



**Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ciencias Marinas
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Posgrado en Oceanografía Costera**

**"Evaluación de los cambios en la comunidad fitoplanctónica durante el período 2016-
2017 y sus implicaciones para el aprovechamiento acuícola en San Quintín, Baja
California, México"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA:

LINDA JOVANA ZUMAYA BASURTO

Director de tesis:

Dra. Mary Carmen Ruiz De La Torre

Sinodales:

Dra. Adriana Gisel González Silvera

Dr. Adán Mejía Trejo

Dra. Miroslava Vivanco Aranda

Ensenada, Baja California.

Enero, 2020

**"Evaluación de los cambios en la comunidad fitoplanctónica durante el periodo 2016-
2017 y sus implicaciones para el aprovechamiento acuícola en San Quintín, Baja
California, México"**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA:
LINDA JOVANA ZUMAYA BASURTO

APROBADA POR:



Dra. Mary Carmen Ruiz de la Torre

Directora de tesis



Dra. Adriana Gisel González Silvera

Sinodal



Dr. Adán Mejía Trejo

Sinodal



Dra. Miroslava Vivanco Aranda

Sinodal

ÍNDICE

DEDICATORIA	11
AGRADECIMIENTOS	12
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
ANTECEDENTES	16
OBJETIVOS	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS PARTICULARES	19
HIPÓTESIS	20
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
METODOLOGÍA	23
MUESTREO DE CAMPO.....	23
OBTENCIÓN DE DATOS	24
ANÁLISIS DE BASES DE DATOS	26
RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE BSQ	30
COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DURANTE EL 2016 Y 2017. ..	30
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESPECIES FITOPLANCTÓNICOS 2016	33
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESPECIES FITOPLANCTÓNICOS 2017	37
ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER Y DOMINANCIA.	41
LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN FUNCIÓN DE LA HIDROGRAFÍA	44
HIDROGRAFÍA PRESENTE EN BSQ DURANTE LOS MESES DE MAYOR ABUNDANCIA EN EL 2016.....	46
HIDROGRAFÍA PRESENTE EN BSQ DURANTE LOS MESES DE MAYOR ABUNDANCIA EN EL 2017.....	55
ANÁLISIS DE CLUSTERS	67
ANÁLISIS DISCRIMINANTE	67
CLUSTER DE K-MEDIAS	67
CLUSTER JERÁRQUICO	71
EVALUACIÓN DEL MONITOREO FITOPLANCTÓNICO	74

RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LOS GRUPOS FITOPLANCTÓNICOS DE INTERÉS	74
EVALUACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL MONITOREO FITOPLANCTÓNICO EN BSQ..	74
CONCLUSIÓN	77
REFERENCIAS	79
ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de pesca de captura (Inferior) y la acuicultura (Superior). Tomado de la FAO, 2018.

Figura 2. Serie desde el 2008 de la producción de ostión (peso vivo en toneladas). Tomado de CONAPESCA, 2017.

Figura 3. Serie histórica de la producción pesquera de Baja California y su participación porcentual en la producción nacional (Izquierda - toneladas, Derecha- miles de pesos, CONAPESCA, 2017).

Figura 4. Mapa de macrolocalización de la península de Baja California dónde se marca la ubicación de San Quintín (Izquierda). Mapa dónde se muestra Bahías Falsa (BF) y San Quintín (BSQ) y las tres estaciones de muestreo (07, 09, 10) (Derecha). Fuente: Google maps.

Figura 5. Diagrama del seguimiento que se lleva a cabo desde la recolección de muestras hasta la entrega de reportes.

Figura 6. Formato del reporte oficial proporcionado por la COFEPRIS dónde se integran la información obtenida en las lecturas de fitoplancton, (Comisión Federal para la Prevención contra Riesgos Sanitarios, 2015).

Figura 7. Abundancia relativa mensual dividida por estaciones (10, 9, 7) de cada grupo fitoplanctónico encontrado durante el 2016.

Figura 8. Abundancia relativa mensual dividida por estaciones (10, 9, 7) de cada grupo fitoplanctónico encontrado durante el 2017.

Figura 9. Organismos fitoplanctónicos con potencial nocivo presentes en BSQ. *Dinophysis* sp. (Izquierda), *Prorocentrum* sp. (Media), *Pseudonitzschia* sp. (Derecha).

Figura 10. Abundancia mensual (Cell-1) de fitoplancton para las tres estaciones durante el 2016 (negro - estación 10, gris - estación 9, blanco - estación 7).

Figura 11. Abundancia mensual (Cell-1) en la estación 10 durante el 2016.

Figura 12. Abundancia mensual (Cell-1) en la estación 9 durante el 2016.

Figura 13. Abundancia mensual (Cell-1) en la estación 7 durante el 2016.

Figura 14. Abundancia relativa mensual entre diatomeas (blanco) y dinoflagelados (negro) durante el 2016 para cada estación (10, 9, 7).

Figura 15. Abundancia mensual (Cell-1) de fitoplancton para las tres estaciones durante el 2017 (negro - estación 10, gris - estación 9, blanco - estación 7).

Figura 16. Abundancia mensual de fitoplancton (Cell-1) en la estación 10 durante el 2017.

Figura 17. Abundancia mensual de fitoplancton (Cell-1) en la estación 9 durante el 2017.

Figura 18. Abundancia mensual de fitoplancton (Cell-1) en la estación 7 durante el 2017.

Figura 19. Abundancia relativa mensual entre diatomeas (blanco) y dinoflagelados (negro) durante el 2017 para cada estación (10, 9, 7).

Figura 20. Índice de Shannon-Weaver (H') y dominancia (J') durante el 2016 y 2017.

Figura 21. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (Inferior) de tres zonas dentro de BSQ durante el año 2004 (azul-T02 boca, verde-T07 BF, rojo-T13 BSQ (molino)).

Figura 22. Serie del índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Superior), temperatura filtrada (marea removida) ($^{\circ}\text{C}$) (Medio) y nivel del mar (m) (Inferior) para el periodo de marzo de 2008 a abril de 2009.

Figura 23. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de abril durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo).

Figura 24. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de julio durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo).

Figura 25. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de septiembre durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo). La quinta línea no es un muestreo, si no, un error del programa.

Figura 26. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de enero durante el año 2017 (cada línea representa un muestreo).

Figura 27. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de mayo durante el año 2017 (cada línea representa un muestreo).

Figura 28. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de durante el año 2017 (cada línea representa un muestreo).

Figura 29. Abundancia en Cell-1 en relación a la siembra mensual de semilla/larva de ostión en BSQ durante el 2016.

Figura 30. Abundancia en Cell-1 en relación a la siembra mensual de semilla/larva de ostión en BSQ durante el 2017.

Figura 31. Clasificación porcentual de todas las variables en tres clusters.

Figura 32. Participación porcentual de los casos por estaciones diferenciando el año, en el cluster #1.

Figura 33. Participación porcentual de los casos por estaciones diferenciando el año, cluster #2.

Figura 34. Participación porcentual de los casos por estaciones diferenciando el año, en el cluster #3.

Figura 35. Dendograma obtenido con el programa “SPSS” durante el análisis de cluster jerárquico, en él se enmarcan en un recuadro rojo las clasificaciones finales.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables cuantitativas y cualitativas utilizadas en el programa SPSS.

Tabla 2. Géneros de diatomeas y dinoflagelados representativos para los años 2016 y 2017.

Tabla 3. Índice de Shannon-Weaver (H') y dominancia (J') por año.

Tabla 4. Índice de Shannon-Weaver (H') y dominancia (J') por estación para ambos años.

Tabla 5. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de abril del 2016.

Tabla 6. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de julio del 2016.

Tabla 7. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de septiembre del 2016.

Tabla 8. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de enero del 2017.

Tabla 9. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de mayo del 2017.

Tabla 10. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de septiembre del 2017.

Tabla 11. Resultado de las variables de agrupación para el análisis discriminante.

Tabla 12. Resultados del análisis de agrupación de cluster de k-medias.

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Extrapolación de células al total de campos de acuerdo a los campos leídos.

Ecuación 2. Transformación a células por litro.

Ecuación 3. Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H').

Ecuación 4. π .

Ecuación 5. Dominancia (J').

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Concentración promedio en la columna de agua de nitrato y trazadores para ambos escenarios en las distintas zonas de BSQ (Zertuche, 2016).

ANEXO 2. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior) durante el año 2016.

ANEXO 3. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior) durante el año 2017.

ANEXO 4. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia (m3s-1100m-1) (Inferior), para el mes de septiembre durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo).

ANEXO 5. Índice de surgencia (m3s-1100m-1) acumulado para los años 2015, 2016, 2017 y 2018, con el promedio histórico.

ANEXO 6. Resultados de estadística descriptiva de los grupos principales durante cada uno de los años.

ANEXO 7. Porcentajes de pertenencia de grupos entre estaciones para el año 2016.

ANEXO 8. Porcentajes de pertenencia de grupos entre estaciones para el año 2017.

ANEXO 9. Resultados de estadística descriptiva sobre grupo fitoplanctónico y Cell-1 por muestra de las estaciones durante cada uno de los años.

ANEXO 10. Tabla de contingencia, resultado del análisis de cluster, complemento del dendograma.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

La Dra. Mary Carmen Ruiz de la Torre, por todo su apoyo y confianza desde que tengo memoria. Gracias por ser mi madre académica.

A mi hermana por apoyarme y estar pendiente de mí.

A Danaly y Alberto por alegrarse y abrazarme cuando me ven, por existir.

A Martin, Víctor, Alejandra, Daniela y Karla, mi familia.

A mi tía, Yadel Díaz por siempre creer en mí, por apoyarme, y alentarme a siempre seguir adelante académicamente.

A Maricza y Alejandra, por su amistad, apoyo y consejos, y por esos momentos de distracción cuando ya no sabemos qué hacer con nuestras tesis y proyectos.

A Ramiro, porque siempre tiene algo positivo que decirme y siempre me recordó que debía estar escribiendo la tesis, sin ti no habría terminado.

A Liz, porque en tan poco tiempo de conocernos siempre me ayudó, me apoyo y estuvo pendiente de mí, tanto académica como personalmente, eres una gran persona.

A mí.

AGRADECIMIENTOS

A mi comité de tesis por su apoyo y colaboración:

A la Dra. Mary Carmen Ruiz de la Torre, Dra. Adriana Gisel González Silvera, Dr. Adan Mejía Trejo, Dra. Miroslava Vivanco Aranda, por aceptar integrarse a este trabajo, por su tiempo, sus consejos y aportaciones tanto al trabajo como a mí académicamente.

A la Facultad de Ciencias Marinas y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por aceptarme en el programa de maestría en Oceanografía Costera.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por otorgarme la beca de posgrado.

Al Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad de Baja California (CESAIBC), Héctor González y Alfonso Fajer, por proporcionar la información para realizar este trabajo y por siempre estar en la mejor disposición.

Al Dr. José Ake y a la Universidad Veracruzana por aceptarme y recibirme durante mi estancia académica.

A todos los académicos y profesores que me impartieron clases durante la maestría.

RESUMEN

Los florecimientos algales y la comunidad fitoplanctónica son estudiados recientemente con mayor interés debido a los daños que generan al ecosistema, que terminan en un impacto socioeconómico negativo, afectando la población que depende del ecosistema relacionado. En este estudio se analiza la comunidad fitoplanctónica de Bahía San Quintín (BSQ) en Baja California, México, así como su relación con la hidrografía y sus implicaciones en el aprovechamiento acuícola de la zona durante dos años (2016 y 2017), también se evalúa la eficiencia del monitoreo fitoplanctónico implementado por el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB) desde el 2015. Los datos utilizados en este trabajo fueron proporcionados por el Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad de Baja California (CESAIBC), quienes llevan el monitoreo fitoplanctónico implementado por la Comisión Federal para la Prevención Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) para el cumplimiento de uno de los lineamientos indicados en el PMSMB para la certificación de zonas de extracción de moluscos bivalvos. Dicho monitoreo se realiza por arrastre de red y toma de agua por botella en tres puntos dentro de la bahía, sin embargo, en este estudio sólo se utilizaron datos del muestreo de botella, correspondientes al método cuantitativo con el cual se obtuvieron las abundancias en Cell^{-1} , ya que fue de interés conocer las concentraciones fitoplanctónicas. Entre los resultados obtenidos, los grupos principales de fitoplancton fueron las diatomeas y los dinoflagelados constituyendo el 99% de la población durante los dos años, en el 2016 se encontraron mayores abundancias durante la temporada de surgencia ($100,000 \text{ Cell}^{-1}$) y en el 2017 se presentan mayores abundancias durante los meses de enero, mayo y septiembre ($900,000 \text{ Cell}^{-1}$). Las abundancias fueron mayores para el 2017 en un 80% lo cual se atribuye al efecto de El Niño del 2015 debido a las condiciones físicas que se presentan durante este fenómeno. El grupo dominante fue el de las diatomeas (70% en el 2016 y 60% en el 2017). Además, se encontró que la marea regula la distribución del fitoplancton en las tres estaciones, el índice de surgencia influye en el aumento de las abundancias de fitoplancton y la temperatura influye en la aparición de diatomeas o dinoflagelados, por lo tanto, es importante que estas variables se tomen junto con el monitoreo fitoplanctónico. Algunos géneros encontrados fueron *Pseudonitzschia* sp., *Dinophysis* sp. y *Prorocentrum* sp., los cuales tienen un potencial nocivo debido a la producción de biotoxinas.

