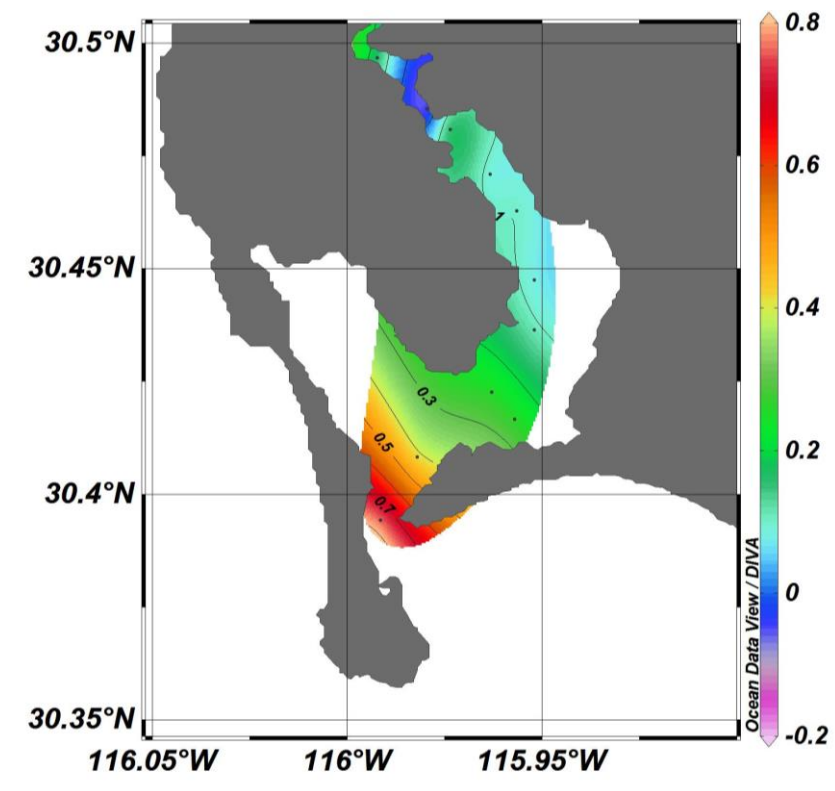


Figura 9. Distribución de Nitrato [µM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolneas (b).

Fosfatos

Las concentraciones fosfatos se presentaron desde 1.13 μM hasta 1.85 μM , con un promedio de 1.45 μM (equivalente a 44.95 $\mu\text{g P/L}$), con una variabilidad del 15.22 %. El máximo valor se localizó en la estación I y el mínimo valor en la B, mostrando una disminución gradual desde la boca hacia la parte mas interna de bahía (figura 10b). Cabe de mencionar que estos valores se encuentran dentro de los valores reportados como naturales para una zona costera (93 $\mu\text{g P/L}$, equivalente a 3 μM).

Las isolíneas de la concentración de fosfatos muestran dos máximos de concentración, uno cerca del delta (parte central de la bahía) y otro en la boca del cuerpo lagunar (figura 10b). Esto, puede ser el resultado de los aportes terrígenos de este nutriente, a través del delta y aportes externos a la bahía.

Sulfuros

La concentración de sulfuros reportadas para este muestreo fueron menores al límite de detección de la técnica (0.1 mg/L). Esto como resultado de las concentraciones de oxígeno presentes en la zona de estudio, que no permiten la presencia de estos compuestos.

Hierro

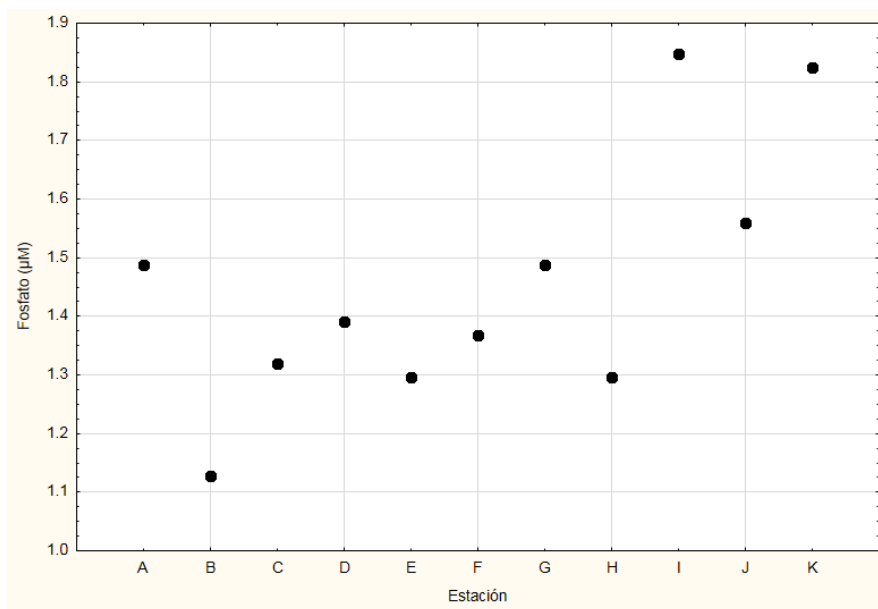
Las concentraciones de hierro se presentaron desde 7.2 $\mu\text{g/L}$ hasta 36.72. $\mu\text{g/L}$, con un promedio de 16.05 $\mu\text{g/L}$ y con una variabilidad del 9.32%. El máximo valor se localizó en la estación A y el mínimo valor en la F, marcando dos gradientes, uno desde la cabeza hacia la parte central y otro, desde la parte central hacia la boca (figura 11a). Este comportamiento se ve más claramente en las isolíneas de concentración (figura 11b). Cabe de mencionar que estos valores se encuentran por arriba de los reportados en agua de mar (5 $\mu\text{g/L}$). Navarro *et al.* (2006) menciona que en la Bahía San Quintín tienen concentraciones significativamente más altas de hierro que, otras localidades costeras de Baja California.

Clorofilas

La concentración de clorofila se presentó desde 0.045 mg/m³ a 2 mg/m³, presentando una variabilidad del 127.78 %.

De acuerdo a la figura 12a la mayor concentración de clorofilas se encuentra en la estación A, mientras que la menor en la E. Al igual que la figura 10b, se observa los gradientes, donde al centro encontramos la menores concentraciones de clorofila, que coinciden con las menores concentraciones de nutrientes, excepto de fosfato. A pesar de que este elemento puede ser un limitante para el crecimiento y el desarrollo de la actividad biológica. Sin embargo no existe una correlación estadísticamente significativa con nitrato, nitrito y fosfato, más que con amonio (r de 0.96).

a)



b)

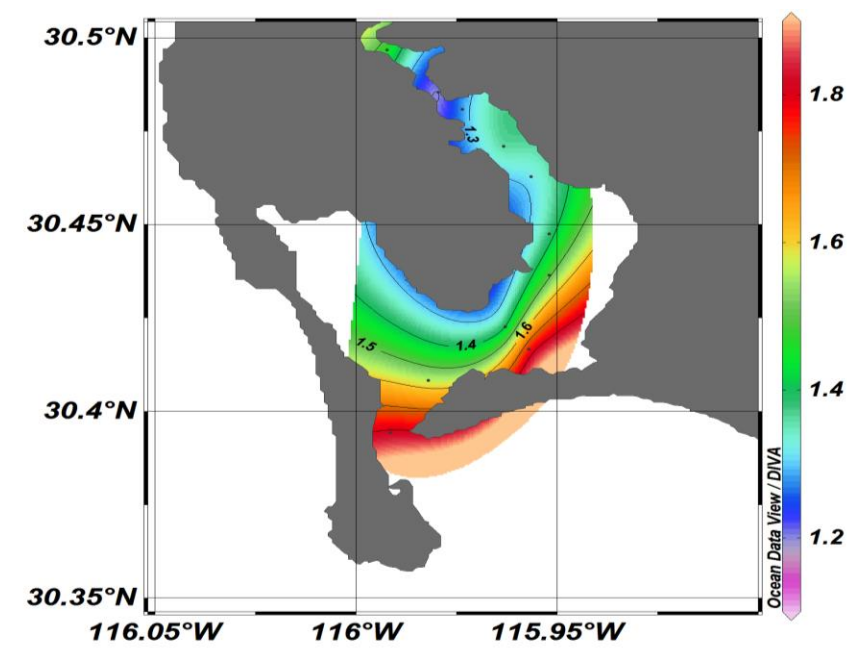
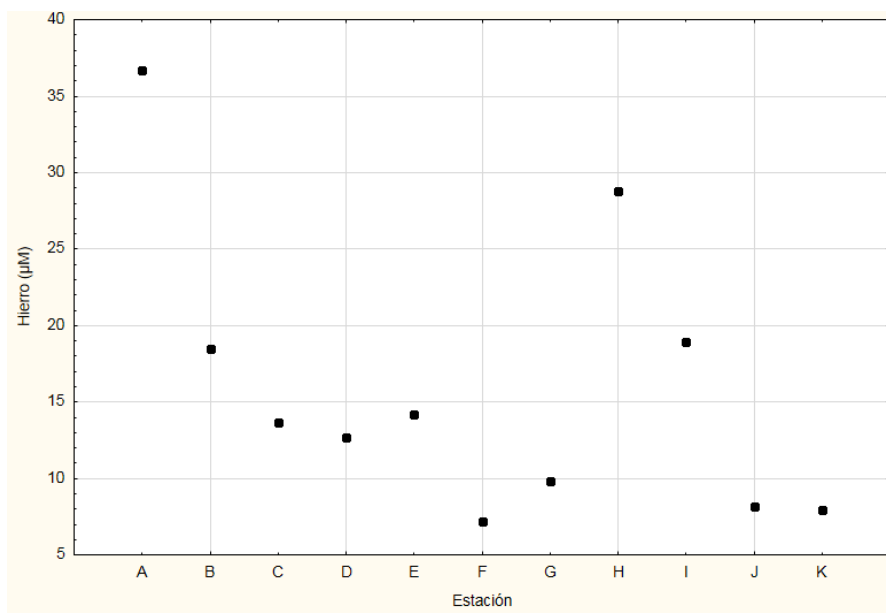


Figura 10. Distribución de Fosfato [μM] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

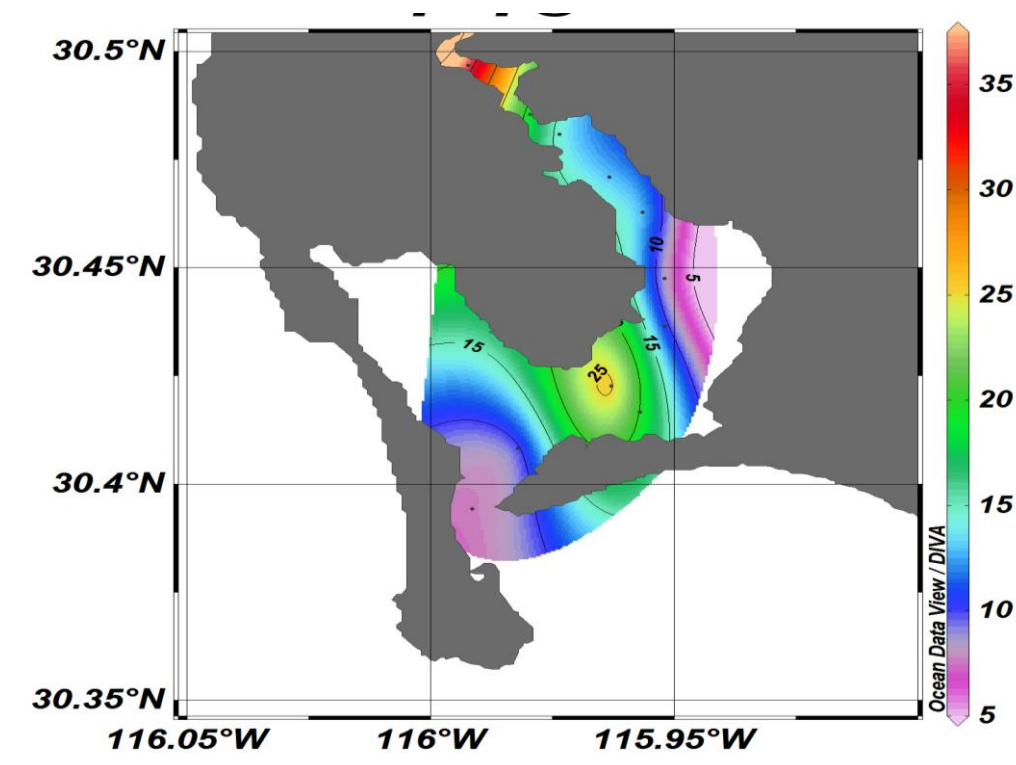
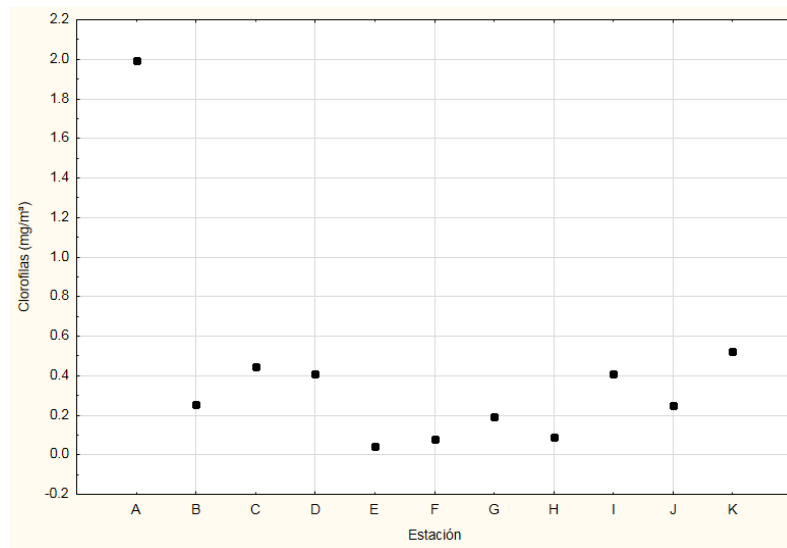


Figura 11. Distribución de Hierro [µg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

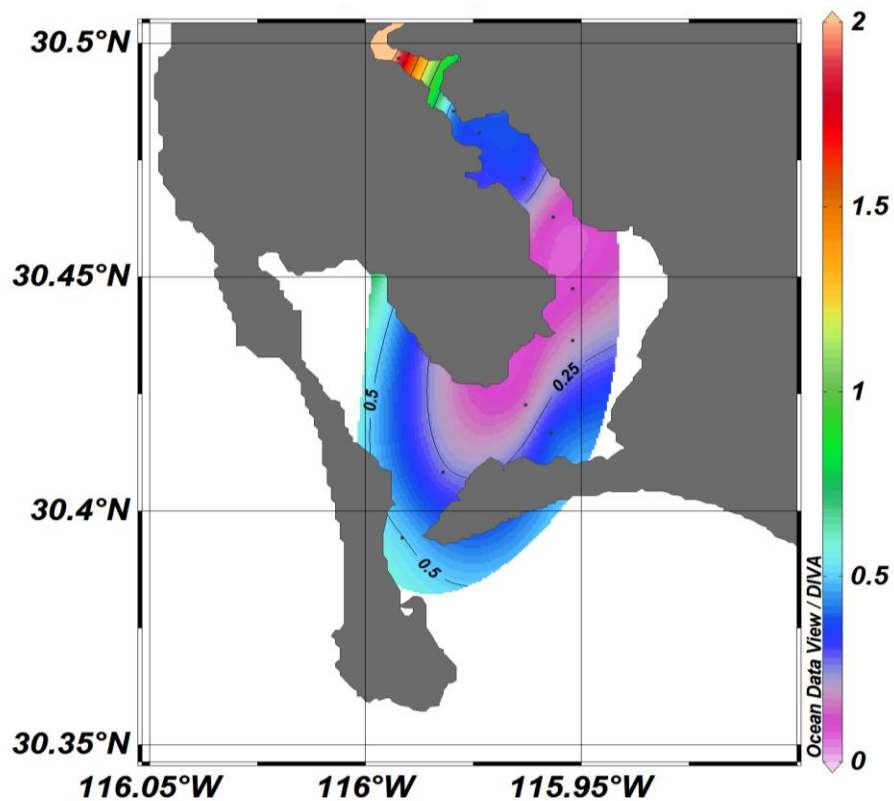


Figura 12. Distribución de Clorofilas [mg/m³] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

Sólidos Suspendidos (SS)

En este estudio se analizaron los sólidos suspendidos en sus tres formas: totales (SST), volátiles (SSV) y fijos (SSF). Los volátiles nos reflejan el contenido de material orgánico en forma de partículas mayores a $0.7\ \mu\text{m}$, mientras que los fijos son las partículas inorgánicas del mismo tamaño.

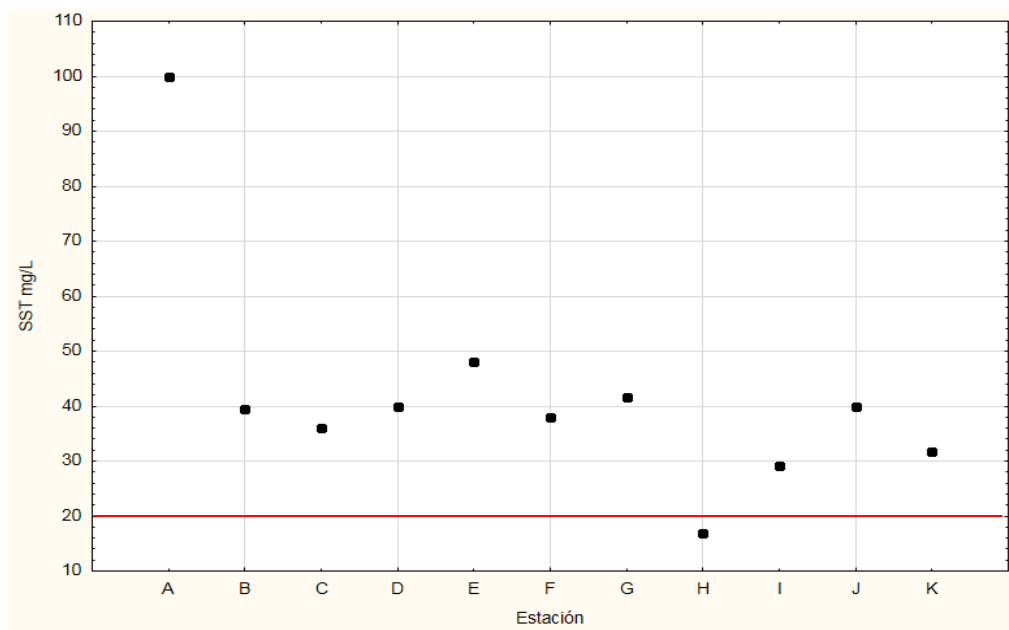
La concentración de SST encontrado para la zona de estudio fue de 17 mg/L a 100 mg/L, con un promedio de 41.91 mg/L y una variabilidad del 58.07 %. Estos valores fueron elevados con respecto a los considerados como naturales para el agua de mar (línea horizontal roja en la figura 13a). Al observar las isolíneas de concentración de los SST, se muestra un gradiente desde el centro hacia exterior del cuerpo lagunar. Las máximas concentraciones se localizaron SST al norte de las estaciones de muestreo (figura 13b). Este comportamiento es típico de esteros con pocos aportes de agua dulce, que tienen su mayor concentración en la cabeza del cuerpo lagunar.

Los SSV se presentaron desde 7 mg/L hasta 25 mg/L, con un promedio de 12.95 mg/L y una variabilidad del 35.93 %. En promedio los SSV corresponden al 31 % de los SST, lo que es ligeramente mayor a lo esperado para el agua de mar, donde los SSV representan hasta el 30 % del material suspendido total (Canino, 2006). Los valores de SSV, fueron menores a los valores de referencia, como se muestra en la figura 14a, solo una estación presentó un valor extremo y que correspondió a la estación A. Los SSV mostraron un comportamiento muy similar a los SST (Figura 14b).

Los SSF, por otro lado se presentaron en concentraciones desde 10 mg/L hasta 75 mg/L, con un promedio de 28.96 mg/L y una variabilidad del 57.13 %. Los SSF, que representan a la fracción inorgánica de los SST, constituyen un 69 %, parecido a los valores naturales encontrados para el agua de mar (figura 15a). Al igual que los SSV, las isolíneas fueron muy similares a los encontrados para los SST (Figura 15b), lo que indica que la materia inorgánica particulada es una parte importante de la turbidez este cuerpo lagunar

Asimismo, se encontró una correlación significativa (r de 0.82) entre SST y DQO. Esto podría significar que la mayoría de material oxidable disponible en la columna de agua es más de origen inorgánico, que de material orgánico.

a)



b)