INTRODUCCIÓN

La zona costera mexicana abarca complejos escenarios geomorfológicos a lo largo de un litoral de 11.600 km que interactúa con la amplia plataforma continental de 500.000 km² (Rivera-Arriaga & Villalobos, 2001). La extensión del área de estuarios es de 16,000 km² y el de las lagunas costeras es de 12,500 km² (Camacho-Ibar & Rivera-Monroy, 2014), estos últimos se caracterizan por tener valores de producción primaria alta, que incluyen mayor diversidad y densidad de peces e invertebrados, por lo que son importantes a nivel global tanto desde el punto de vista ecológico como económico (Hosack *et al.* 2006). La producción primaria bentónica es frecuentemente más alta que la producción pelágica. Además, los pastos, macroalgas, microalgas y plantas de marisma son los productores bentónicos dominantes en los sistemas más someros, debido a esta producción las costas mexicanas juegan un papel importante en la economía del país (Camacho-Ibar & Rivera-Monroy, 2014).

En el anuario estadístico de acuacultura y pesca 2017 de la CONAPESCA, Baja California se ubica en el tercer lugar nacional de producción pesquera y el séptimo lugar en valor de producción, en este también se señalan 141 unidades de producción acuícola. De acuerdo a los registros del Comité Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California (CESAIBC) para el 2014, en el Estado existen 66 productores, 44 de moluscos, 17 de crustáceos y 5 de peces. Las unidades de producción acuícola están localizadas principalmente en la zona de San Quintín, Bahía de Todos los Santos, Eréndira, en Laguna Manuela, en áreas cercanas a la Bahía de Ensenada y en el Valle de Mexicali. Para mantener la certificación de las zonas acuícolas, el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB), ordena que, los productores deben cumplir con cierta normativa, entre ellas está el análisis de muestras del producto para la detección de bacterias y biotoxinas, y la detección de especies potencialmente nocivas para lo cual se realiza un monitoreo fitoplanctónico semanal en cada zona a través de la colaboración con COFEPRIS, CESAIBC y los mismos productores.

Bahía San Quintín en Baja California siendo la delegación pionera en el cultivo de moluscos bivalvos, cuenta con 24 zonas de cultivo certificadas para la extracción y exportación de estos organismos. Este trabajo se realiza con la finalidad de aportar información importante a este sector acuícola sobre la variación de la comunidad fitoplanctónica, si está relacionada

con algunas variables físicas y la morfología de la zona, así como temporadas que beneficien o perjudiquen la alimentación natural de los moluscos. Se realizará un análisis estadístico mediante la integración de un programa que, durante los últimos años, se ha utilizado en una gran diversidad de estudios realizados en las ciencias sociales y biológicas, ya que son analizadas de manera simultánea un gran número de variables que, aunque de distinta naturaleza, se encuentran relacionadas entre sí, con esto, se busca mostrar las diferentes variables que pueden afectar a la comunidad fitoplanctónica para que se consideren en el futuro y con ello fortalecer el monitoreo y la obtención que permita generar alertas tempranas o líneas bases ante los cambios de condiciones como la temperatura en los cuerpos de agua de la región. Para lograr el objetivo de este trabajo se utilizarán las bases de datos del monitoreo fitoplanctónico implementado desde el 2015 por el Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad de Baja California, como parte de los lineamientos del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos para mantener la certificación de las zonas de cultivo y extracción.

ANTECEDENTES

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas a la pesca plantea 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para mantener la pesca sostenible y resiliente y con ello cubrir los requerimientos de la población mundial además de conservar y utilizar sosteniblemente los océanos y recursos marinos. En el 2016 se estimó 362,000 millones de dólares, de los cuales 232,000 millones de dólares procedían de la producción acuícola, esto indica que la acuicultura ha estado en crecimiento ayudando a que la pesca sea estable y sostenible (Figura 1), y sigue creciendo anualmente en un 5.8 % desde el año 2000 (FAO, 2018). En México, la producción pesquera en el 2017 concluyó con 2,154,855 toneladas equivalentes a 2,129,577 mil millones de dólares, de este total de toneladas el 19% provienen de la acuicultura equivalentes a 954,914 mil dólares (CONAPESCA, 2017).

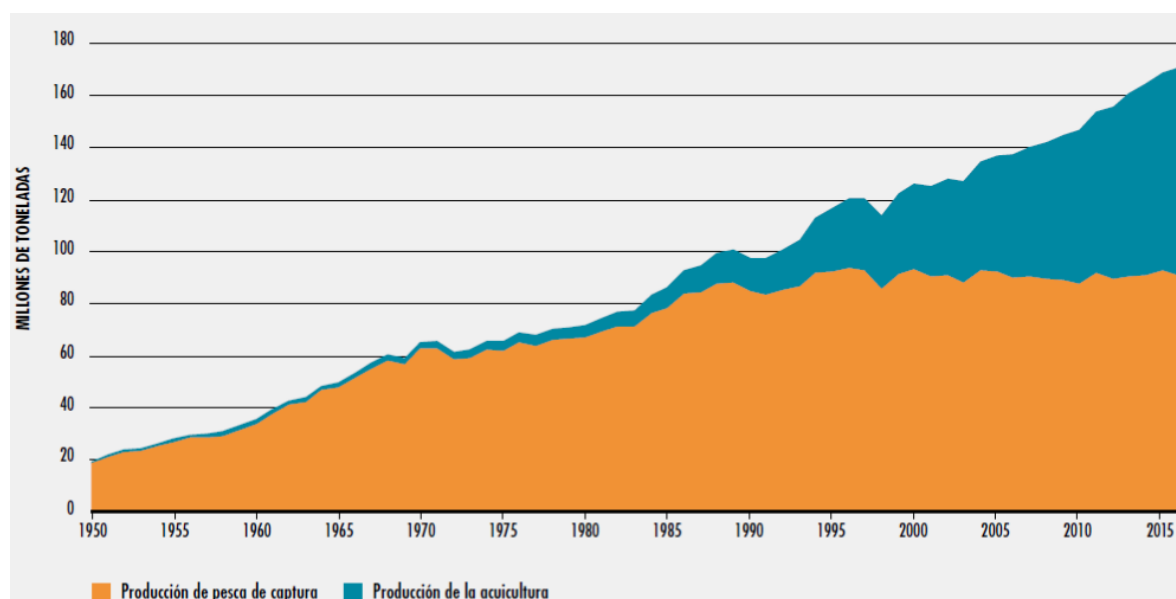


Figura 1. Producción mundial de pesca de captura (Inferior) y la acuicultura (Superior). Tomado de la FAO, 2018.

Para el 2016, tan sólo la producción mundial de moluscos ascendió a 17.1 millones de toneladas (FAO, 2018). Dentro de los moluscos que se extraen en México, el ostión tiene un alto valor comercial, para el 2017 se encuentra en séptimo lugar a nivel nacional. Durante este año se aportaron 54,964 toneladas (figura 2), los cuales equivalen a 537,220 miles de pesos, dónde 15,516 toneladas son provenientes de la costa del pacífico (CONAPESCA, 2017).

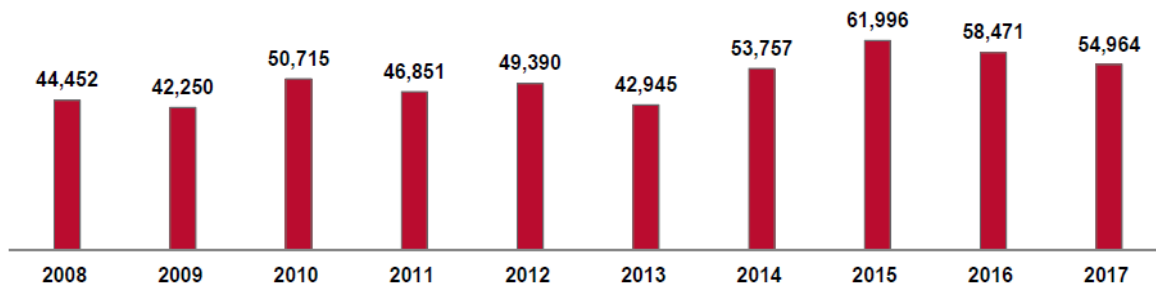


Figura 2. Serie desde el 2008 de la producción de ostión (peso vivo en toneladas). Tomado de CONAPESCA, 2017.

Baja California se encuentra en tercer lugar en producción de volumen y en séptimo lugar en cuanto al valor económico. Cuenta con 56 plantas pesqueras y 141 unidades de producción acuícola, con lo que aporta 211,960 toneladas de peso vivo equivalentes a 1,699,374 miles de pesos (figura 3). La acuicultura en Baja California aporta 9,550 Toneladas del peso vivo (CONAPESCA, 2017).

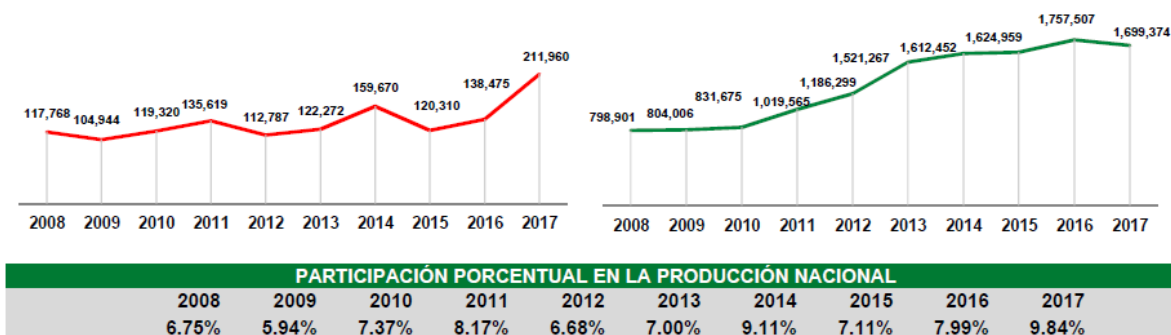


Figura 3. Serie histórica de la producción pesquera de Baja California y su participación porcentual en la producción nacional (Izquierda - toneladas, Derecha- miles de pesos, CONAPESCA, 2017).

Baja California cuenta con cinco zonas clasificadas por la Food and Drug Administration (FDA) para la extracción y exportación de productos marino, las cuales son Rincón de Ballenas (Bahía Todos Santos), Laguna Guerrero Negro, Bahía San Quintín, Laguna Manuela y Bahía Soledad. Los moluscos bivalvos son uno de los productos que se cultivan en estas zonas (SEPESCA, 2015). Con la finalidad de ejercer un control sanitario sobre los

moluscos bivalvos que se cosechan y procesan en dichas áreas, se implementa una guía técnica dentro del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB), por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). La guía se desprende a partir de las NOM 242-SSA1-2009 productos y servicios y NOM-128-SSA1-1994 bienes y servicios y busca ser equivalente a lo exigidos por la FDA, SANCO, CFIA y otras autoridades sanitarias extranjeras (PMSMB, 2009). En la guía se desglosan 16 capítulos, dónde se especifican los requerimientos necesarios con los cuales deben cumplir las áreas de cosecha, los cosechadores y los procesadores de moluscos bivalvos, y así establecer un programa que cuide la salud pública de los consumidores, garantizando la venta y distribución de moluscos bivalvos provenientes de fuentes seguras y asegurando que no se encuentren sujetos a adulteración, alteración o contaminación durante su cultivo, cosecha, extracción, proceso, transporte, manejo y comercialización. En las áreas ya certificadas se llevan a cabo estudios sanitarios, bacteriológicos y de biotoxinas marinas, en este último se adopta un plan de contingencia para todas las áreas, el cual consiste en un monitoreo fitoplanctónico en agua y producto, que alerte sobre la posible presencia de organismos nocivos y tóxicos, para tomar medidas sobre el cultivo (PMSMB, 2009). En apoyo al programa de monitoreo el Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad de Baja California (CESAIBC) se encarga de recibir, analizar y reportar las muestras de agua semanalmente de cada uno de los puntos de muestreo dentro de las zonas certificadas.

La introducción del ostión (*Crassostrea gigas*) en México se inició en los años 70's con el primer lote de semilla sembrado en Bahía San Quintín, Baja California, y se fue expandiendo a lo largo de la península, tanto en el Pacífico como en el Golfo de California. La actividad fue tan exitosa con su exportación a Estados Unidos que se impulsó la producción de juveniles. A principios de los años 80's se constituyó la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Falsa, S.C.L., siendo esta la pionera en la ostricultura, y se iniciaron cultivos con productos locales (Chávez-Villalba, 2014). Para el 2014 el peso desembarcado de ostión sólo para SQ fue de más de 1,600 toneladas y de las ocho entidades de BC que explotan este producto, SQ aporta el 69%. Para el 2017 la producción de ostión en BC fue de y 2,731 toneladas de la producción total del peso vivo, que equivalen a 74,553 miles de pesos (CONAPESCA, 2017).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los resultados obtenidos del monitoreo fitoplanctónico del CESAIBC, en la Laguna costera San Quintín, B.C. durante el periodo 2016-2017. Tomando en cuenta las variabilidades físicas, climatológicas y geológicas de la bahía durante cada muestreo, para identificar la relación entre estos.

OBJETIVOS PARTICULARES

Documentar cambios en la composición de la comunidad fitoplanctónica presente en Bahía San Quintín durante el periodo 2016-2017.

Relacionar cambios en la composición de la comunidad fitoplanctónica con la hidrografía presente durante el periodo de estudio.

Aplicar estadística multivariada utilizando información sobre la composición de la comunidad fitoplanctónica durante el periodo de estudio y su posible aplicación en la actividad acuícola de BSQ.

Evaluar los puntos de muestreo estratégico para el monitoreo semanal de fitoplancton en BSQ.