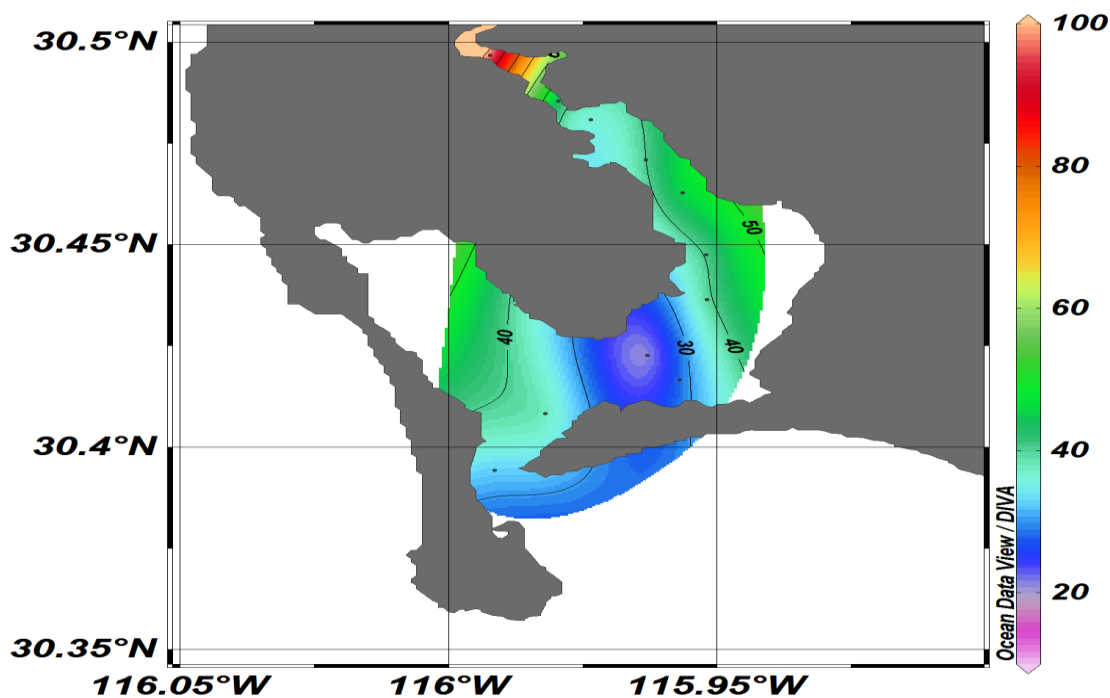
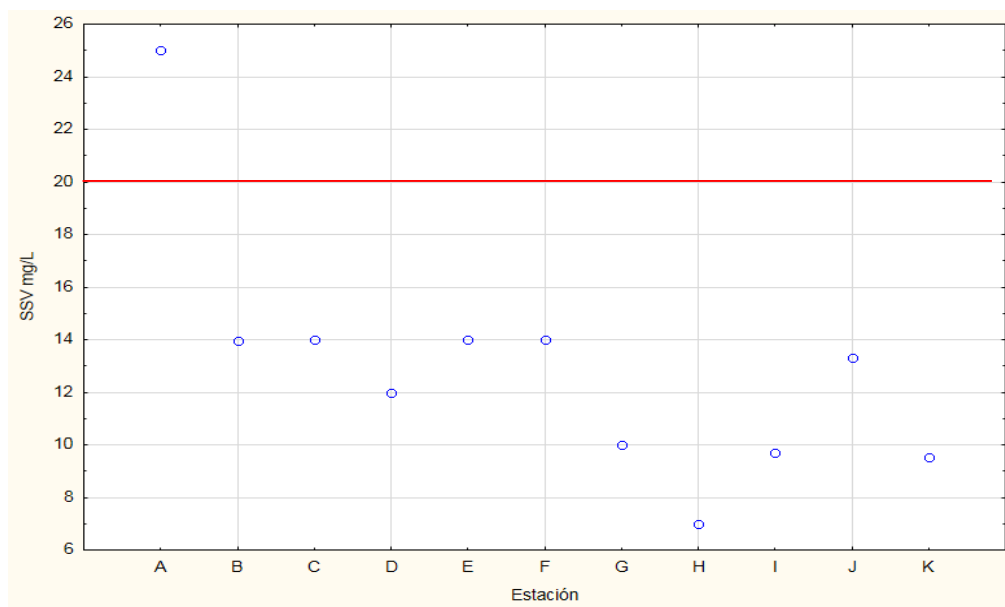


Figura 13. Distribución de SST [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

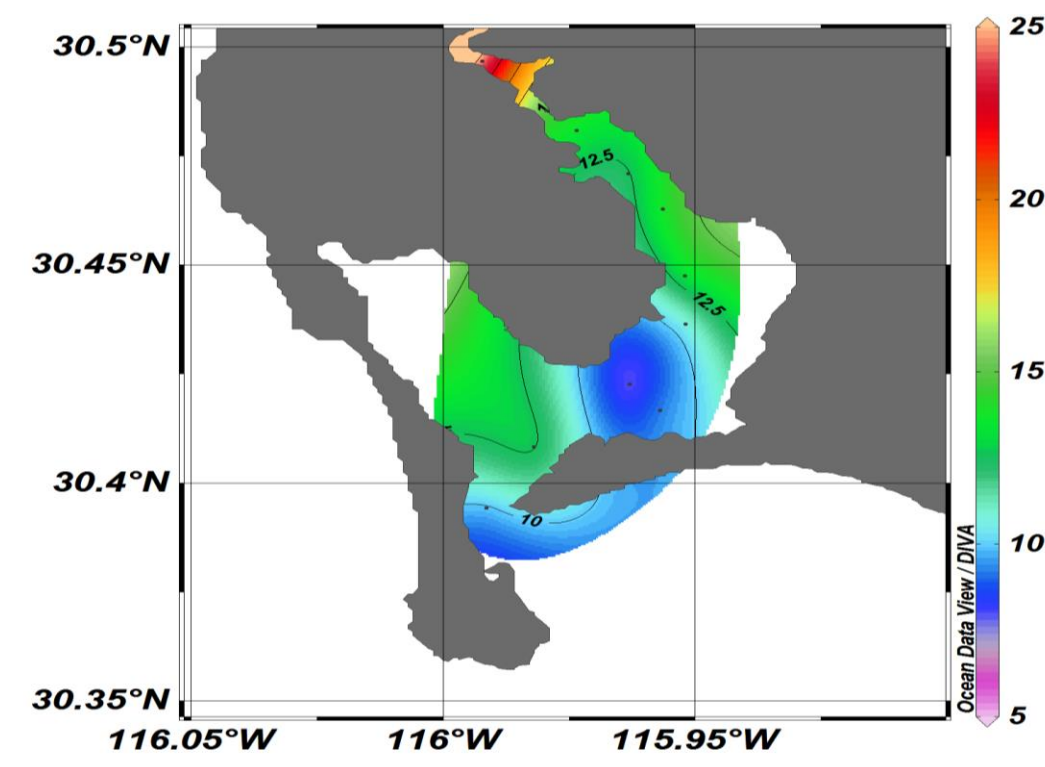
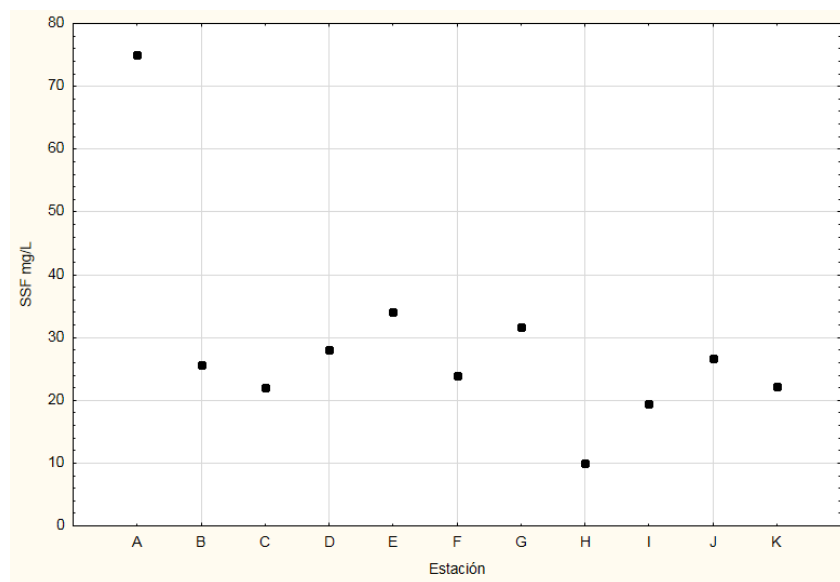


Figura 14. Distribución de SSV [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

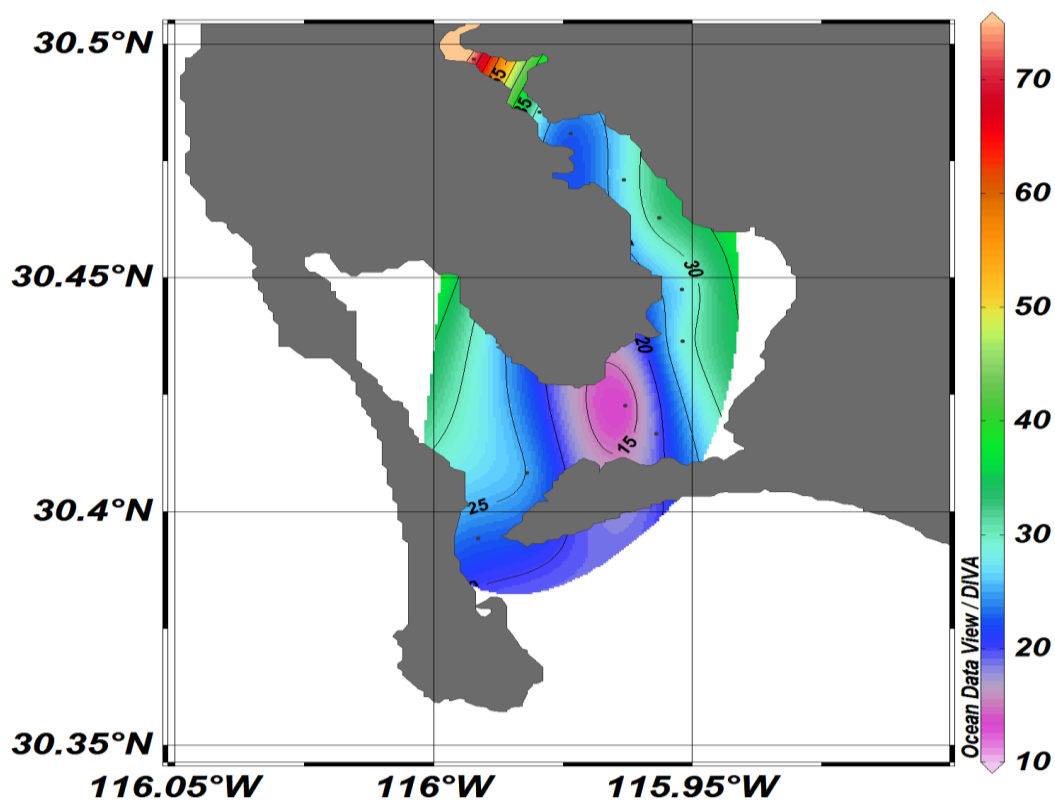


Figura 15. Distribución de SSF [mg/L] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

CALIDAD DE SEDIMENTO

Para la caracterización química de los sedimentos marinos, se realizaron mediciones de diferentes indicadores de calidad en 9 estaciones en la zona de estudio. Las concentraciones de todos los indicadores fueron calculados en base a su peso seco para poder compararlos entre ellas.

Humedad.