HIPÓTESIS

Bahía San Quintín es una zona sometida a una hidrografía con mucha variabilidad, por lo cual la comunidad fitoplanctónica que depende del aporte de nutrientes, lo que a su vez está dependiendo de la marea y la surgencia, por lo tanto, la comunidad fitoplanctónica depende indirectamente de estos, lo que afecta la zona de cultivo de moluscos bivalvos certificada dentro de Bahía Falsa.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Bahía San Quintín se localiza en la costa noroeste de la península de Baja California, México (30°27'N y 116°00'W) (Figura 4). Esta laguna tiene forma de “Y” con un área aproximada de 42 km². Su brazo oriental es conocido como Bahía San Quintín (BSQ), tiene una longitud aproximada de 11.5 km y se caracteriza por tener un fondo irregular y su brazo occidental conocido como Bahía Falsa (BF), tiene aproximadamente 5.6 km de largo y consiste en una plataforma submarina somera. La bahía se caracteriza por tener estrechos canales con profundidades máximas entre 5 y 15 m, mientras que el resto del área tiene una profundidad promedio de 2 m. Los rangos anuales de temperatura son de 15.3°C a 21°C y en la boca de la bahía, 18.2°C a 22.1°C en el resto de la bahía (Gracia-Escobar *et al.* 2014) y en el interior del brazo este, respectivamente. Aveytua-Alcázar 2008, menciona que la circulación de BSQ está caracterizada por la entrada de agua nueva proveniente del océano adyacente hacia la bahía y dado que este se extiende y divide por un lado hacia BSQ y por otro hacia BF el agua es distribuida en toda la bahía. Durante mareas vivas hay una circulación “positiva” o de entrada de agua y más intensa, durante marea muerta la intensidad disminuye. Además, el flujo se invierte cuando se pasa de una marea que está subiendo a una que está bajando y viceversa por el lado oeste de la entrada de la bahía (Vidal, 2014). Además, Bahía San Quintín es un cuerpo de agua fértil al igual que Bahía Falsa, la cual posee un patrón de sucesión fitoplanctónica regular dónde se verifica la mayor influencia de las aguas oceánicas sobre ésta última. La productividad primaria media superficial es de 27 mgCm³/h con un intervalo de ± 3.2 .

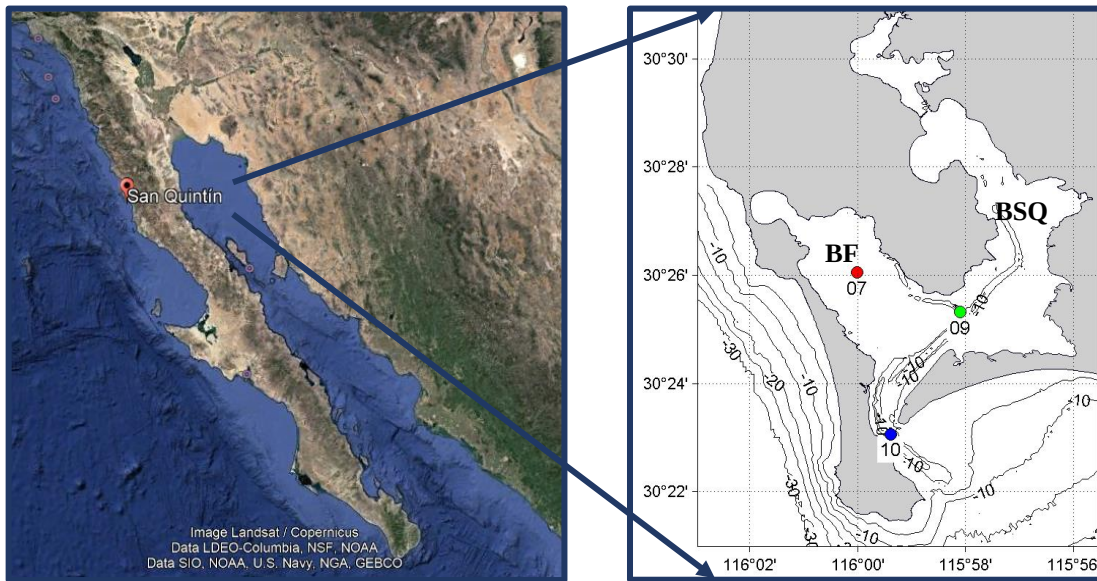


Figura 4. Mapa de macrolocalización de la península de Baja California dónde se marca la ubicación de San Quintín (Izquierda). Mapa dónde se muestra Bahías Falsa (BF) y San Quintín (BSQ) y las tres estaciones de muestreo (07, 09, 10) (Derecha). Fuente: Google maps (Izquierda).

METODOLOGÍA

MUESTREO DE CAMPO

En BSQ se tienen tres puntos de muestreo (figura 4- Derecha), la estación 10 ubicada en la boca de la bahía, la estación 9 ubicada en la intercepción entre BF y BSQ, y finalmente la estación 7 ubicada en el centro de BF sobre la zona de cultivos. El muestreo se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en el lineamiento de trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas (COFEPRIS, 2016). La muestra fue tomada por los productores en la zona de muestreo y es enviada al CESAIBC, dónde se encargaron de recibir la muestra y llevar a cabo el proceso de lectura e identificación, y finalmente proporcionar un reporte de lectura para los productores y COFEPRIS (figura 5). Las Muestras de red se leyeron en con un microscopio compuesto en una cámara de Sedgwick Rafter, este método es el “cualitativo” e indica cuáles son los géneros que se encuentran en el momento que se tomó la muestra. Las muestras de botella se colocaron en cámaras de sedimentación de Utermöhl durante 24 horas y después se leyó en un microscopio invertido, este método es el “cuantitativo” y nos da resultados de células por litro.

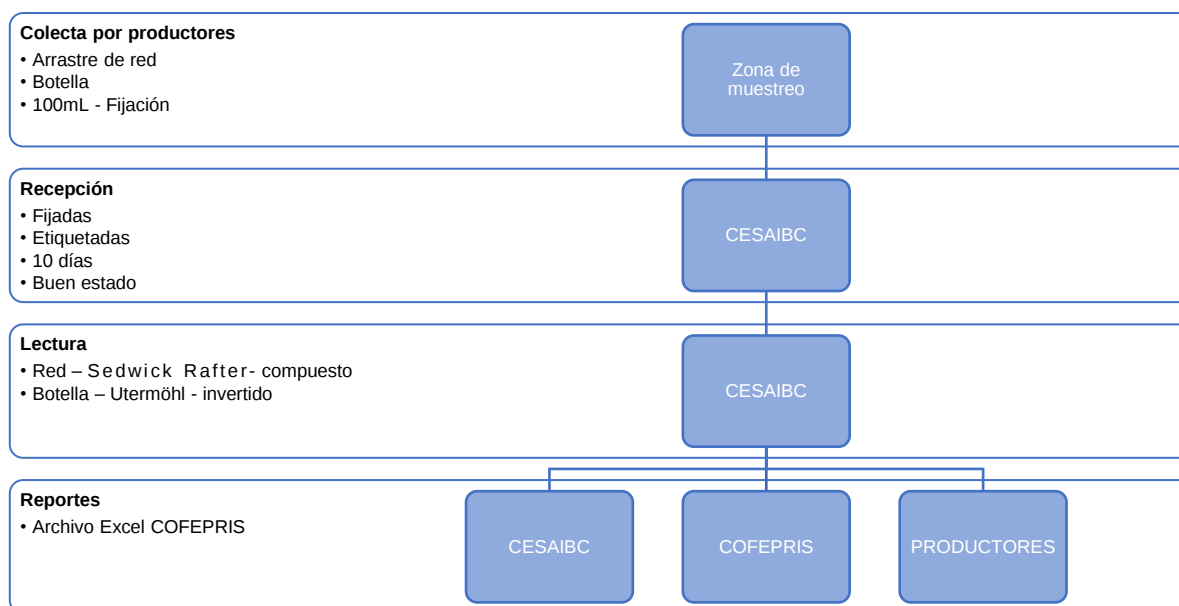


Figura 5. Diagrama del seguimiento que se lleva a cabo desde la recolección de muestras hasta la entrega de reportes.

Estos resultados de las lecturas se pasan en un reporte en formato .XLS (Excel) proporcionado por la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y se envía a el gerente del CESAIBC, al encargado del programa mexicano de sanidad de moluscos bivalvos (PMSMB) de la COFEPRIS y a los productores (Figura 6).

OBTENCIÓN DE DATOS

Los resultados de las lecturas en microscopio fueron integrados en el reporte oficial (figura 6) proporcionado por la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), el reporte se envió al responsable de moluscos del CESAIBC, al encargado del programa mexicano de sanidad de moluscos bivalvos (PMSMB) de la COFEPRIS y a los productores. El CESAIBC proporcionó los reportes correspondientes a los años 2016 y 2017, para la elaboración de este trabajo, se utilizaron sólo las muestras de botella de los dos años, por lo tanto, se obtuvieron total 181 reportes.

Fecha:	DÍA MES AÑO			Hora: (24 HRS)	HORA	MINUTOS	Folio:	FTB_01abril19_BSQ9_CESAIBC-UABO	
Nombre del área de cultivo:				Estación:	Método:	Muestra	BOTELLA		
				DATOS DEL MICROSCOPIO UTILIZADO		No. De campos totales de la cámara Utermohl		54	23
						Objetivo		10 x	20x
				DATOS REQUERIDOS PARA CÁLCULA		ol. Sedimentado (ml): o. De campos leídos			
Especies No Tóxicas	No. de células	Abundancia Relativa	Abundancia (col 1-1)	Especies No Tóxicas	No. de células	Abundancia Relativa	Abundancia (col 1-1)		
<i>Achnanthes longipes</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Protoperdinium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Asterionella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Protoperdinium divergens</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Bacteriastrium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Protoperdinium leonis</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Biddulphia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Pycocistis</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Rhizosolenia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium breve</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Scorpiosella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium dens</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Skeletonema</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium furca</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Skeletonema costatum</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium fusus</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Surirella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium lineatum</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Thalassionema</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium pentagonum</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Thalassiosira</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ceratium trichoceros</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Thalassiothrix</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Corethron</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Coscinodiscus</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	Otras especies		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Cyclotella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Chatocella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Chaetoceros</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Coccolodinium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Chaetoceros teres</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Striatella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Dictyocha</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Cidocella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Distephanus</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Akashiwo sanguinea</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Ditylum</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Lipidopsis lenticulata</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Eucampia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Cylindrocapsa</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Fragilaria</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Haslea wainikae</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Gongaulus</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	<i>Oscillatoria</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Guinardia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Gymnodinium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Hemiaulus</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Heterocapsa</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Lauderia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Leptocylindrus</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Licmophora</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	Especies Tóxicas		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Licmophora abbreviata</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	(1) <i>Alexandrium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Lingulodinium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(2) <i>Pycnodinium bahamense</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Lingulodinium polyedrum</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	(3) <i>Gymnodinium catenatum</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Melosira</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(4) <i>Clinophysis</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Navicula</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(4) <i>Clinophysis acuminata</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Nitzschia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(4) <i>Clinophysis caudata</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Nitzschia bilobata</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	(4) <i>Clinophysis rotundata</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Nitzschia socialis</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	(4) <i>Clinophysis tripos</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Oryctowum</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(5) <i>Prorocentrum</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Oryctowum scolopax</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	(5) <i>Prorocentrum mexicanum</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Peridinium</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(5) <i>Prorocentrum micans</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Planktoniella</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(5) <i>Prorocentrum sigmoides</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Pleurosigma</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(6) <i>Pseudonitzschia</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Podolampas</i> sp.		#DIV/0!	#DIV/0!	(6) <i>Pseudonitzschia australis</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Podolampas bipres</i>		#DIV/0!	#DIV/0!	(7) <i>Karenia brevis</i>		#DIV/0!	#DIV/0!		
<i>Polykrikos</i> sp.		#DIV/0							

Figura 6. Formato del reporte oficial proporcionado por la COFEPRIS dónde se integran la información obtenida en las lecturas de fitoplancton, (Comisión Federal para la Prevención contra Riesgos Sanitarios, 2015).

ANÁLISIS DE BASES DE DATOS

Para documentar los cambios en la composición de la comunidad fitoplanctónica se analizaron las bases de datos proporcionadas por el CESAIBC. SQ cuenta con tres puntos de muestreo (figura 4- Derecha), se utilizaron un total de 181 reportes de muestras de botella para este análisis, 94 para el año 2016 y 87 para el año 2017. Dentro de los reportes generados en el CESAIBC los organismos son identificados hasta especie, sin embargo, se consideró que la microscopia óptica no tiene el alcance necesario para la identificación de especies, por lo que se tomó en consideración sólo el género y se agregó el grupo al que pertenece. Para llegar a obtener las células por litro, a los resultados de las muestras de botella se les aplicaron las siguientes fórmulas:

Extrapolación de células al total de campos de acuerdo a los campos leídos:

$$Campos = \frac{(campos\ que\ caben\ en\ el\ objetivo)(total\ de\ células\ de\ un\ organismo)}{campos\ de\ la\ cámara\ leídos}$$

Transformación a células por litro:

$$\frac{Cel}{L} = \frac{(campos)(1000ml)}{volumen\ sedimentado}$$

Con la obtención de las abundancias se identificaron los grupos fitoplanctónicos principales durante cada año, así como los géneros principales. Con esta información también se pudo obtener la diversidad entre estaciones y anual con el índice de diversidad de Shannon (H') y para complementar este análisis se calculó de igual manera la dominancia (J').

Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'):

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

Dónde S es el número de especies (riqueza)

p_i es la proporción de individuos de la especie respecto al total de individuos

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = número de individuos de la especie

N = número de todos los individuos de todas las especies

Dominancia (J'):

$$J' = \frac{H'}{\log H'}$$

La información se representó en tablas y en gráficos porcentuales y de barras mensuales para cada uno de los años por separado. Los cambios en la comunidad fitoplanctónica encontrados en estos gráficos se relacionaron con las variables físicas de BSQ que se pudieron encontrar para los años de interés (serie del nivel del mar, índice de surgencia, temperatura), esto para determinar la relación entre la comunidad y la hidrografía. La información física y algunas gráficas se realizaron con el programa MATLAB. Debido a que las variables que se obtuvieron para este trabajo son cualitativas y cuantitativas (tabla I), los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante un programa estadístico para ciencias sociales “statistical package for the social sciences (SPSS)”, versión 25. La información de las catorce variables se trabajó con métodos y técnicas estadísticas de análisis multivariado, particularmente con análisis discriminante, análisis de clusters de k-media y cluster jerárquico.

Tabla I. Variables cuantitativas y cualitativas utilizadas en el programa SPSS.

Cuantitativas	Cualitativas
Células por especie	Estación
Células por muestra	Año
Temperatura	Mes
Índice de surgencia	Semana
	Día
	Grupo
	Especie
	Nomenclatura
	Marea
	Rango de marea

Para lograr ubicar los 1824 datos dentro de un grupo (conglomerado) el análisis de K-medias se requiere conocer a priori el número de grupos en que se quiere dividir las variables. Primero se realizaron análisis dónde se eligieron desde dos a seis clusters, para observar cómo se comportaba la agrupación agregando otro cluster, en este caso la mejor clasificación que se observó fue con tres cluster. A cada análisis se le especifico que se realizara por el método de iteración (10) y clasificación. Después se realizó el análisis discriminante para validar los clusters obtenidos en el análisis de K-medias, este debe realizarse mediante una variable de agrupación, por lo cual se realizaron varios análisis de acuerdo a las variables de interés. Se utilizó el año, el mes y la estación, contra todas las demás variables para obtener la significancia (<0.05). El análisis se realizó por el método de inclusión por pasos, se utilizaron matrices de correlación intragrupos, utilizando Lambda de Wilks para la inclusión por pasos y matrices de covarianza intragrupo para la clasificación con probabilidades iguales para todos los grupos, reemplazando los valores perdidos por la media. Después se volvió a realizar el análisis de K-medias con el número de clusters recomendado (3), se alimentó el programa con las mismas especificaciones anteriormente mencionadas para este análisis y además se determinaron los

centros de clusters iniciales y una tabla de ANOVA. Se utilizaron todas las variables y no se etiquetó mediante ningún caso, se obtuvieron los clusters y la distancia desde el centro del cluster. El último análisis realizado fue el de cluster jerárquico en el cual se utilizaron todas las variables, el método de agrupación fue de enlace entre grupos con medida de distancia euclídea al cuadrado y sin estandarizar los valores. Además, se utilizó la matriz de proximidades para los estadísticos, con un rango de soluciones de dos a cinco, y se obtuvo un dendograma con la clasificación de clusters para confirmar la elección del número de clusters de K-medias.

El programa también se utilizó para obtener la estadística descriptiva (la media, la desviación estándar, el rango, el máximo y mínimo), de cada una de las variables físicas cuando aparece uno de los grupos de interés dependiendo el año, el mes y la estación. Finalmente, toda la información resultante de los análisis ayudó a determinar si los puntos de muestreo para el monitoreo mensual de fitoplancton en BSQ son los adecuados. En caso de que no resulten ser adecuados se propondrán otros puntos tomando en cuenta la información resultante.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE BSQ.

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DURANTE EL 2016 Y 2017.

El fitoplancton junto con algas bentónicas y macrófitas, constituyen los productores primarios en sistemas acuáticos, siendo la base de las cadenas alimenticias en términos de energía y producción de materia orgánica (Hötzel & Croome, 1999). Es tanta la diversidad de fitoplancton que se han identificado más de 4,000 especies diferentes (Sournia, 1978). Es responsable de casi el 50 % de la producción primaria, por tanto, su abundancia y estructura de su comunidad impacta directamente en los niveles tróficos superiores (Falkowski & Knoll, 2007). Además, la cuantificación de la composición y biomasa ayuda a entender la estructura dinámica de ecosistemas marinos (Menden-Deuer & Lessard, 2000). Es importante en estudios de sucesión temporal de especies dentro de una comunidad, de la caracterización de masas de agua y de contaminación, ya que es de esperar que una especie incremente su concentración, en aquellos cuerpos de agua dónde las condiciones ambientales son favorables para su crecimiento (Villafañe & Reid, 1995; Hötzel & Croome, 1999) y son relevantes para la evaluación del funcionamiento y el estado de los ecosistemas, además de permitir un mejor entendimiento de los ciclos biogeoquímicos (Anderson, 2005).

En BSQ, en los dos años analizados (2016 y 2017), se identificaron siete grupos fitoplanctónicos dentro de las tres estaciones, las diatomeas resultaron el grupo más abundante, seguido de los dinoflagelados. En tercer lugar y con una abundancia de menos del 1% durante ambos años, se encontraron silicoflagelados, rodofitas, ciliados, cianofíceas y clorofíceas (figuras 7 y 8). Debido a esto se ha decidido enfocarse en los dos grupos sobresalientes (diatomeas y dinoflagelados).

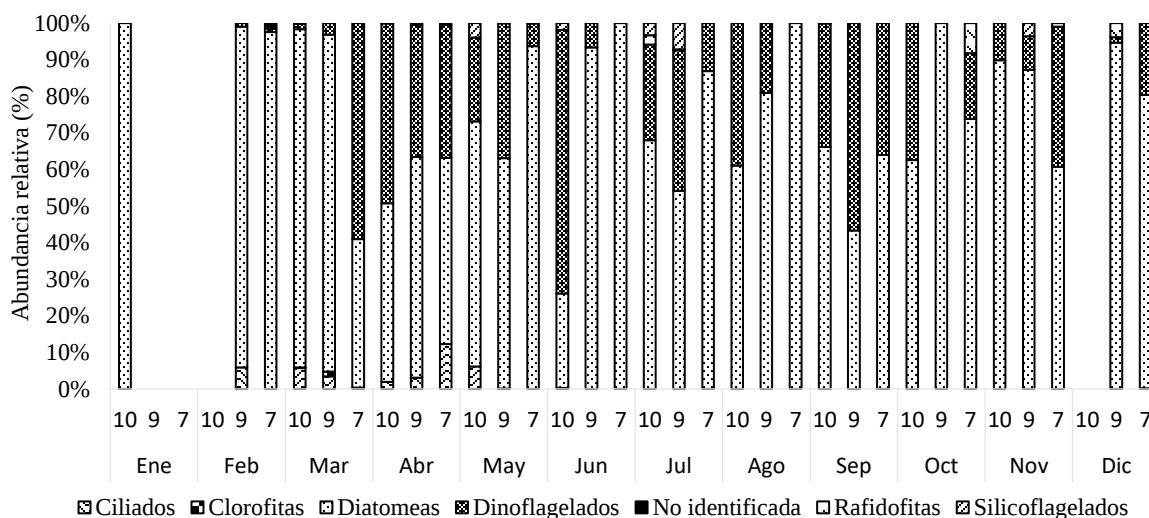


Figura 7. Abundancia relativa mensual dividida por estaciones (10, 9, 7) de cada grupo fitoplanctónico encontrado durante el 2016.

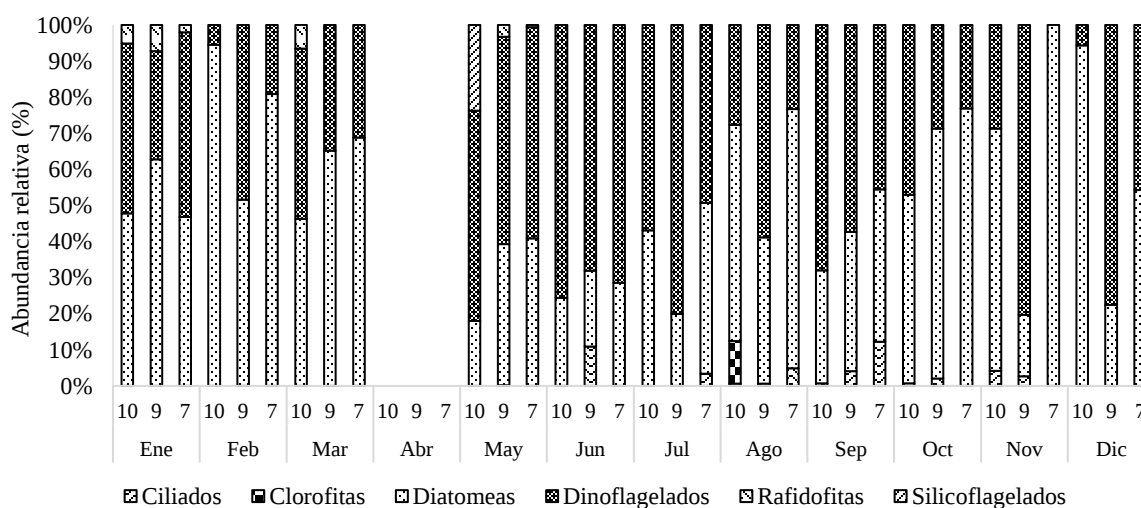


Figura 8. Abundancia relativa mensual dividida por estaciones (10, 9, 7) de cada grupo fitoplanctónico encontrado durante el 2017.

Para el año 2016 se encontraron siete géneros diferentes de diatomeas, mientras que para el 2017 se encontraron ocho. En cuanto a los dinoflagelados se encontraron tres y seis géneros diferentes respectivamente (tabla II). Entre los géneros en común entre los dos años se encuentran *Coscinodiscus* sp., *Navicula* sp., *Pleurosigma* sp., *Surirella* sp. con respecto a diatomeas y entre los dinoflagelados en común se encuentran *Ceratium* sp., *Prorocentrum* sp.,

Protoperidinium sp. Algunos géneros de mayor interés son *Pseudonitzschia* sp., *Dinophysis* sp. y *Prorocentrum* sp. (figura 9) ya que estos tienen un mayor potencial nocivo.

Tabla II. Géneros de diatomeas y dinoflagelados representativos para los años 2016 y 2017.

2016		2017	
Diatomeas	Dinoflagelados	Diatomeas	Dinoflagelados
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Ceratium</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Ceratium</i> sp.
<i>Cylindrotheca</i> sp.	<i>Prorocentrum</i> sp.	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Dinophysis</i> sp.
<i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Protoperidinium</i> sp.	<i>Navicula</i> sp.	<i>Heterocapsa</i> sp.
<i>Licmophora</i> sp.		<i>Pleurosigma</i> sp.	<i>Prorocentrum</i> sp.
<i>Navicula</i> sp.		<i>Pseudonitzschia</i> sp.	<i>Protoperidinium</i> sp.
<i>Pleurosigma</i> sp.		<i>Surirella</i> sp.	<i>Scrippsiella</i> sp.
<i>Surirella</i> sp.		<i>Thalassionema</i> sp.	
		<i>Thalassiosira</i> sp.	

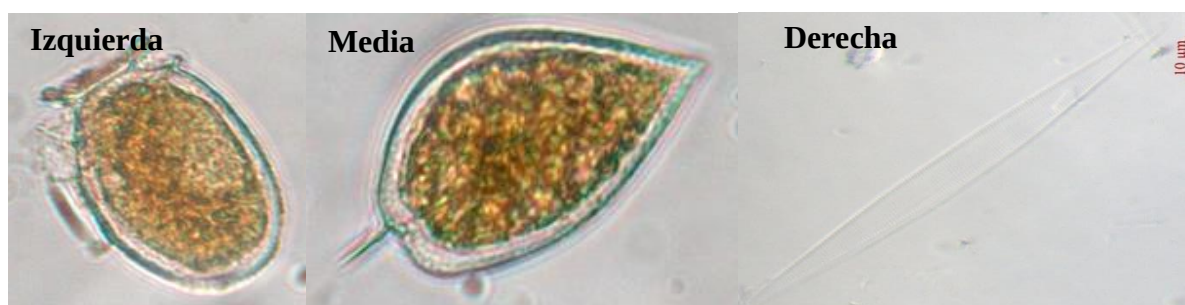


Figura 9. Organismos fitoplanctónicos con potencial nocivo presentes en BSQ. *Dinophysis* sp. (Izquierda), *Prorocentrum* sp. (Media), *Pseudonitzschia* sp. (Derecha).

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESPECIES FITOPLANCTÓNICOS 2016

De acuerdo con los resultados de las concentraciones de abundancia de fitoplancton durante el 2016 (figura 10), las mayores concentraciones se tienen durante los meses de abril, mayo, julio y septiembre, esto corresponde al periodo de surgencias. Durante estos meses se encontraron más de 20,000 Cell^{-1} en la mayoría de las estaciones. Durante el mes de julio se encontraron las mayores concentraciones, y estas disminuyeron hacia el mes de enero como en diciembre. Estos meses con mayores abundancias cuentan con 4-6 muestreos por estación, mientras que los otros meses sólo tienen tres muestreos, por lo tanto, las abundancias pueden deberse los muestreos irregulares.