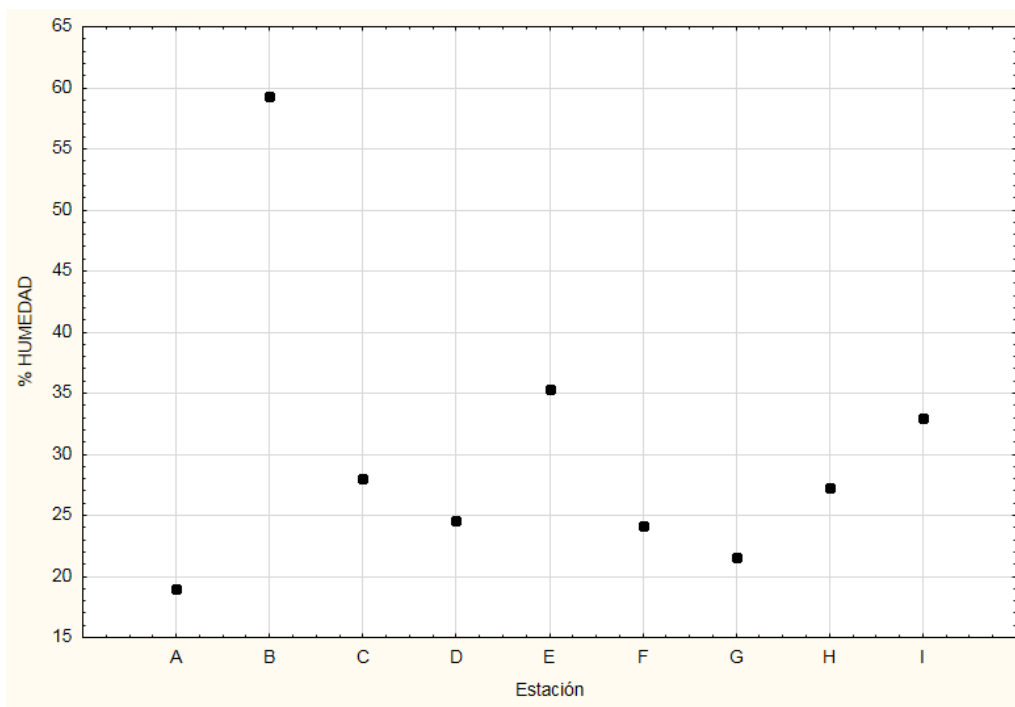
El contenido de humedad se encuentra relacionado con las características granulométricas. A un menor tamaño de grano, mayor contenido de humedad. En las muestras colectadas la humedad de los diferentes sedimentos se encontraron rangos desde 19% al 59.30%, con un promedio de 30.25 % y una variabilidad del 39.82 %. Los máximos valores de humedad se presentaron en la estación B, mientras que el mínimo valor se presentó en A, (figura 16a). Esto como resultado de la distribución del tamaño de grano, encontrándose los sedimentos más finos en las estaciones B y E. Por lo contrario, los granos más gruesos, se localizan hacia las últimas estaciones, A, y al centro de la bahía.

Materia orgánica.

El contenido de materia orgánica se presentó desde el 2.04 al 20.98 % con un promedio de 5,77 % y una variabilidad del 2.3 %. El máximo valor del contenido de materia orgánica se presentó en la estación E, mientras que el mínimo le correspondió a la estación D y H, (figura 17a). Esto se correlaciona muy bien con la humedad, como consecuencia del tamaño de grano, asociándose el alto contenido de materia orgánica con el tamaño de grano más fino. Sin embargo, la estación B, donde se presentó el mayor contenido de humedad tiene el menor contenido de materia orgánica. Cabe señalar que las concentraciones de materia orgánica son superiores a las reportadas para un sedimento marino por otros autores para la zona del Pacífico (>4%) (Clark, 1996; Canino, 2006).

Las isolíneas de concentración muestran un gradiente muy marcado desde la parte central de la bahía hacia la parte interior y la boca de la misma. Esto sugiere una acumulación del material orgánico particulado en la parte central como resultado de la baja circulación.

a)



b)

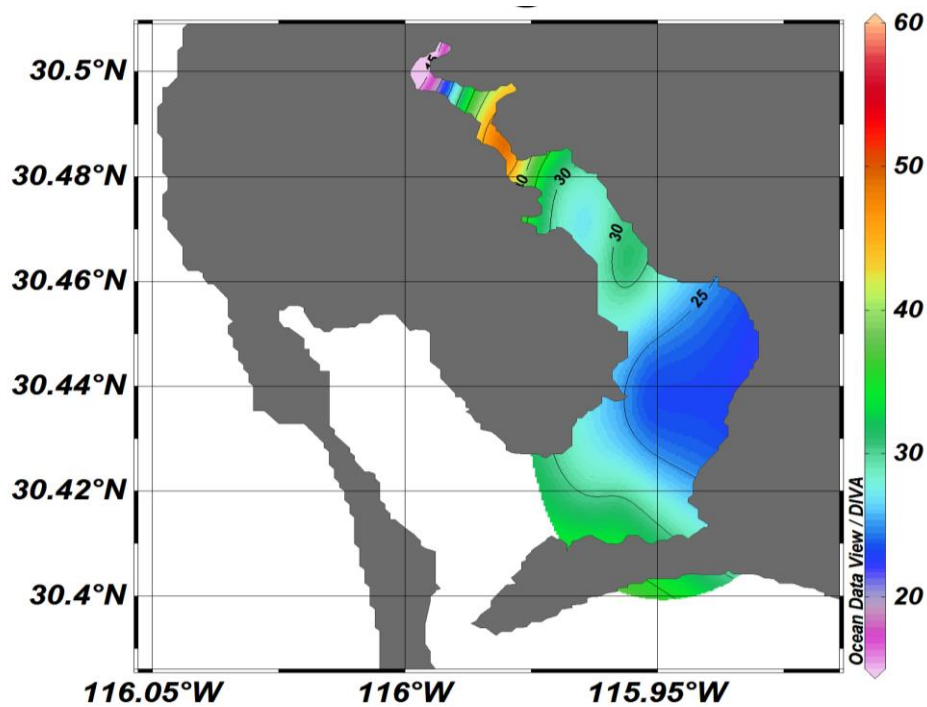
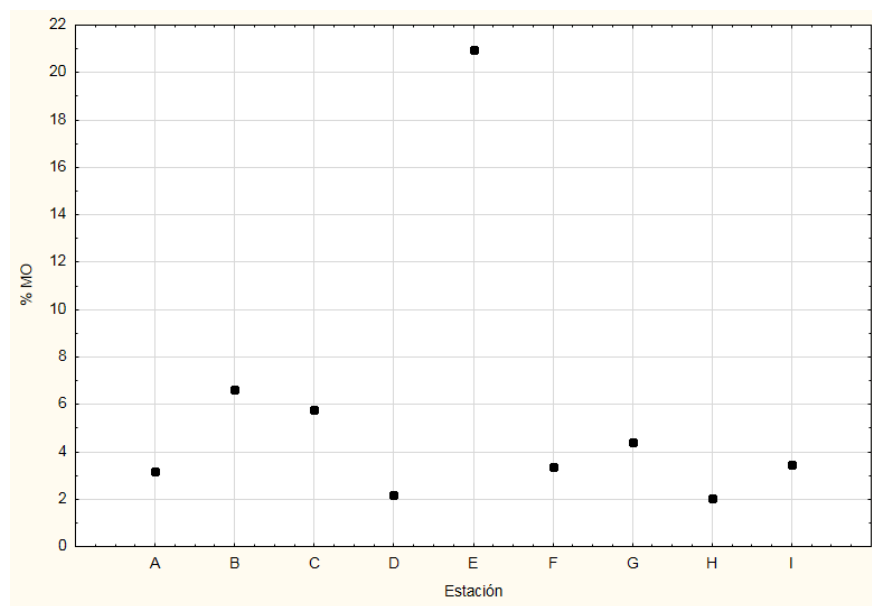


Figura 16. Distribución de Humedad % en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

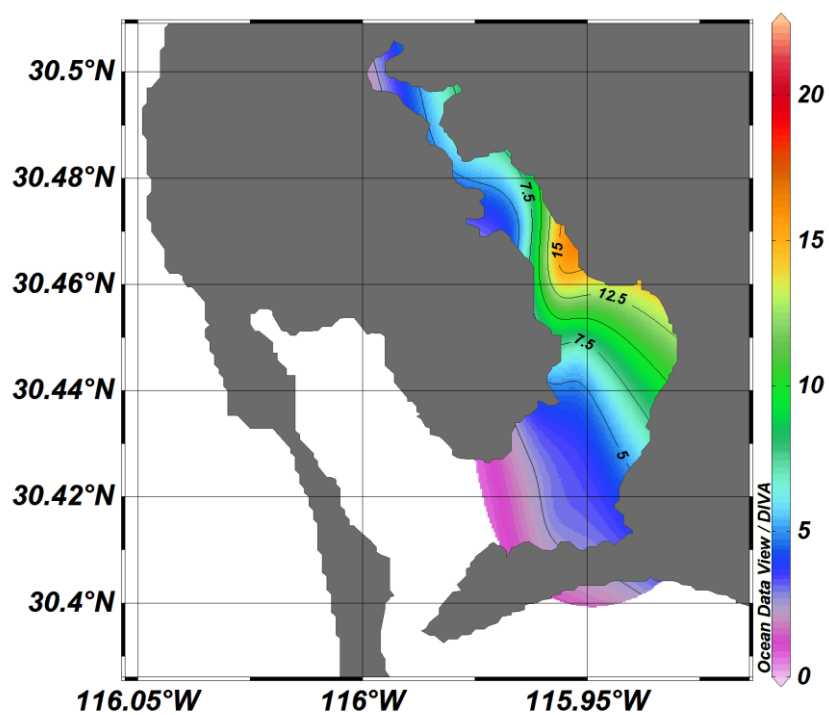


Figura 17. Distribución de Materia Orgánica % en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno en los sedimentos superficiales representa el contenido de material orgánico susceptible a la degradación microbiana. Los valores encontrados para la zona de estudio se presentaron desde 1.12 mg/g a 4.45 mg/g, con un promedio de 2.41 mg/g y una variabilidad de 43.31 % (figura 18a). Se observó que DBO₅ presentó una variabilidad contraria al contenido de materia orgánica, con una buena correlación entre ellas (r de -0.48). Esto nos indica que el a menor cantidad de materia orgánica, mayor fue el consumo por los microorganismos marinos (Figura 18a).

Esto nos sugiere que el material orgánico presente en los sedimentos de la parte central, está constituida por materia orgánica de baja biodegradabilidad, como resultado del proceso de degradación de material orgánico.

pH.

En las muestras analizadas los valores de pH se presentaron desde 8.37 hasta 9.20, con un promedio de 8.90 y una variabilidad del 3.06 %. Los valores de pH medidas en las diferentes muestras de sedimento se presentaron por arriba de 8, mostrando un buen estado de salud, sin embargo, se observan estaciones con un pH superior a 9 (figura 19a).