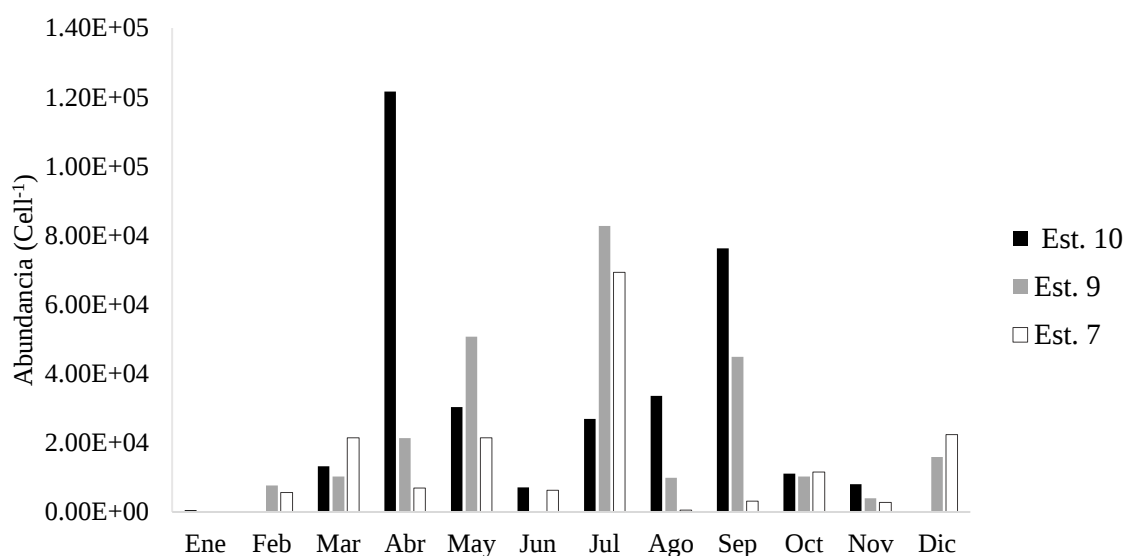


Figura 10. Abundancia mensual (Cell^{-1}) de fitoplancton para las tres estaciones durante el 2016 (negro - estación 10, gris - estación 9, blanco - estación 7).

La abundancia de la estación 10, según lo muestra la gráfica en la figura 11, tiene dos máximos, el más significativo se produce durante el mes de abril dónde se tienen más de 120,000 Cell^{-1} y el siguiente en septiembre con más de 70,000 Cell^{-1} . Durante el resto de los meses la concentración no sobrepasa las 40,000 Cell^{-1} .

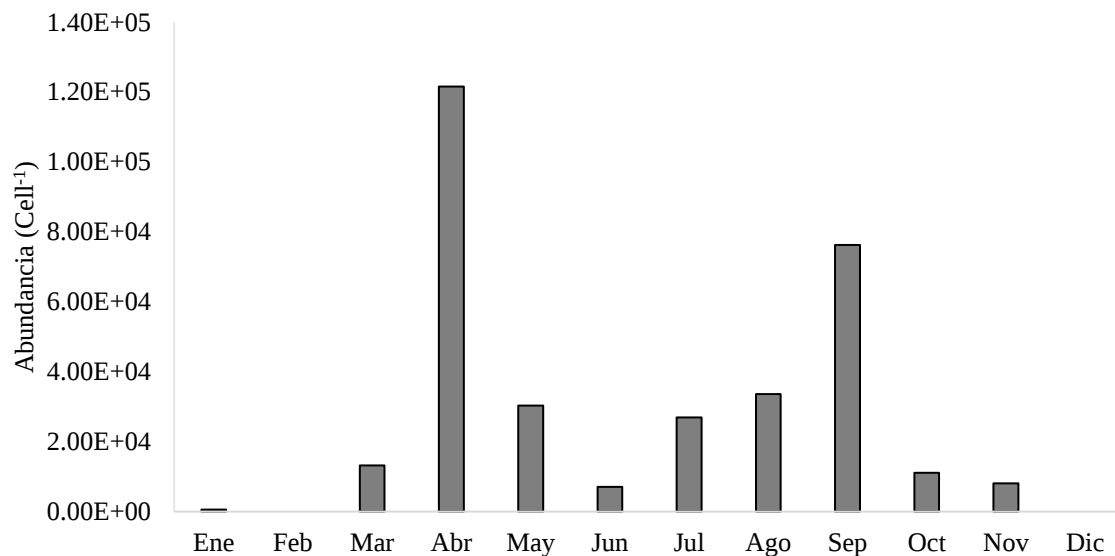


Figura 11. Abundancia mensual (Cell⁻¹) en la estación 10 durante el 2016.

Las mayores concentraciones en la estación 9 se encuentran durante mayo, julio y septiembre. Se observa claramente como las concentraciones van en aumento hasta su punto máximo en julio, con valores de más de 80,000 Cell⁻¹, para después disminuir (figura 12). durante junio y agosto se encontraron una y dos muestras respectivamente, lo que explica la poca abundancia.

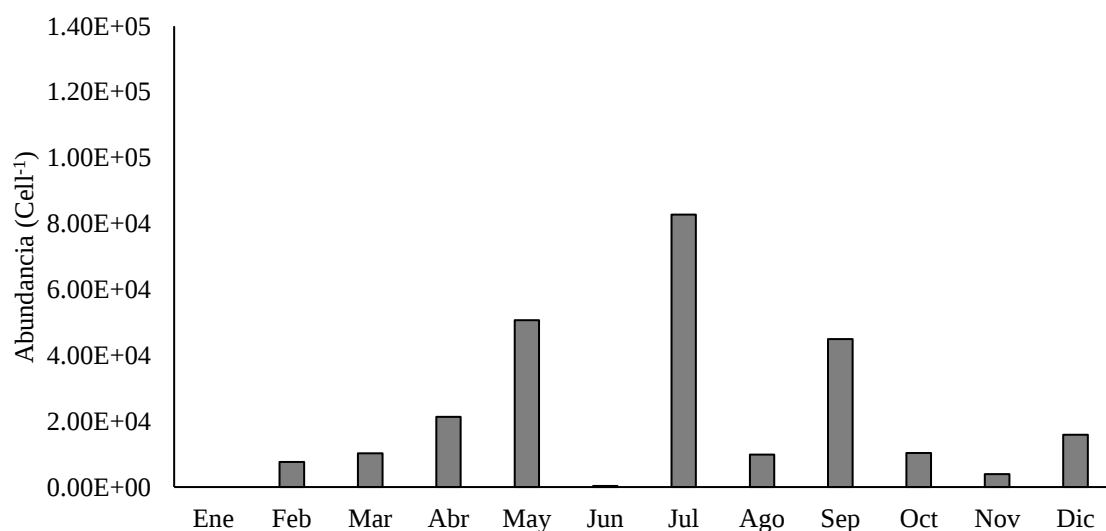


Figura 12. Abundancia mensual (Cell⁻¹) en la estación 9 durante el 2016.

La estación 7 (figura 13) muestra un sólo mes con concentraciones de fitoplancton sobresalientes, esto durante el mes de julio, la concentración durante este mes es de aproximadamente $70,000 \text{ Cell}^{-1}$, cuando generalmente se encuentran concentraciones de alrededor de las $20,000 \text{ Cell}^{-1}$.

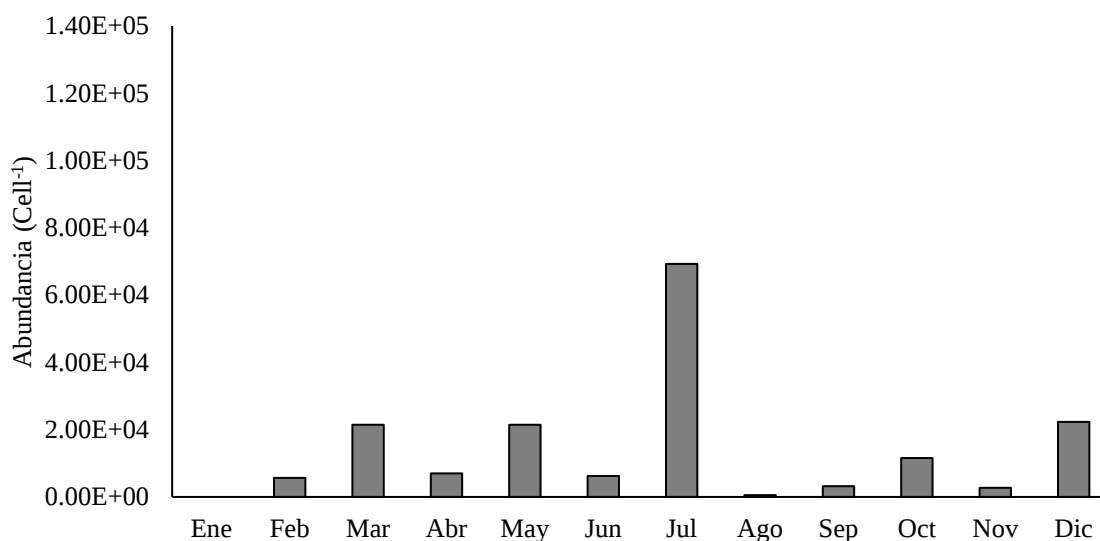


Figura 13. Abundancia mensual (Cell^{-1}) en la estación 7 durante el 2016.

La estación 10, ubicada en la boca de la bahía es la que tiene una mayor variabilidad por su interacción con el océano, tiene la mayor abundancia anual en comparación con las otras dos estaciones, seguida por la estación 9 y al final la estación 7. Las tres estaciones son relativamente parecidas durante marzo y octubre ya que presentan similares ($2,000 \text{ Cell}^{-1}$ aprox.) durante estos meses. La estación 7 contiene las abundancias más bajas, lo cual se atribuye a que está dentro de la zona de cultivos de moluscos y el fitoplancton está siendo consumido por estos organismos.

En cuanto a los grupos fitoplanctónicos, en BSQ, las diatomeas son las dominantes seguido de los dinoflagelados, grupo que domina en algunas estaciones. Por ejemplo, en la estación 10 (figura 14) se observa cómo durante el mes de abril hay una proliferación de dinoflagelados llegando a igualar la concentración de diatomeas. Sin embargo, en el mes de junio se encuentra el mayor porcentaje de dinoflagelados en todo el año, dónde se alcanza cerca del 80%, durante estos dos meses la proliferación es del género *Ceratium* sp., en abril representa

la el 40% del total de dinoflagelados, mientras que en junio representa poco más del 70%. El resto del año los porcentajes se mantienen en diatomeas 60% y dinoflagelados 30% aproximadamente. La estación 10 puede considerarse la estación con el mayor porcentaje de dinoflagelados en comparación con las estaciones 7 y 9. En la estación 7 el porcentaje de dinoflagelados es muy poco, sobresale el mes de marzo dónde se tiene una proliferación del 60% del género *Protoperidinium* sp. (figura 14), en ningún otro mes se presenta una concentración mayor o igual al de las diatomeas, la mayoría de los meses cuenta con menos del 20%. Cabe mencionar que, en los meses de julio y diciembre, aunque el porcentaje de dinoflagelados es mínimo, el organismo asociado fue del género *Gymnodinium* sp. con porcentajes del 45 y 70% de los dinoflagelados encontrados durante cada mes respectivamente. Esta estación es la que cuenta con un menor porcentaje de dinoflagelados. Además, durante el mes de julio y diciembre el 40% de las diatomeas corresponde a *Pseudonitzschia* sp. y en noviembre representa el 20%. En la estación 9 los dinoflagelados dominan sólo durante el mes de septiembre con casi el 60 %. Además, se puede decir que la presencia de dinoflagelados es importante durante los meses de abril, mayo, julio y noviembre, ya que durante estos meses aportan casi el 40%. Durante los primeros dos meses mencionados anteriormente predomina el género *Ceratium* sp. y los siguientes dos meses el género *Prorocentrum* sp. Cabe mencionar que durante el mes de abril el 60 % de las diatomeas encontradas son del género *Pseudonitzschia* sp. y en agosto del 40%.

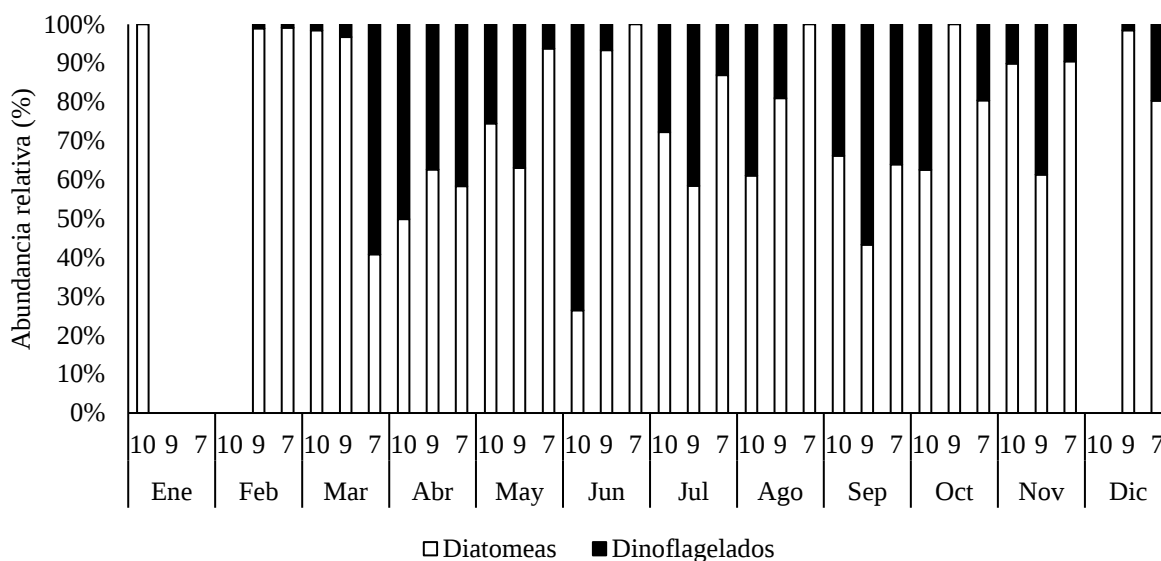


Figura 14. Abundancia relativa mensual entre diatomeas (blanco) y dinoflagelados (negro) durante el 2016 para cada estación (10, 9, 7).

Durante el mes de julio se identifican cuatro géneros con potencial nocivo (*Pseudonitzschia* sp. (Est.7), *Prorocentrum* sp. (Est.9), *Gymnodinium* sp. (Est.7) y *Dinophysis* sp. (Est.10)) y además con valores considerablemente altos (24,000 Cell⁻¹, 12,000 Cell⁻¹, 500 Cell⁻¹, 1,500 Cell⁻¹ respectivamente). También, durante el mes de marzo se encuentra el género *Chaetoceros* sp. en las tres estaciones y en abril el género *Ceratium* sp. y otras coincidencias de un género en dos estaciones diferentes.

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ESPECIES FITOPLANCTÓNICOS 2017

Durante el año 2017 hay una mayor variación en cuanto a las concentraciones encontradas, a diferencia del 2016, no se encuentra una acumulación durante alguna estación del año, en cambio, se encuentran altas concentraciones cada cuarto mes, inclusive si tomamos en cuenta las concentraciones del año anterior, en septiembre hay concentraciones altas y los siguientes tres meses hay concentraciones bajas, en enero que es el cuarto mes las concentraciones son altas de nuevo. En la figura 15, se puede observar cómo durante el mes de enero se encuentran las mayores concentraciones, también resaltan los meses de mayo y septiembre, sin embargo, la concentración no es tan alta como en enero. En comparación con

estos tres meses, el resto presenta concentraciones muy bajas, la mayoría de las veces alrededor o menos de 100,000 Cell⁻¹.

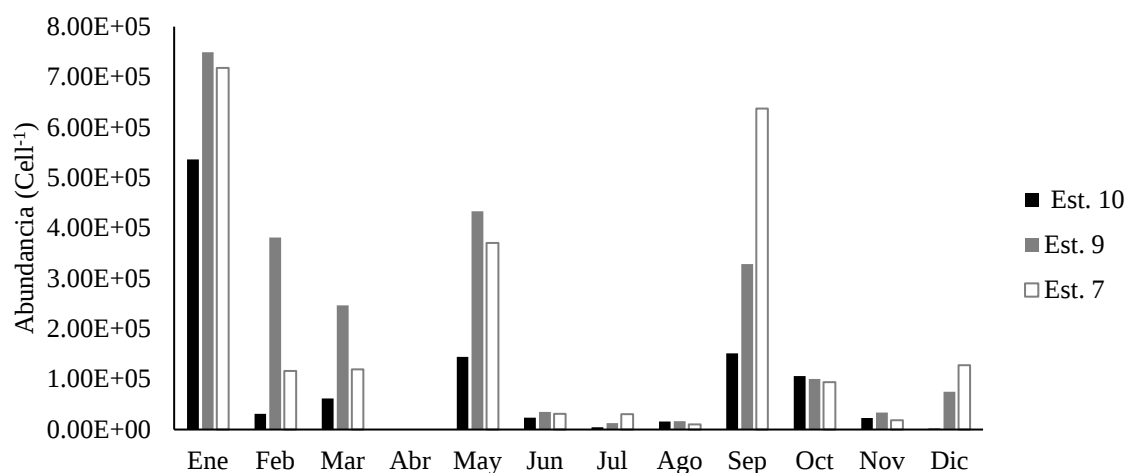


Figura 15. Abundancia mensual (Cell⁻¹) de fitoplancton para las tres estaciones durante el 2017 (negro - estación 10, gris - estación 9, blanco - estación 7).

Cabe mencionar que las concentraciones son mucho mayores que durante el 2016, en este año se encuentran hasta 800,000 Cell⁻¹, cuando en el año anterior se encontraron alrededor de 120,000 Cell⁻¹. Por lo tanto, las concentraciones del 2017 consideradas bajas, en realidad son muy altas con respecto al 2016. Durante el 2017, la estación 10 sólo muestra valores altos durante el mes de enero, después en mayo, septiembre y octubre se observa un leve aumento, sin embargo, apenas sobrepasa las 100,000 Cell⁻¹ (figura 16).

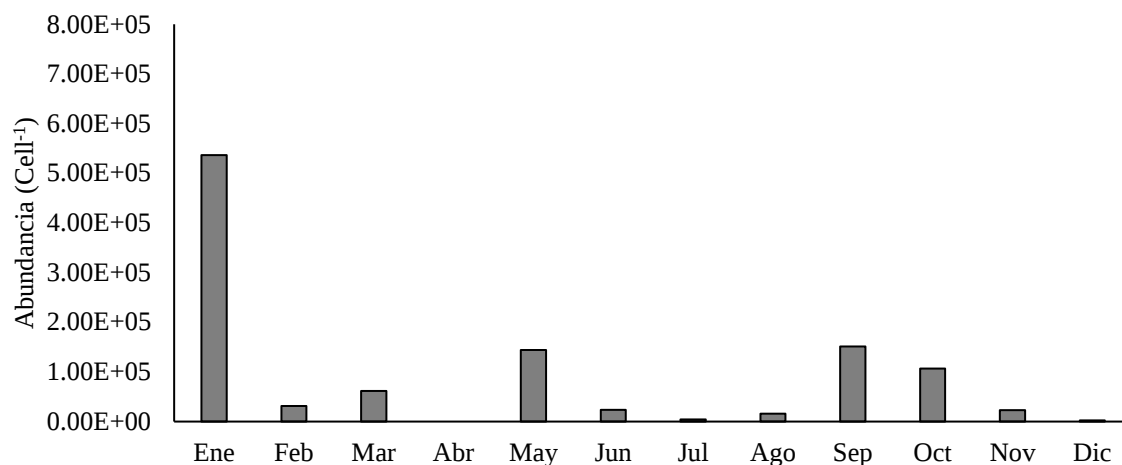


Figura 16. Abundancia mensual de fitoplancton (Cell⁻¹) en la estación 10 durante el 2017.

La estación 9 presenta concentraciones más altas de las tres estaciones. Durante enero casi alcanzó las 800,000 Cell⁻¹, durante mayo se observan concentraciones de más de 400,000 Cell⁻¹ y durante el resto del año se mantuvo una concentración menor a esta. A parte del mes de enero, febrero, marzo, mayo y septiembre tienen concentraciones mayores a 200,000 Cell⁻¹, el resto del año es menor a 100,000 Cell⁻¹ (figura 17).

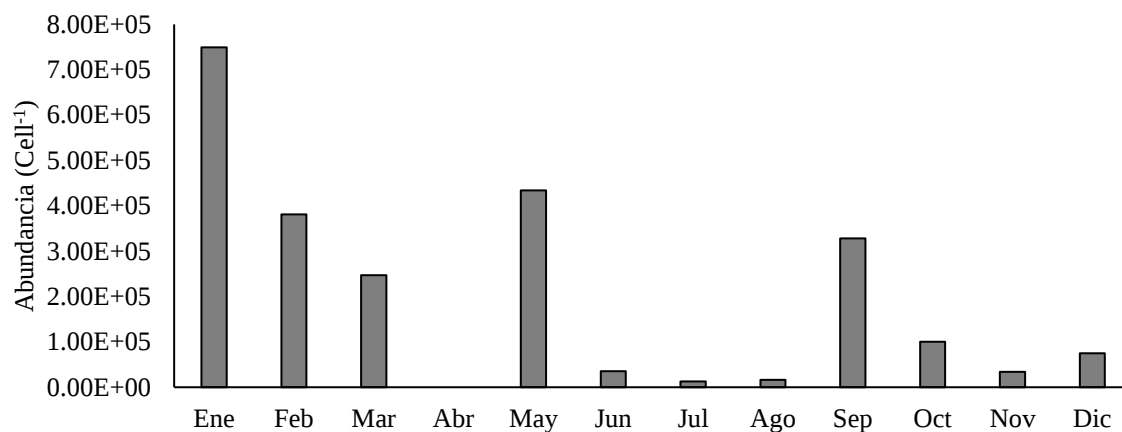


Figura 17. Abundancia mensual de fitoplancton (Cell⁻¹) en la estación 9 durante el 2017.

En la estación 7 se encontraron concentraciones altas durante los meses de enero, mayo y septiembre (figura 18), durante enero, el mes que presenta una mayor concentración sobrepasa las 700,000 Cell⁻¹, en mayo se encontraron casi 400,000 Cell⁻¹ y en septiembre poco más de

600,000 Cell⁻¹. El resto de los meses las concentraciones varían alrededor de las 100,000 Cell⁻¹.

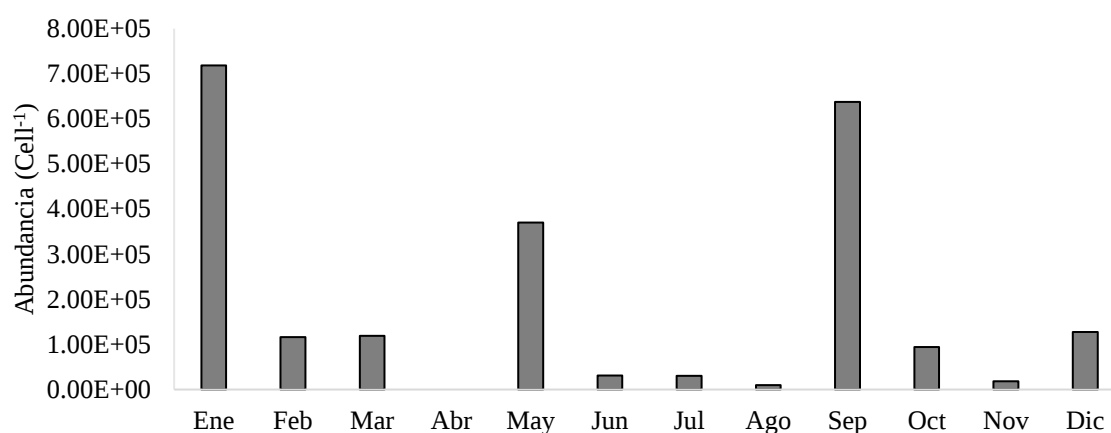


Figura 18. Abundancia mensual de fitoplancton (Cell⁻¹) en la estación 7 durante el 2017.

El año 2017 fue mucho más productivo, y es muy evidente en los gráficos resultantes (figura 10 y 15), esto se atribuye a que el año 2015 y hasta mayo del 2016 se tuvieron condiciones de El Niño, lo que afecta en un aumento de temperatura y pocos eventos de surgencia.

Durante el 2017, en la estación 10 los dinoflagelados fueron dominantes durante los meses de mayo, junio y septiembre con porcentajes entre 60 y 80, durante julio los dinoflagelados alcanzan poco menos del 60%. El resto de los meses se mantiene menos del 50%. En algunos casos como febrero y diciembre el porcentaje de dinoflagelados es menor al 10% (figura 19). En la estación 7 la mayoría de los meses de mantiene con un mayor porcentaje de diatomeas. Junio es el único mes dónde los dinoflagelados sobrepasan el 60% y mayo tiene el 59%. El resto de los meses el porcentaje no sobrepasa el 50%. Durante noviembre no se encuentra ningún dinoflagelado, por lo que se encuentra el 100% de diatomeas (figura 19). Durante el 2017, en la estación 10 los dinoflagelados fueron dominantes durante los meses de mayo, junio y septiembre con porcentajes entre 60 y 80, durante julio los dinoflagelados La estación 9 fue la que mostró el mayor porcentaje de dinoflagelados, durante enero, marzo y octubre las diatomeas superan el 60%. Febrero es un mes dónde se mantiene el 50%. En noviembre los dinoflagelados tienen un porcentaje mayor al 80% siendo con esto la estación

que tiene mayor porcentaje en todo el año. Los meses de junio, julio y diciembre también se acercan al 80% de dinoflagelados (figura 19).

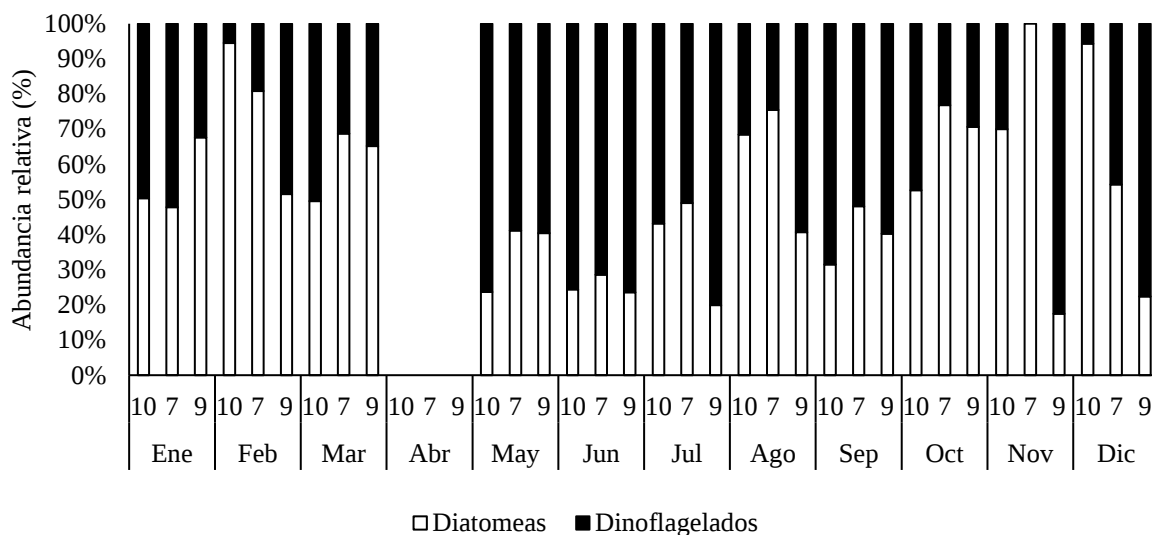


Figura 19. Abundancia relativa mensual entre diatomeas (blanco) y dinoflagelados (negro) durante el 2017 para cada estación (10, 9, 7).