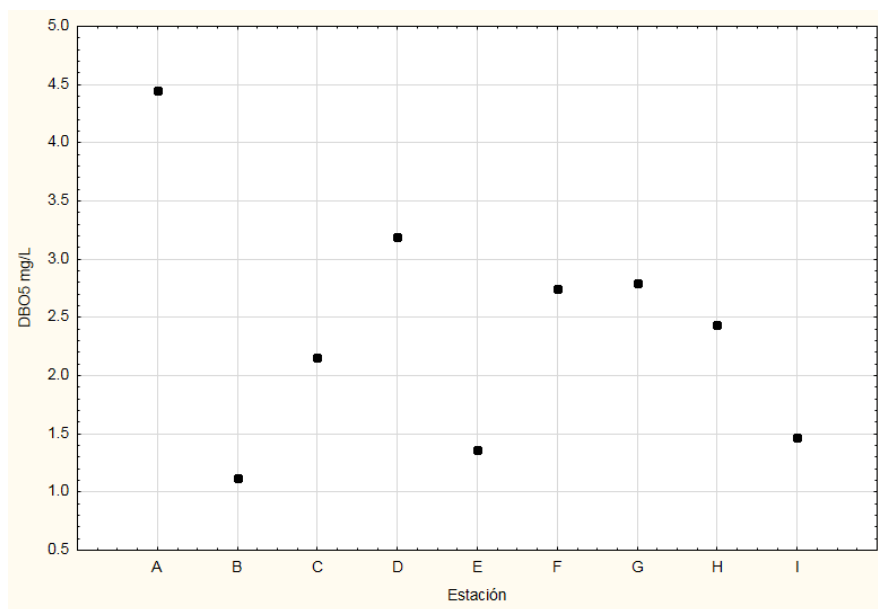
Al observar la distribución de los valores de pH en los sedimentos, se observa que los mayores valores de pH, se localizaron en la centro – sur de Bahía San Quintín, donde se presentaron las menores concentraciones de materia orgánica y sulfuros (figura 19b). No obstante, posteriormente, la distribución de pH, no presenta un gradiente bien definido, por lo cual, no se correlacionó con los valores de materia orgánica o sulfuros.

Sulfuros.

Las concentraciones de sulfuros se presentaron desde no detectables ($<0.01 \mu\text{g/g}$) hasta $14.52 \mu\text{g/g}$ con un promedio de $2.61 \mu\text{g/g}$ y una variabilidad del 173 %. La máxima concentración se presentó en la muestra de la estación E y la mínima detectable en la estación D (figura 20a). Las estaciones C y F, no presentaron concentraciones de sulfuros detectables por la técnica.

Las observar las isolíneas de la concentración de sulfuros se aprecian las máximas al centro de las estaciones de muestreo (Figura 20b). Estas concentraciones considerablemente bajas, nos indican un buen estado de salud de los sedimentos. Sin embargo, a pesar de la alta correlación encontrada ($r= 0.98$), entre el contenido de materia orgánica y sulfuros, los procesos de biodegradación en los sedimentos que generan los sulfuros, no son percibidos en la columna de agua, como consecuencia de una oxidación de este elemento por la presencia de oxígeno.

a)



b)

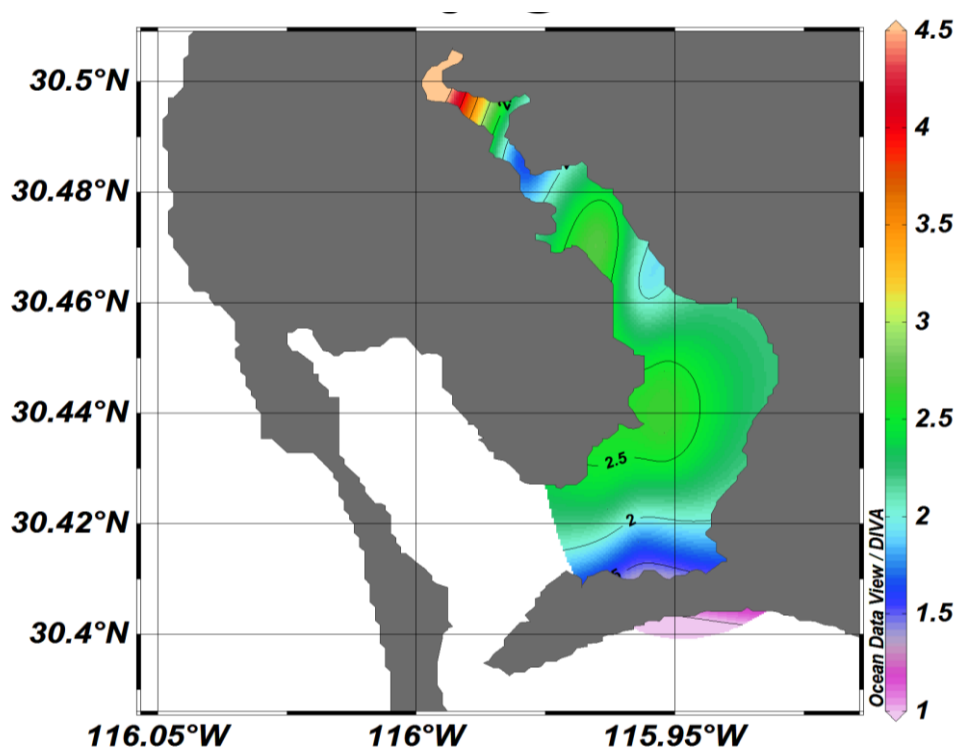
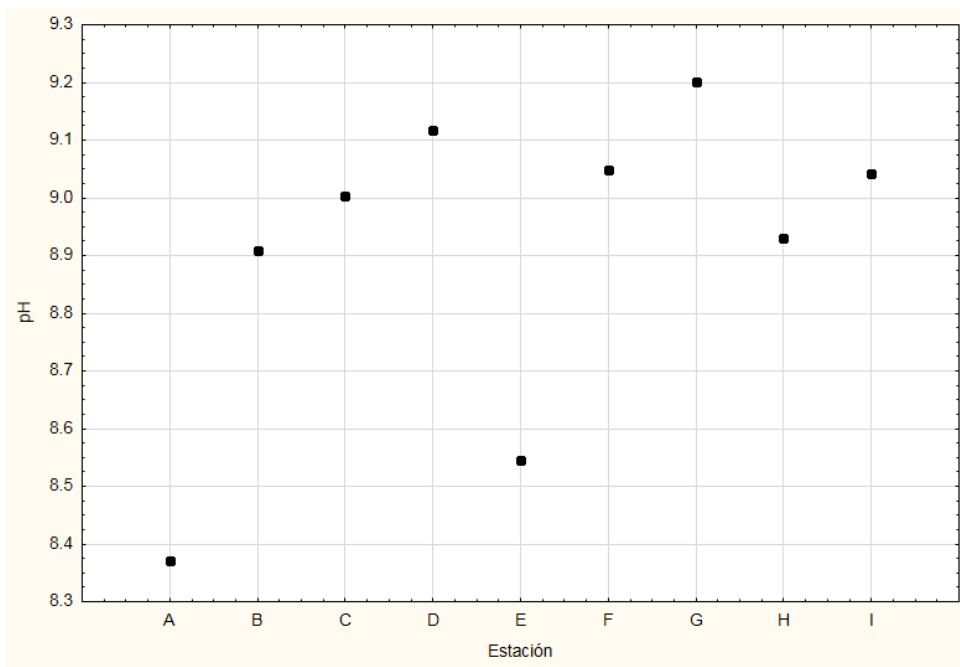


Figura 18. Distribución de DBO₅ en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

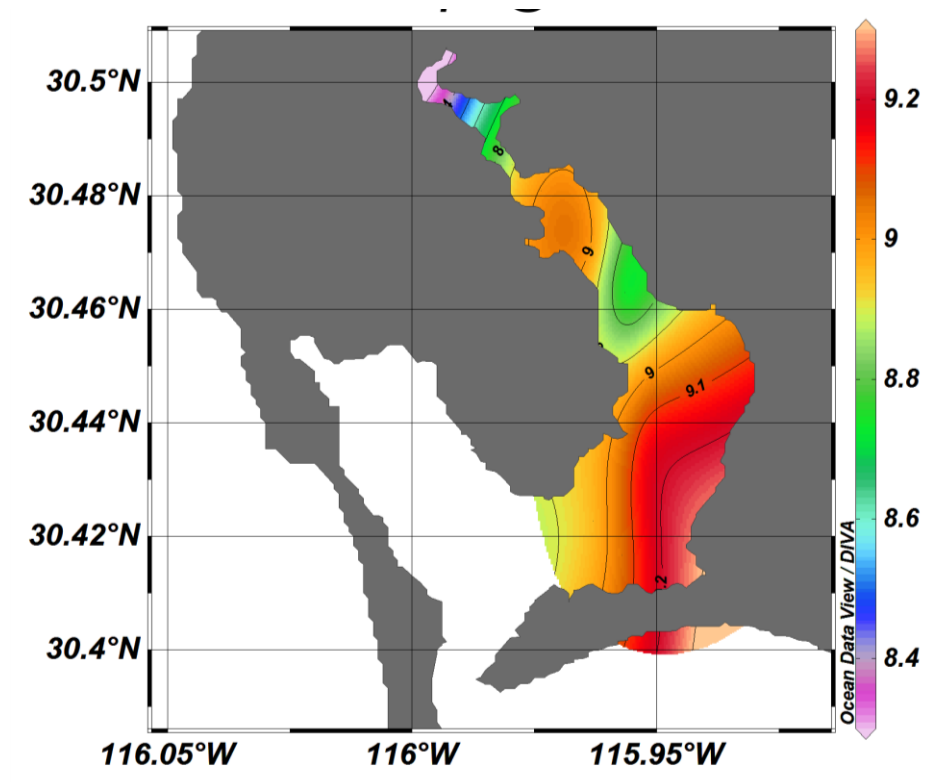
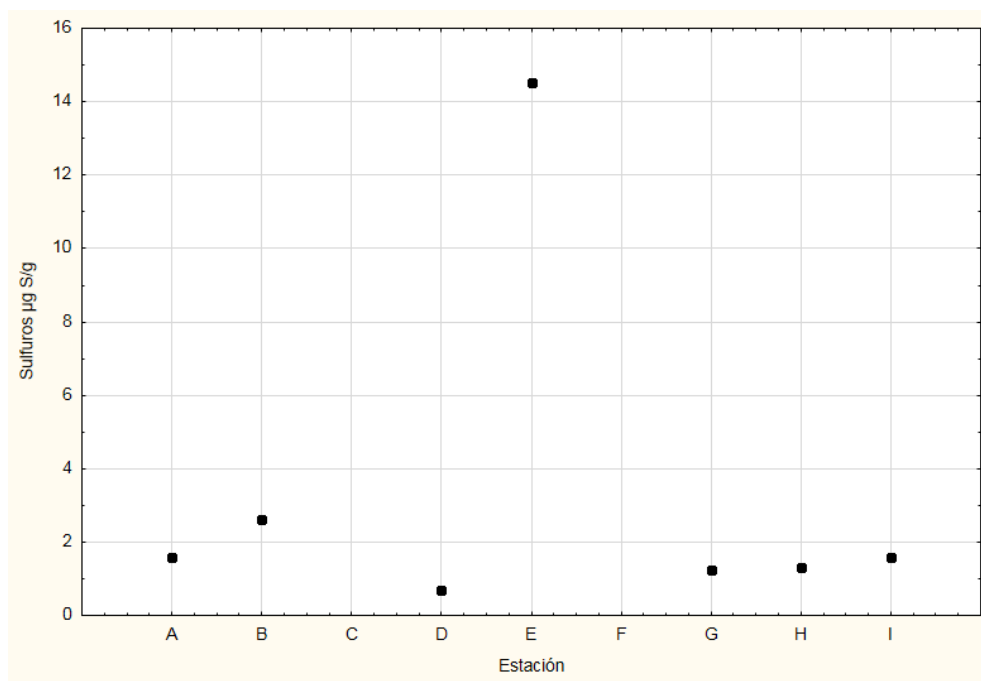


Figura 19. Distribución de pH en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