En las tres estaciones se puede observar un aumento en el porcentaje de dinoflagelados durante los meses de mayo, junio y julio. Después en agosto se presenta una mínima disminución y en septiembre vuelve a aumentar. De nuevo en octubre disminuyen los dinoflagelados. Durante los primeros tres meses no se observa una relación, tampoco en los últimos dos meses.

ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER Y DOMINANCIA.

El índice de Shannon es utilizado para cuantificar la biodiversidad específica, es una medida de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores, el número de especies presentes y su abundancia relativa. También, de este índice se deriva la diversidad máxima, la cual se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes (PLA, 2006).

La diversidad y la dominancia entre los dos años analizados es mayor durante el 2016 (1.26 y 0.68 respectivamente) (tabla III), numéricamente se tienen 75 géneros diferentes durante el 2016 y 59 para el 2017. La diversidad y dominancia mensual presentan mucha variabilidad. La diversidad presenta valores de 0.55 a 1.26 y la dominancia presenta valores desde 0.14 hasta 0.92. Los meses de febrero, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre, son los que presentan una diversidad mayor a uno durante el 2016, en cuanto a la dominancia durante este año, los meses de enero y febrero son los que presentan una dominancia mayor (> 0.90) a los otros meses. Durante el 2017 los meses de mayo y octubre presentan una diversidad mayor a 1. Aun así, los meses de mayo y septiembre son los únicos dónde los análisis son mayores durante el año 2017 (figura 20), esto ocurre de igual manera para la dominancia, dónde octubre es el mes que presenta el valor más alto (0.83). En el análisis por estaciones, indica que durante el año 2016 la estación 7 tiene una diversidad poco mayor a 3, lo que es considerado un valor alto. De igual manera, la dominancia es mayor en esta estación. Las otras dos estaciones presentan una diversidad poco mayor a uno durante ambos años y en cuanto a la dominancia presentan valores de entre 0.6 y 0.7 (tabla IV).

Tabla III. Índice de Shannon-Weaver (H') y dominancia (J') por año.

	2016	2017
H'	1.27	1.15
J'	0.68	0.65

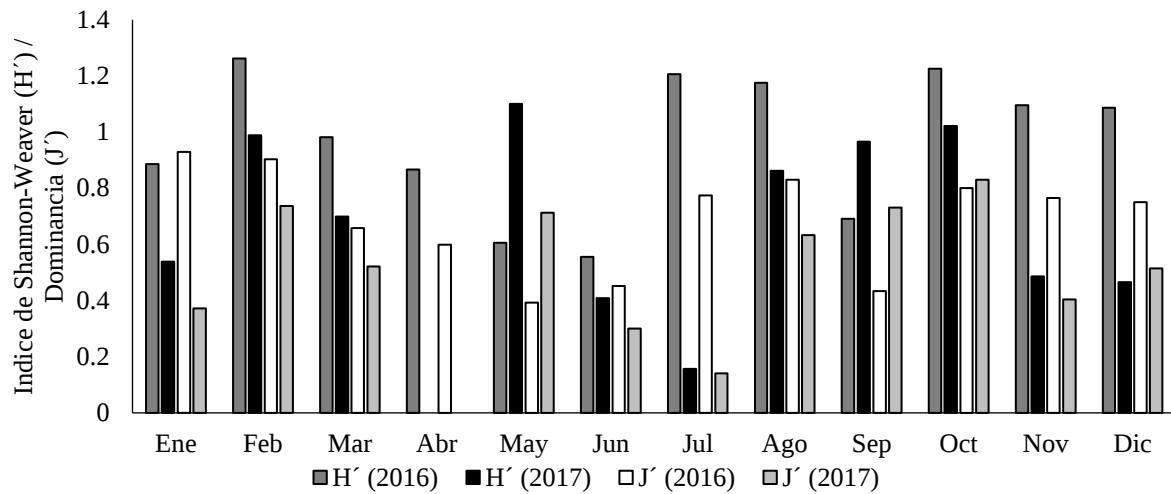


Figura 20. Índice de Shannon-Weaver (H') y dominancia (J') durante el 2016 y 2017.

Tabla IV. Índice de Shannon-Weaver (H') y dominancia (J') por estación para ambos años.

Estación	H' (2016)	H' (2017)	J' (2016)	J' (2017)
Est. 7	3.15	1.09	1.79	0.65
Est. 9	1.22	1.11	0.71	0.68
Est. 10	1.12	1.15	0.63	0.69

LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN FUNCIÓN DE LA HIDROGRAFÍA.

La península de Baja California es una de las que tienen mayor productividad primaria a nivel mundial (Flores, 2006), sus aguas costeras son frías, densas y ricas en nutrientes (Ibarra-Obando *et al.* 2004), impulsadas por la Corriente de California (Millán-Nuñez *et al.* 1982). Esto es importante debido a que en una laguna costera o bahía el flujo de marea que entra proviene del océano (Flores, 2006), tal es el caso de BSQ, dónde las aguas que se introducen fueron enriquecidas por las surgencias costeras de las zonas adyacentes. Por lo tanto, la estacionalidad de los aportes de nutrientes a estos sistemas depende de las corrientes y en general a eventos de mesoescala como las surgencias (Mann & Lazier, 1991). La duración de la surgencia es importante porque puede ser tan corta que ocurre a la misma escala de tiempo en que se da el crecimiento del fitoplancton (Wilkerson *et al.* 2006), es decir, el fitoplancton puede crecer en el mismo periodo de tiempo en que dura un evento de surgencia. También al pasar la surgencia ocurren periodos de relajación en dónde los organismos están expuestos a mayores intensidades de luz y a los nutrientes que dejó la surgencia, lo que resulta en un florecimiento (Wilkerson *et al.* 2006).

Las variaciones de luz y nutrientes, el pH, la temperatura, la salinidad y oxígeno, afectan el crecimiento y dinámica del fitoplancton (Vaulot, 2001), por lo que es importante considerar procesos naturales, como mareas que generan cambios en la vertical y modifican la hidrografía de la columna de agua, así como posibles desplazamientos verticales de los gradientes de clorofila por ondas internas o la redistribución del fitoplancton por el efecto de corrientes superficiales debidas al viento (Cloern *et al.* 1989)

En relación a la temperatura, en la boca de la bahía se presentan un rango más amplio de entre 10°C a 20°C esta zona está conectada con mar abierto. Dentro de BF se tienen valores de alrededor de 18°C a 22°C. Cerca de Molino Viejo en BSQ las temperaturas medidas son de 19°C a 26°C aproximadamente, siendo esta la zona más caliente de toda la bahía. La grafica de marea nos ayuda para entender el comportamiento de la temperatura en ciertos periodos. Por ejemplo, en la figura 21 se enmarca en un recuadro cuando la marea es la temperatura comienza a aumentar, esto debido a que no hay mucho movimiento y tampoco entrada de agua a la bahía. Cuando la marea comienza a cambiar y se convierte en marea viva la temperatura del agua

empieza a disminuir, para esto ya entro agua del océano y empezó a moverse dentro de la bahía. La temperatura esta fuertemente relacionada con la marea y la surgencia. En la figura 22 se puede observar la variación de la temperatura, usualmente disminuye cuando hay un pico (valor alto) en el índice de surgencia. Este incremento se puede presentar durante cualquier tipo de marea. Sin embargo, la intensidad dependerá de la temporada del año (Lara-Lara, 1980). En cuanto a la distribución de nutrientes, Zertuche-Chanes, 2016, encontró que las concentraciones de nitrato son mayores en la boca de la bahía y conforme se adentra hacia BSQ tiende a disminuir, teniendo BF concentraciones un poco más altas que BSQ y menores a la boca (ANEXO 1).

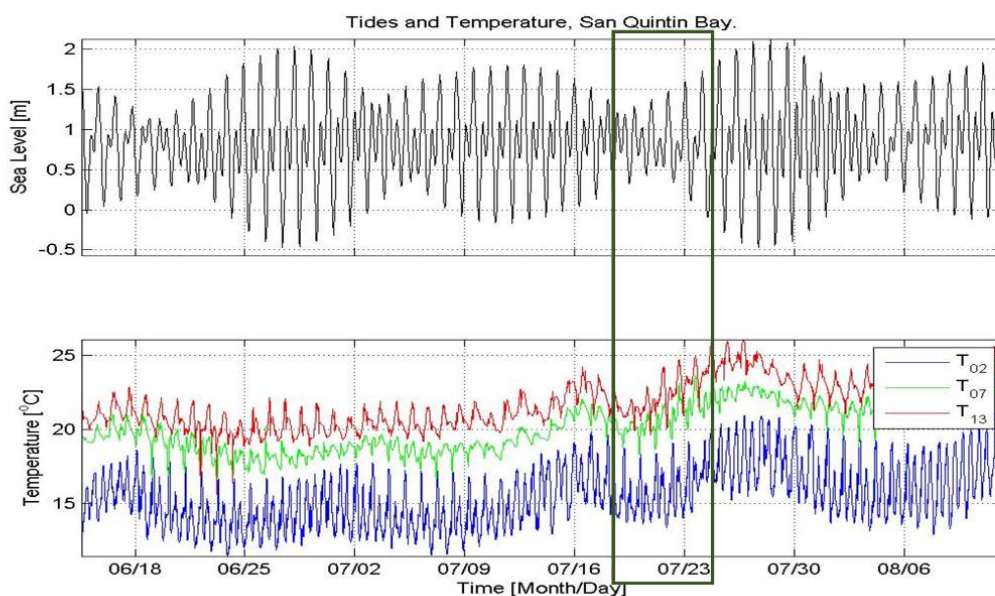


Figura 21. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y temperatura (°C) (Inferior) de tres zonas dentro de BSQ durante el año 2004 (azul-T02 boca, verde-T07 BF, rojo-T13 BSQ (molino)).

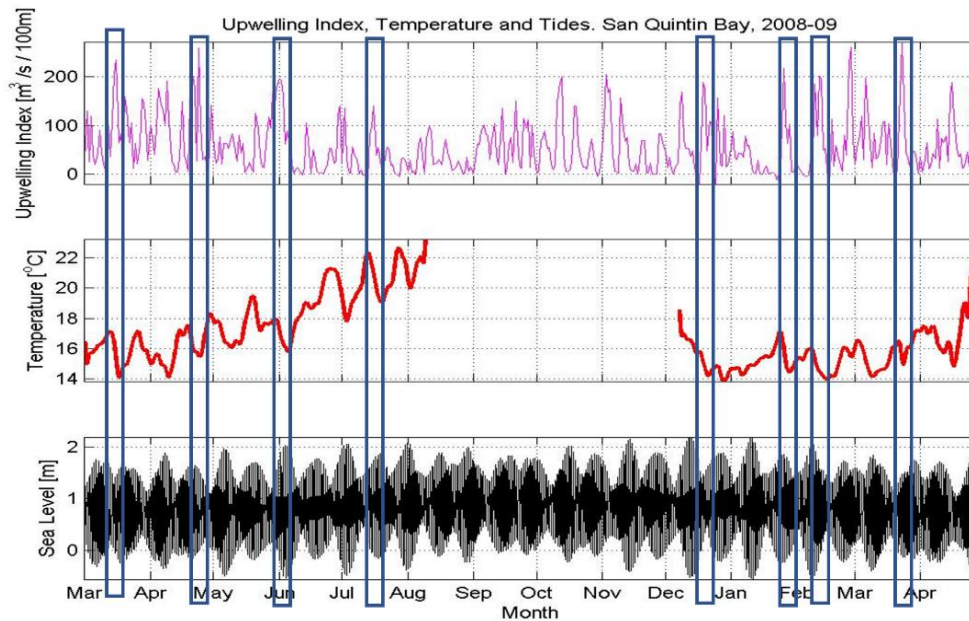


Figura 22. Serie del índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Superior), temperatura filtrada (marea removida) ($^{\circ}\text{C}$) (Medio) y nivel del mar (m) (Inferior) para el periodo de marzo de 2008 a abril de 2009.

HIDROGRAFÍA PRESENTE EN BSQ DURANTE LOS MESES DE MAYOR ABUNDANCIA EN EL 2016.

Las concentraciones de fitoplancton durante el año 2016 presentan una mayor abundancia durante los meses de abril, julio y septiembre. Considerando que el índice de surgencia generalmente se encuentra entre los $0\text{--}100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$ (ANEXO 2). Durante estos meses indicados alcanza o sobrepasa los $150 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$ y específicamente durante el mes de abril llega hasta los $250 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$, cabe mencionar que este valor de índice de surgencia también se presenta para el mes de enero. En cuanto a la marea, durante estos meses a los 15 días se presenta marea muerta, a excepción del mes de septiembre dónde se presentan dos mareas muertas a los 10 y 20 días aproximadamente. En BSQ el tener una marea muerta significa que tendremos un menor movimiento de agua hacia dentro de la bahía, de manera contraria, la marea viva propicia la entrada de agua y la renovación de esta. La entrada de agua podría llevar fitoplancton de la estación 10 a las otras dos, y la salida de agua puede traer fitoplancton de las estaciones 7 y 9 a la estación 10.