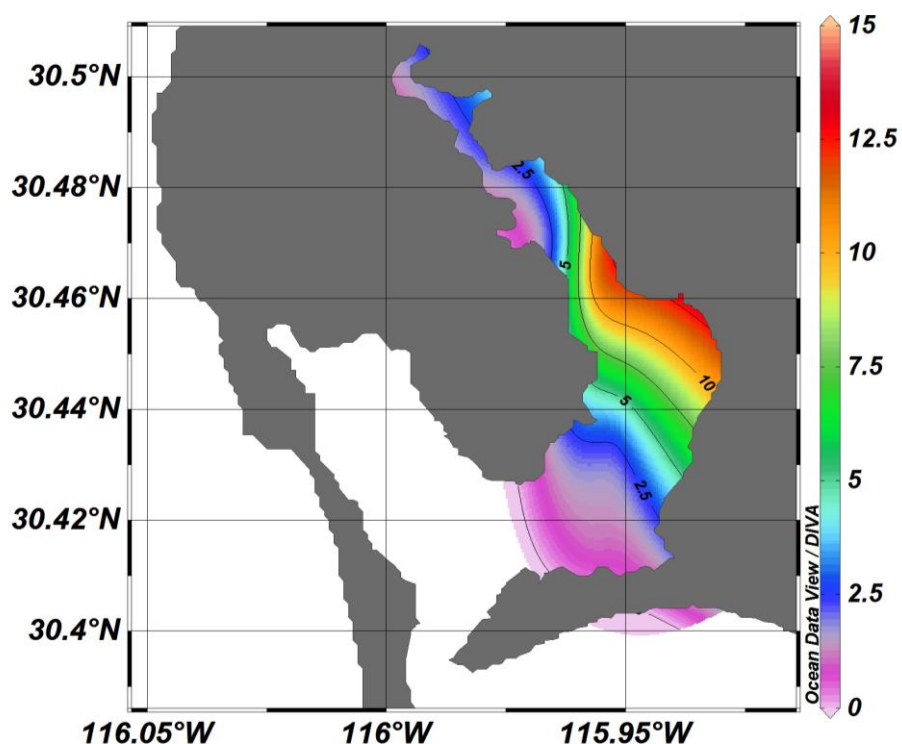


Figura 20. Distribución de Sulfuros [$\mu\text{g/g}$] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isóneas (b).

Nitrógeno total

Las concentraciones de nitrógeno total en los sedimentos marinos, incluyen a los nitritos, nitratos, amonio y nitrógeno orgánico presente. Las concentraciones encontradas para todas las estaciones se presentaron desde 1.13 $\mu\text{g/g}$ hasta 4 $\mu\text{g/g}$ con un promedio de 2.19 $\mu\text{g/g}$ y una variabilidad del 46 %. Estos valores se encuentran dentro de los valores considerados como naturales para los sedimentos marinos de acuerdo a Clark, 1996. El máximo valor se localizó en la estación H, mientras que la mínima concentración correspondió a la estación D (figura 21). Se observa una tendencia de incrementar con la concentración desde la cabeza hacia la boca. Esto sugiere que el nitrógeno es utilizado por los organismos que se encuentran dentro del sedimento.

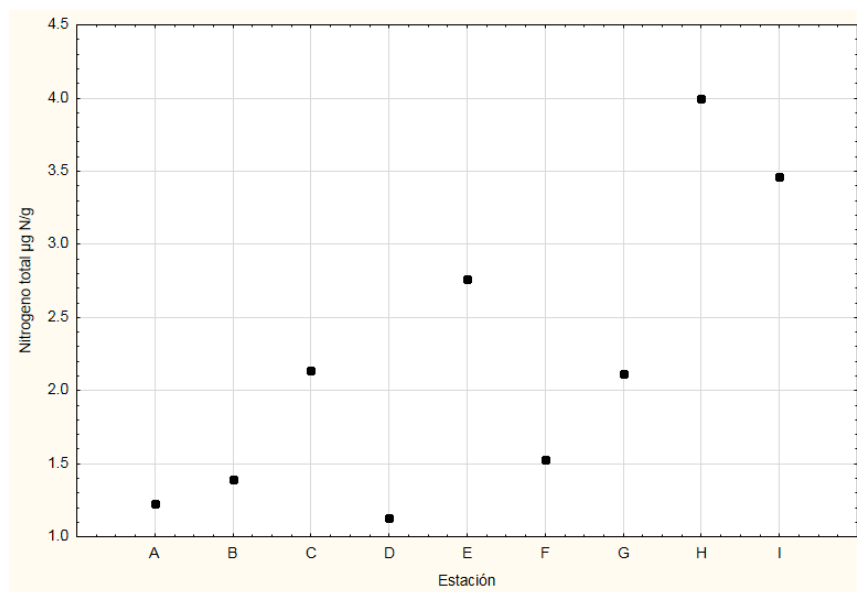
El gradiente que se observa en la figura 21b, muestra dos valores mínimos, uno en la cabeza y otro en el centro de la bahía. Esto puede ser el resultado del consumo de estos nutrientes por parte de los productores primarios (macroalgas) que se encuentran en esta zona de la bahía. Esto es soportado por la coincidencia con los máximos de oxígeno presentes en la columna de agua, como resultado de la producción primaria.

Fosforo total

Las concentraciones de fósforo total en los sedimentos marinos, incluyen a los fosfatos, los polifosfatos y las formas orgánicas del fósforo. Las concentraciones encontradas para todas las estaciones se presentaron desde 0,13 $\mu\text{g P/g}$ hasta 0.35 $\mu\text{g P/g}$, con un promedio de 0.20 $\mu\text{g P/g}$ y una variabilidad del 31.65 %. La máxima concentración se presentó en la estación G y el mínimo valor correspondió a la estación C (figura 22a).

En este caso, el fósforo no presentó una correlación significativa con ninguna variable medible, por tanto, su presencia debe tener un origen diferente. Como consecuencia, su distribución es distinta a las otras variables medidas, presentando máximos de concentración en la parte central de Bahía Falsa, con gradientes de concentración hacia el norte y sur (figura 22b). Este comportamiento puede ser el resultado de aportes de fósforo por escurrimientos provenientes de la zona del delta, como puede ser fertilizantes.

a)



b)

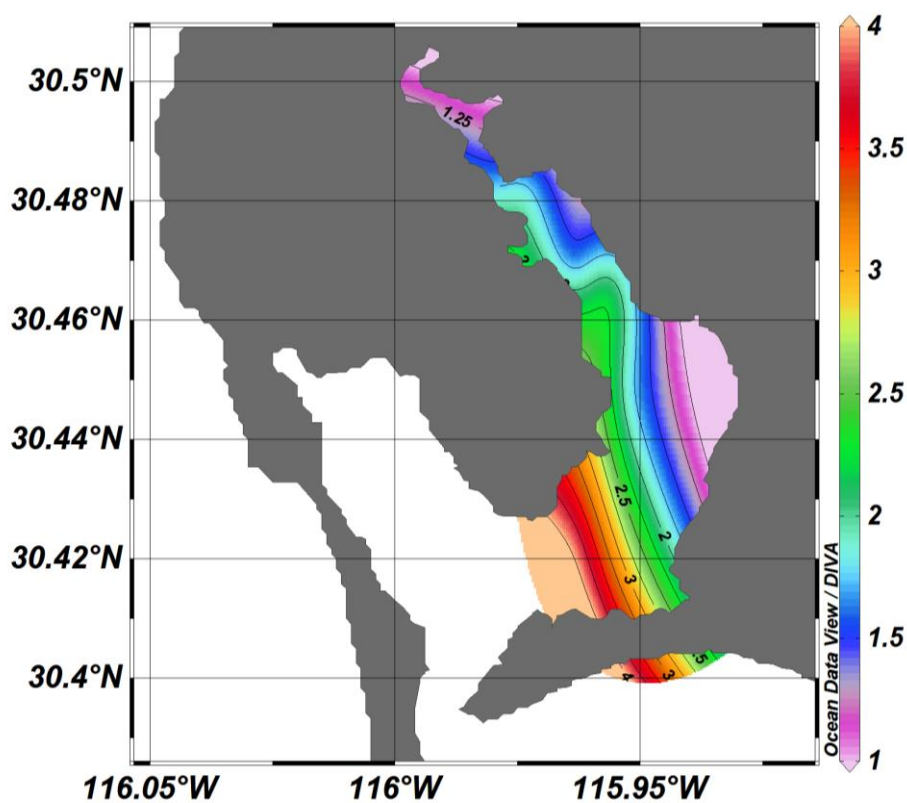
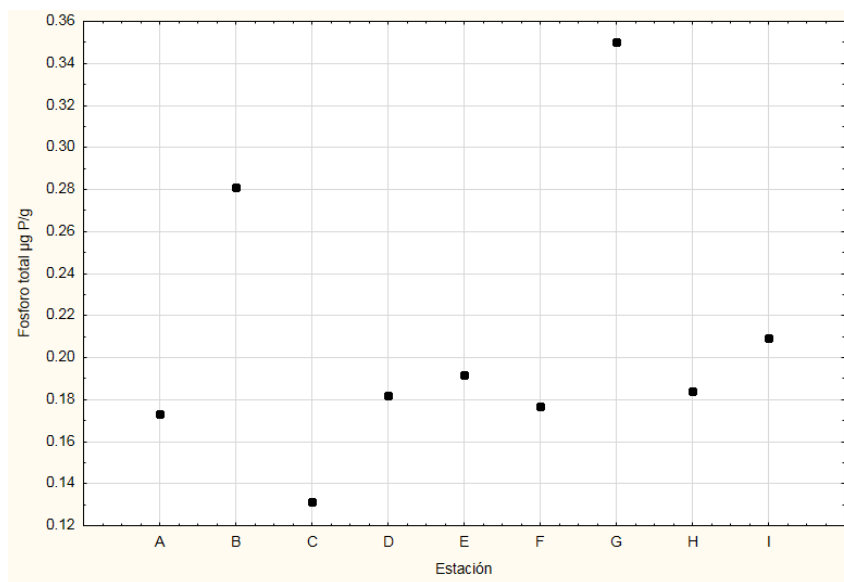


Figura 21. Distribución de Nitrógeno total [$\mu\text{g N/g}$] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

a)



b)

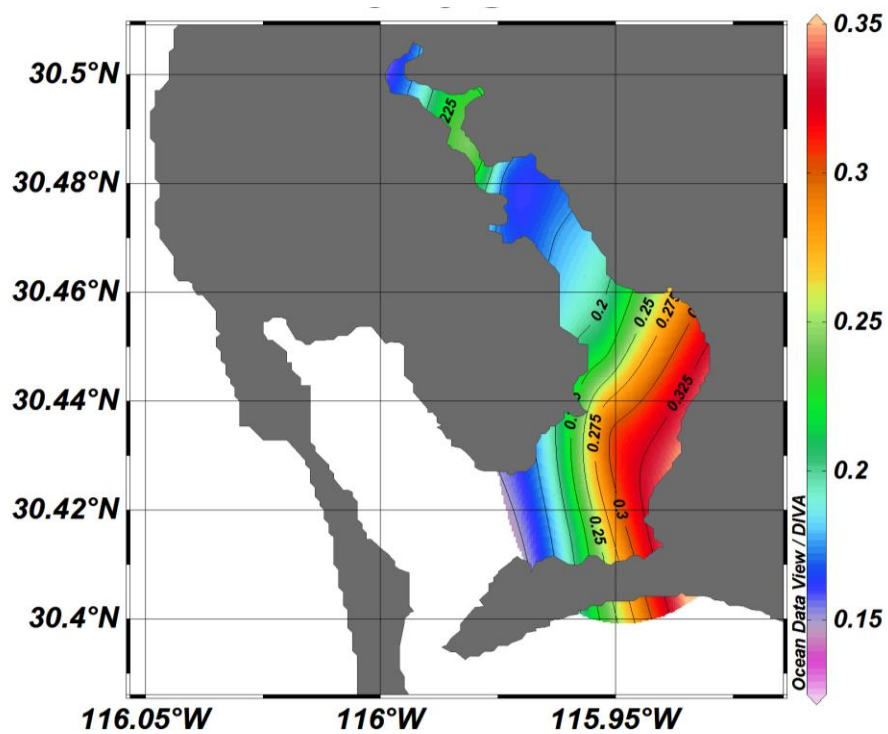


Figura 22. Distribución de Fosforo total [$\mu\text{g F/g}$] en los diferentes puntos de muestreo (a) y su representación como isolíneas (b).

BIODIVERSIDAD BENTONICA.

En la tabla II, se describe de manera general lo encontrado al tamizar la muestra, en todas las estaciones los sedimentos colectados fueron menores a 0.5 mm. Con fragmentos de moluscos y equinodermos, también se encontraron de manera constante fragmentos de plástico en la mayoría de las muestras.

Tabla II Descripción general de las muestras.

Estación	Observaciones
A	Arcillas finas color gris, sin material vegetal, excepto un fragmento de alga verde, pequeños bivalvos, algunas rocas (2-5 mm), abundantes anélidos.
C	Arcillas finas y algunos fragmentos de arena gruesa (>0.5mm) fragmentos de conchas no identificables muy pequeños, algunos gasterópodos y abundantes anélidos.
D	Arcillas finas, abundantes gasterópodos pequeños, sin presencia de material vegetal, muy pocos anélidos.
E	Arcillas o limos muy compactados, abundantes anélidos.
H	Arenas abundantes, menos arcillas, gran cantidad de material vegetal, pocos anélidos pequeños, algunos poliquetos más grandes.
I	Arcillas finas con presencia de material vegetal, algunos bivalvos, gasterópodos y anélidos grandes, y abundantes anélidos pequeños.

En la tabla III, se enlistan las especies encontradas para las estaciones A, C, D, E, H, I, en la parte inferior se observa la sumatoria de organismos encontrados y el índice de Diversidad H.

Tabla III. Organismos encontrados en las estaciones

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Especie	A	C	D	E	H	I
Annelida	Polychaeta	Sedentaria	Spionidae	<i>Polydora spp</i>	439	345	27	244	55	643
				<i>Prionospio spp</i>				4	3	
		Errantia	<i>Capitellidae</i>	<i>Capitella capitata</i>	2			3		3
		Sedentaria	<i>Sabillariidae</i>	<i>Sabelaria spp</i>					2	4
Mollusca	Bivalvia	Cardiida	<i>Veneridae</i>	<i>Simomactra falcata</i>	2		2	1		2
			<i>Tellinidae</i>	<i>Tellina carpenteri</i>	1					
				<i>Tellina modesta</i>						3
				<i>Tellina bodegensis</i>						2
		Ostreoida		<i>Parvamussium spp</i>						4
			<i>Nassaridae</i>	<i>Nassarius mendicus</i>	1		2			1
			<i>Olividae</i>	<i>Olivella biplicata</i>	6		14	2		
			<i>Assiminidae</i>	<i>Assimineia dubiosa</i>		6	242	6	2	
			<i>Piramidellidae</i>	<i>Odostomia spp</i>						2
Sumatoria=					451	351	287	260	62	664
Indice de Diversidad=					0.23	0.21	0.81	0.46	0.68	0.29

Como se observa en la tabla III, la diversidad de las muestras fue en general muy baja, esto afectado por las altas abundancias de una especie en particular el anélido *P. Cirrosa*, que exceptuando la estación D, fue la especie dominante en todas las estaciones. Esto afecta considerablemente al cálculo del índice de diversidad. Coincidentemente, la mayor diversidad se encontró en la estación D, que si bien en dicha muestra el gasterópodo *A. Dubiosa* fue el dominante, su abundancia no fue tan desproporcional con respecto a las otras especies.

El porcentaje de abundancia relativa de las especies, en el total de las estaciones se presenta en la Tabla IV, es relevante la dominancia de *P. cirrosa* y *A. dubiosa*, mientras que las demás especies no rebasan del 1 % de abundancia. En la figura 23 se grafican los porcentajes de abundancia; sin embargo, para fines de representación se excluyeron a *P. Cirrosa* para fines de visualizar de mejor manera las abundancias relativas del resto de las especies, De esta manera, podemos observar que las abundancias exceptuando *Olivella biplicata* son muy bajas y oscilan entre 13% y 2 % del bivalvo *T. Carpetenteri*.

Tabla IV Porcentajes de abundancia relativa de las especies en el total de estaciones.

Especie	% de abundancia relativa
<i>Polydora spp</i>	84.48192771
<i>Prionospio spp</i>	0.33
<i>Capitella capitata</i>	0.38
<i>Sabelaria spp</i>	0.28
<i>Simomactra falcata</i>	0.33
<i>Tellina carpenteri</i>	0.048
<i>Tellina modesta</i>	0.14
<i>Tellina bodegensis</i>	0.096
<i>Parvamussium spp</i>	0.19
<i>Nassarius mendicus</i>	0.19
<i>Olivella biplicata</i>	1.06
<i>Odostomia spp</i>	0.096
<i>Assiminea dubiosa</i>	12.33

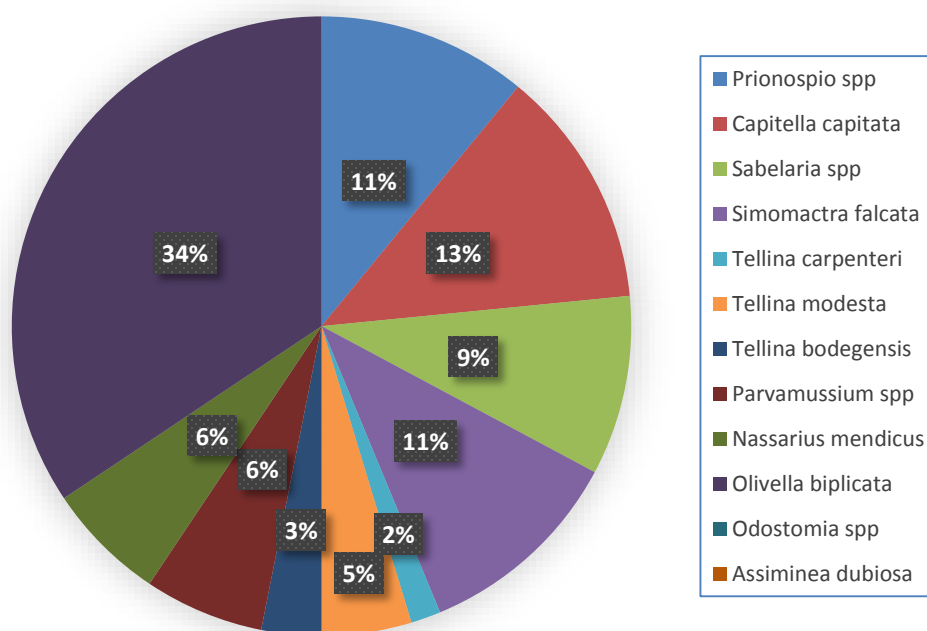


Figura 23 Porcentajes de abundancia de las especies en todas las estaciones, exceptuando: *P. cirrosa* y *Assiminea dubiosa*.

Discusiones finales

Se conoce a la región de San Quintín, B.C., como un área donde las mareas juegan un papel importante en oceanografía del lugar. La única comunicación entre Bahía Falsa y Bahía San Quintín y el océano, se da a través de una boca, rodeada con dos barras arenosas. De igual manera, Bahía San Quintín (BSQ) es una región donde las mareas, son primordiales en la dinámica del ecosistema (Segura-Soto, 2013; Zertuche-Chanes, 2016). Estos eventos transportan con diferentes características fisicoquímicas, hacia el interior de la bahía, afectando la biogeoquímica del lugar.

De acuerdo a los resultados obtenidos, Bahía San Quintín es un cuerpo de agua cuya calidad es afectada por las características del material sedimentario y los procesos biogeoquímicos asociados, como producto de la dinámica oceanográfica del lugar.

En general, los resultados manifiestan que la columna se encuentra en procesos de oxidación de material, tanto orgánico como inorgánico, dominando este último como se observa en los valores de DQO, asociado a la cantidad de SST encontrado.

La concentración de nitratos y nitritos es baja en algunas zonas, y no se encontró una relación significativa con clorofila, al igual que con fósforo. Lo contrario sucede con el amonio. Este último nutriente se presenta con valores superiores a 1 μM , que de acuerdo, a Millero (2013), son mayores a las esperadas en agua de mar superficiales. La relación entre las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato, muestran una clara dependencia entre ellos. El amonio, parece ser la fuente de nitrógeno en el interior de bahía San Quintín, ya que se encuentra en altas concentraciones en la cabeza, disminuyendo su concentración hacia el centro de la bahía, mientras que los nitritos y nitratos muestran el comportamiento contrario, como consecuencia, de proceso de nitrificación. Es probable que el amonio, sea producto de la degradación del material orgánico, ya que la DBO de los sedimentos es máxima en la cabeza. Esto concuerda con otros estudios realizados como Rodríguez-Cardozo (2007) que menciona que los productores primarios sostienen sus requerimientos de nitrógeno con una contribución importante del nitrógeno reciclado.

Así mismo, se logra observar la influencia del océano adyacente en la laguna, con una fuerte entrada de nitrato por la boca. Lo cual concuerda con lo descrito, donde el porte de nutrientes es del océano adyacente, principalmente debido al forzamiento de marea (Millán-Núñez, *et al.* 1982; Camacho-Ibar *et al.* 2003; Aveytua-Alcázar, *et al.* 2008), que depende del flujo y reflujo ocasionado por la misma (Zertuche-Chanes 2016).

Asimismo, los sedimentos pueden actuar como sumideros y almacenar nutrientes dentro del cuerpo lagunar. Se ha determinado el papel que juega el fósforo, y encontró que los sedimentos representan un almacén temporal de fósforo, y una interacción importante entre la columna de agua y el suelo (Ortíz-Hernández, 2006, Camacho-Ibar 2003). Tal vez por esta razón se encuentra un enriquecimiento de fosfato en la columna, a pesar de que el nitrito y nitrato se ven disminuidos. Con concentraciones relativamente bajas en sedimento de Fósforo total, y alta en Nitrógeno total. Entonces, posiblemente después habrá un reciclamiento de nitrógeno y fósforo, además del aporte de nutrientes del océano. También, las altas concentraciones de fósforo encontrado en la parte central de la bahía, sugieren aportes por escurrimientos de las aguas de riego o de la zona del delta.

En este estudio se han podido apreciar procesos naturales de reciclamiento de la materia orgánica, que da como consecuencia un aporte de nutrientes en la columna de agua. Estos nutrientes, sostienen a los productores primarios, manteniendo un equilibrio muy bien definido en este cuerpo de agua. Por ello, las condiciones de pH y oxígeno, se encuentran en concentraciones óptimas para la vida, a pesar de alto contenido de materia orgánica presente en los sedimentos y al alto contenido de sólidos en suspensión.

No se encontraron evidencias de aportes externos que alteren de manera significativa este equilibrio. Solo los fosfatos pueden sugerir algún aporte de este nutriente al cuerpo de agua de la bahía San Quintín. Ni los valores de salinidad se encontraron muy alejados de los valores esperados para esta Bahía.

En cuanto al índice de diversidad de Shannon podemos concluir que los índices son muy bajos en todas las estaciones. La literatura considera índices normales entre 2 y 3, pero bajos si son menores a 2.

Daiz-Castaneda *et al* (2005) elaboraron un estudio de distribución y abundancia de los poliquetos en Bahía San Quintín, encontrando que la porción sur del brazo Este (San Quintín) era el más abundante y diverso. Por otro lado, los poliquetos comprendieron el 45 % de la macrofauna bentónica total muestreada en 46 estaciones repartidas en todo el sistema.

Las familias más representadas en el estudio de Daiz- Castaneda *et al* (2005) fueron Spionidae, Capitellidae y Sabellidae que en conjunto abarcaron más del 45 % de la abundancia total de poliquetos. Estos resultados coinciden con lo encontrado en el presente trabajo en cuanto a que son los grupos más importantes; sin embargo, los autores reportaron una mayor dominancia de Capitellidae sobre Spionidae, siendo que el primero es un poliqueto de vida libre que se asocia a una mayor complejidad ecológica en el sistema (es decir mejor salud del ecosistema), mientras que los

poliquetos sedentarios filtradores de depósito como Spionidae que en este estudio predominaron considerablemente sobre los de vida libre, se asocian más a sitios impactados por la actividad humana, agricultura, acuicultura, por citar algunos. Aunque, por las características que presenta la calidad del sedimento, es más el resultado de una acumulación alta de materia orgánica, que coincide con las mayores abundancias de poliquetos.

Conclusiones

Las condiciones oceanográficas presentes en este cuerpo de agua y el sedimento, muestran un equilibrio ecológico bien definido, manteniendo las características hidrológicas, óptimas para la vida, a pesar de alto contenido de materia orgánica presente en los sedimentos y al alto contenido de sólidos en suspensión. En este estudio se pudo apreciar procesos naturales de reciclamiento de la materia orgánica, que da como consecuencia un aporte de nutrientes en la columna de agua. Estos nutrientes, sostienen a los productores primarios, manteniendo el equilibrio antes mencionado.

La baja biodiversidad de infauna bentónica, parece que están asociados al alto contenido de materia orgánica, ya que predominan los poliquetos, en todas las muestras analizadas.

Literatura citada

- Aveytua-Alcázar L. *et al.* 2008. Modelación de la dinámica biogeoquímica de una laguna costera. En Zertuche-Chanes, 2016. Simulación numérica 3D de la hidrodinámica de Bahía San Quintín y su influencia en la distribución de nitrato. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 96 pp
- Barocio-León O.A., R. Millán-Núñez, E. Santamaría-del-Ángel, A. Gonzalez-Silvera, C.C. Trees, E. Orellana-Cepeda. 2008. Bio-optical characteristics of a phytoplankton Bloom event off Baja California Peninsula (30-31oN) Continental Shelf Research 28 672-681.
- Camacho-Ibar *et al.* 2003. Non-conservative P and N fluxes and Net Ecosystem Production in San Quintín Bay, México. En Zertuche-Chanes, 2016. Simulación numérica 3D de la hidrodinámica de Bahía San Quintín y su influencia en la distribución de nitrato. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 96 pp.
- Canino, S.R. 2006. Contaminantes y Subproductos de desinfección provenientes de aguas residuales en la zona costera Tijuana-Ensenada, B.C. Memorias XIV Congreso Nacional de Oceanografía, Manzanillo, Col.

- Clark, J.R., 1996. Coastal Zone Management Handbook. Primera edición. Lewis Publishers, CRC, Press, USA. 694 pp.
- Daiz-Castaneda A. De León Gonzalez y E. Solana Arellano. 2005. Structure and Composition of the Polychaete Community from Bahia San Quintin, Pacific Coast of Baja California, Mexico Bull, Southern _california Acad Sci. 104(2) 75-99.
- Harbo R.M., 1997. Shells and Shellfish of the Pacific Norwest. A field Guide. Harbour Publishing. British Columbia. 271 pp.
- Kozloff E. N. 1996. Marine Invertebrates of the Pacific Nothwest. University of Washington Press. 576 pp.
- Lamshead P.J.D., H.M., Platt y K.M. Shaw 1983. The Detection of differences among asemblages of marine benthic species. Journal of Natural History Vol. 17, (6) 859-874.
- Millán-Núñez. R. *et al.* 1982. Effects of physcal phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. En Segura-Soto, Y. 2013. Grupos de espectros de absorción y pigmentos del fitoplancton, durante ciclos diurnos y mareas vivas, en una estación fija en Bahía San Quintín, B.C. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 186 pp.
- Millero, F. 2013. Chemical Oceanography. Cuarta Edición. CRC Press,Florida. 591 pp.
- Rodríguez-Cardozo, L. 2007. Valoración económica de las surgencias en Bahía San Quintín, Baja California. En Zertuche-Chanes, 2016. Simulación numérica 3D de la hidrodinámica de Bahía San Quintín y su influencia en la distribución de nitrato. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 96 pp.
- Segura-Soto, Y. 2013. Grupos de espectros de absorción y pigmentos del fitoplancton, durante ciclos diurnos y mareas vivas, en una estación fija en Bahía San Quintín, B.C. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 186 pp.
- Ortíz-Hernández, 2006. En Zertuche-Chanes, 2016. Simulación numérica 3D de la hidrodinámica de Bahía San Quintín y su influencia en la distribución de nitrato. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 96 pp

Zertuche-Chanes, 2016. Simulación numérica 3D de la hidrodinámica de Bahía San Quintín y su influencia en la distribución de nitrato. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. 96 pp

ANEXO I.

Valores de las diferentes variables medidas muestras de agua de la Bahía San Quintín, B.C.

Estación	Salinidad ups	Oxígeno mg/L	pH	DBO ₅ mg/L	DQO mg/L	Nitritos (μM)	Amonio (μM)	Nitrato (μM)	Fosfato (μM)
A	40.19	6.24	7.86	4.22	7.72	0.13	1.64	0.19	1.49
B	36.05	6.04	8.04	4.63	6.08	0.28	0.88	<0.10	1.13
C	35.88	5.23	8.08	3.82	6.48	0.08	0.84	0.30	1.32
D	35.39	6.04	8.14	4.63	5.76	0.18	0.96	<0.10	1.39
E	35.11	5.84	7.95	4.83	7.08	0.07	0.88	0.12	1.30
F	34.74	4.43	8.20	5.03	5.48	0.06	0.68	<0.10	1.37
G	34.84	6.64	8.22	5.43	5.6	0.06	0.92	0.11	1.49
H	34.6	5.84	8.20	4.22	5.52	0.10	0.72	0.26	1.30
I	35.20	6.04	8.19	4.42	5.84	0.04	0.88	0.26	1.85
J	34.32	5.03	8.10	4.42	5.44	0.09	0.76	0.39	1.56
K	34.12	6.64	7.97	4.63	5.72	0.24	0.88	0.79	1.82

Estación	Sulfuros (μg/L)	Hierro (μg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SSF (mg/L)	Clorofilas (mg/m ³)
A	< 0.1	36.72	100.00	25.00	75.00	2.00
B	< 0.1	18.48	39.53	13.95	25.58	0.25
C	< 0.1	13.68	36.00	14.00	22.00	0.44
D	< 0.1	12.72	40.00	12.00	28.00	0.41
E	< 0.1	14.16	48.00	14.00	34.00	0.05
F	< 0.1	7.20	38.00	14.00	24.00	0.08
G	< 0.1	9.84	41.67	10.00	31.67	0.19
H	< 0.1	28.80	17.00	7.00	10.00	0.09
I	< 0.1	18.96	29.17	9.72	19.44	0.41
J	< 0.1	8.16	40.00	13.33	26.67	0.25
K	< 0.1	7.92	31.75	9.52	22.22	0.52

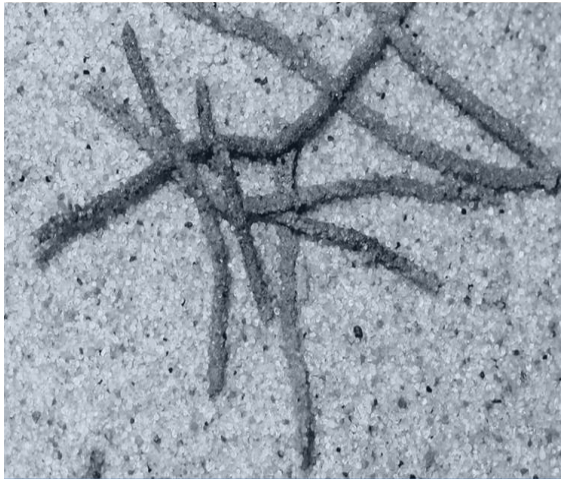
ANEXO II.

Valores de las diferentes variables medidas muestras de sedimento de San Quintín, B.C. Todos los valores se encuentran referidos al peso seco del material sedimentario.

Estación	% MO	% HUMEDAD	pH	Sulfuros µg S/g	DBOs mg/g	Nitrógeno total µg N/g	Fosforo total µg P/g
A	3.17	19.00	8.37	1.58	4.45	1.22	0.17
B	6.63	59.30	8.91	2.62	1.12	1.39	0.28
C	5.76	28.01	9.00	No detectable	2.16	2.14	0.13
D	2.16	24.59	9.12	0.71	3.19	1.13	0.18
E	20.98	35.36	8.55	14.52	1.37	2.76	0.19
F	3.34	24.16	9.05	No detectable	2.75	1.53	0.18
G	4.40	21.60	9.20	1.22	2.80	2.11	0.35
H	2.04	27.32	8.93	1.32	2.43	4.00	0.18
I	3.46	32.98	9.04	1.59	1.47	3.46	0.21

ANEXO III.

Fotografías de los organismos encontrados en el material sedimentario.



Anélidos poliquetos *Sabellaria spp* dentro de su tubo de sedimento (izquierda), lado derecho anélido de vida libre *C. Capitata*.



Anélidos poliquetos *Polydora spp* y *Prionospio spp*.



Bivalvos *Simomactra falcata* (izquierda) y *Tellina modesta* (derecha).



Bivalvos *Macoma yoldiformis* (izquierda) y *Parvamussium spp* (derecha).



Gasteropodos *Olivella biplicata* y *Assiminea dubiosa*



Gasteropodos *Nassarius mendicus* y *Odostomia* spp