Durante el mes de abril se realizaron cuatro muestreos (tabla V; figura 23). La estación 10 presenta una alta abundancia durante el primer muestreo, la marea viva ayudó a que las células se transportaran hasta las otras estaciones. De acuerdo a la figura 4 (Derecha) y Aveytua-Alcázar, 2008, la corriente se dirige de la estación 10 (boca) hacia la estación 9 (intersección BF y BSQ) y en este punto se divide hacia BF (por la costa) y BSQ, debido a esto, se esperan abundancias menores para la estación 7, además esta estación es la que se encuentra sobre la zona de cultivo, donde el fitoplancton es consumido por los organismos cultivados. Después del primer muestreo, la marea viva tuvo una amplitud de $>1.5\text{m}$., y el índice de surgencia bajo a menos de 0. Durante el segundo muestreo se presentó la mayor abundancia del mes con un total de $65,323\text{c Cell}^{-1}$. Para el día 13 comienza la temporada de marea muerta la cual dura entre cinco y siete días, el índice de surgencia aumenta precipitadamente hasta casi $250\text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$ para el día 15 y de igual manera disminuye hasta $10\text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$. La marea muerta, no sólo influye negativamente en la entrada de agua a la bahía, sino que, también el agua que se encuentra en BSQ se dirige hacia la boca de la bahía. Camacho *et al.* 2003, indican que el agua proveniente de BSQ es rica en nutrientes, con una alta salinidad y temperatura debido al tiempo de residencia (21 días en verano y 45 en invierno en BSQ) y evaporación, esto explica porque las concentraciones en la estación 9 se mantuvieron para el tercer muestreo, ya que las condiciones durante este no fueron tan favorables para el crecimiento del fitoplancton. El índice de surgencia se mantuvo alrededor de los 160 durante los cinco días anteriores al último muestreo (día 27) y cuando inicia el periodo de marea vida esta resulta no presenta rangos tan altos como la primera marea viva del mes, por lo cual el agua no tiene tanta movilidad y no alcanza a entrar al fondo de la bahía, sin embargo, para el último muestreo el índice de surgencia es alto, lo que resulta en altas concentraciones de fitoplancton para la estación 10, que no se presentan en las otras dos estaciones.

Tabla V. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de abril del 2016.

DÍA	MAREA	T (°C)	I. S.	EST	ABUNDANCIA MÁXIMA (Cell ⁻¹)	GÉNERO DOMINANTE	ÍNDICE DE S.W. (MENSUAL)
4	Viva	18.5	80	7	3,840	Climacosphenia sp.	0.87
				9	1,860	Myronecta sp.	
				10	41,889	Stephanopyxis sp.	
11	Viva	19.5	50	7	1,400	Surirella sp.	
				9	10,103	Ceratium sp.	
				10	53,820	Ceratium sp. Guinardia sp.	
18	Viva	19.5	250	7	2,100	Ceratium sp.	
				9	9,380	Pseudonitzschia sp.	
				10	6,860	Thalassionema sp.	
27	Muerta	18.1	160	7	640	Ceratium sp.	
				9	780	Ceratium sp. Prorocentrum sp.	
				10	21,646	Thalassiosira sp.	

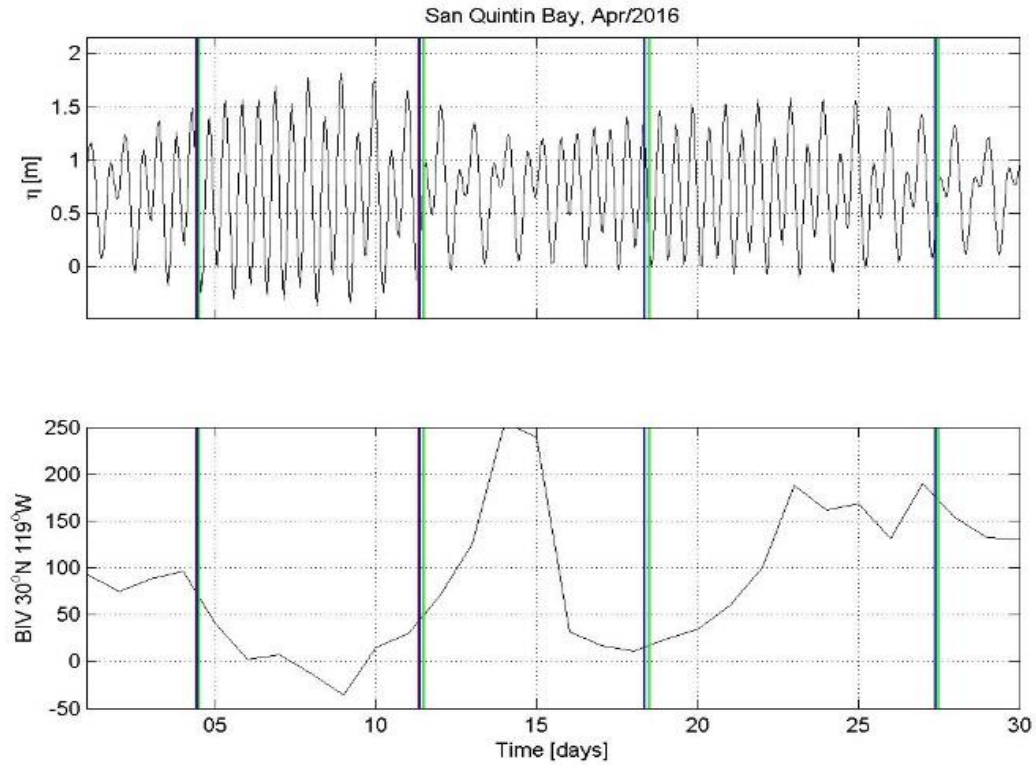


Figura 23. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de abril durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo).

Durante el mes de julio se realizaron cinco muestreos (tabla VI; figura 24), la estación 10 no tiene datos para el día 25. La entrada de agua debido a la marea viva con rangos de >2 m, ayuda a que las concentraciones sean mayores en la estación 9, dónde se tiene un florecimiento de *Surirella* sp., también se tiene un florecimiento de *Gymnodinium* sp. en la estación 7 durante el día 5. La temporada de marea muerta empieza para el día 10, coincidiendo con el máximo del índice de surgencia con valor de $150 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$. Debido a la salida de agua para el segundo muestreo, en la estación 9 disminuyen las concentraciones de fitoplancton y al igual que en la estación 10, por el caso contrario en la estación 7 aumentan, dónde se tienen altas concentraciones de *Surirella* sp. y también se presenta *Pseudonitzschia* sp. Para el día 15 las condiciones de marea vuelven a ser viva, mientras el índice de surgencia disminuye. El siguiente muestreo, día 19, el índice de surgencia comienza a recuperarse ($90 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) después de cinco días con valores bajos, durante este muestreo se encontraron las mayores concentraciones mensuales, la estación 9 mantiene la concentración más alta, después la

estación 7 y por último la estación 10, para este muestreo las condiciones de surgencia fueron favorables y la marea ayudó que el agua entrara hasta las otras estaciones (9 y 7) dónde se tienen altas concentraciones. En la estación 9 está la presencia de *Prorocentrum* sp. y en la estación 7 aproximadamente el 90 % de las células son de *Pseudonitzschia* sp., Prasetiya *et al.* 2017 y Cognie *et al.* 2003, señalan que *Crassostrea gigas* tiene capacidad selectiva, por lo que tiende a rechazar algunas diatomeas penadas tales como *Haslea* sp. *Pleurosigma* sp. y *Rhizosolenia* sp., u otras con la misma morfología si son mayores a 70 micras, por lo tanto, el motivo de que aumenten las concentraciones de fitoplancton en la estación 7, se atribuye a presencia de *Pseudonitzschia* sp. El muestreo del día 25 (para la estación 7 y 9) las concentraciones disminuyen en la estación 9 y aumentan en la estación 7. El último muestreo se realizó al inicio de la marea viva, sin embargo, no es suficiente para el crecimiento fitoplanctónico y se ve afectado para este último muestreo. Tomando en cuenta la estación 7 el muestreo del día 25 tuvo casi 30 mil Cell⁻¹ y al último muestreo, el cual fue tres días después, las concentraciones son de apenas poco más de mil Cell⁻¹, con lo cual se demuestra que los cambios en las concentraciones fitoplanctónicas pueden presentar cambios drásticos en un periodo de tiempo muy corto.

Tabla VI. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de julio del 2016.

DÍA	MAREA	T (°C)	I. S.	EST	ABUNDANCIA MÁXIMA (Cell ⁻¹)	GÉNERO DOMINANTE	ÍNDICE DE S.W. (MENSUAL)
5	Viva	20.3	70	7	5200	Gymnodinium sp.	1.20
				9	17,145	Octactis sp.	
				10	4,972	Diplopsalis sp.	
12	Muerta	21.4	100	7	8,038	Surirella sp.	
				9	2,120	Coscinodiscus sp.	
				10	3,362	Chaetoceros sp.	
19	Viva	21	90	7	25,420	Pseudonitzschia sp.	
				9	56,619	Skeletonema sp.	
				10	18,080	Melosira sp.	
25	Muerta	23.1	30	7	29,544	Guinardia sp.	
				9	9,020	Prorocentrum sp.	
28	Viva	24.7	50	7	1,080	Pleurosigma sp.	
				9	4,462	Nitzschia sp.	
				10	2,168	Chattonella sp.	

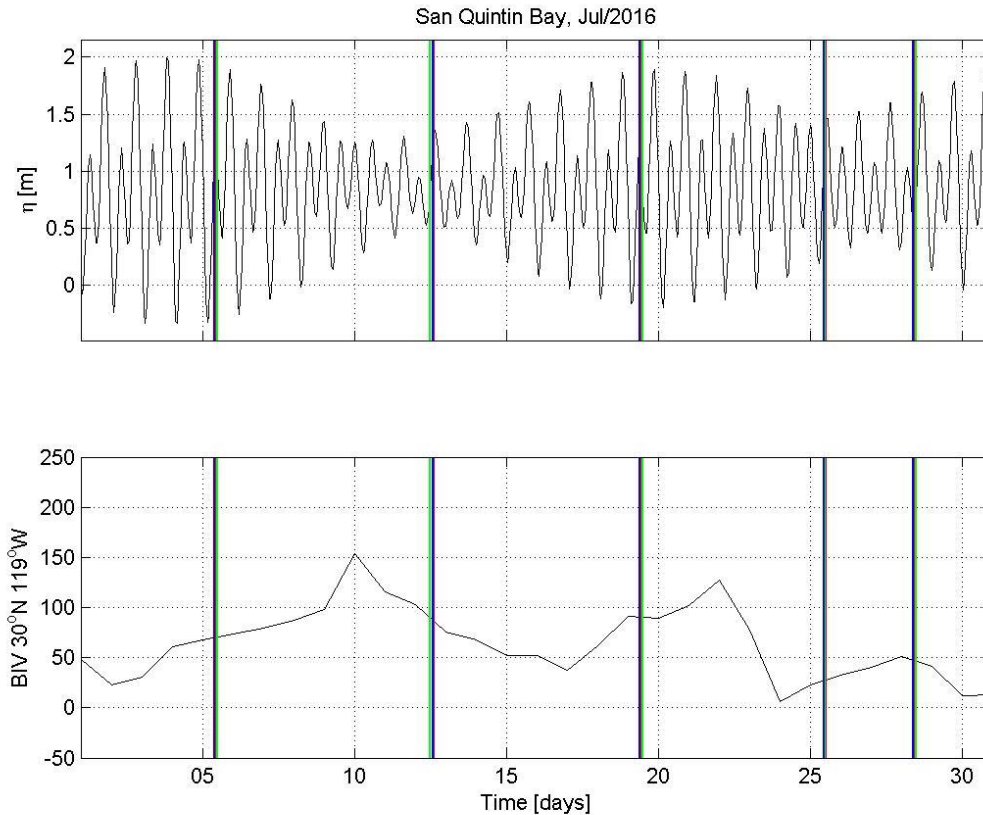


Figura 24. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de julio durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo).

Durante el mes de septiembre se realizaron seis muestreos (tabla VII; figura 25), el muestreo del día 12 no se realizó para la estación 10. El segundo muestreo, tiene condiciones de marea muerta con rangos de marea son cortos, en este muestreo la estación 10 es la que tiene las mayores abundancias, ya que durante los primeros cinco días del mes se tienen eventos de surgencia que favorecen el crecimiento del fitoplancton. Las condiciones de marea muerta, también ayudan a que la columna de agua se encuentre un poco más estable, esto se comprueba con el bajo índice de surgencia, por lo tanto las concentraciones aumentan para el muestreo del día 9, en las estaciones 10 y 9. El muestreo del día 12 (estaciones 9 y 7), se realizó durante el inicio de la marea viva, el índice de surgencia aumento durante los tres días anteriores y volvió a disminuir a $50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$ para este muestreo las concentraciones en la estación 9 disminuyen bastante, se atribuye a el consumo de los nutrientes por el fitoplancton y que la marea apenas empieza a entrar en periodo de viva, por lo que no se ha renovado el agua dentro de la bahía,

en la estación 7 se mantienen concentraciones dentro del promedio para este mes. Los siguientes días, del 13 al 20, la marea se mantuvo viva y el índice de surgencia fue de $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ a 0. Para el día 20, en el cuarto muestreo, el índice de surgencia va en aumento favoreciendo el crecimiento del fitoplancton. Las concentraciones en la estación 7 son muy bajas, pero la marea presentó amplitudes de $>1.5 \text{ m}$ lo que favoreció la entrada de agua al fondo de la bahía, además, la disminución de la concentración se atribuye al consumo por los ostiones, ya que de acuerdo a los registros del CESAIBC, durante la última semana de agosto se sembraron 35.2 millones de semilla y los días 13 y 15 de septiembre se sembraron 55.3 millones de larva y semilla. En este muestreo es en el cual se presentan las mayores concentraciones del mes, si bien el índice de surgencia no ha sido tan alto, se ha mantenido en un rango de $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ por ocho días aproximadamente, lo que favorece el crecimiento de fitoplancton, además la marea viva que estuvo presente durante los ocho días, ayudó al ingreso de los nutrientes a las estaciones 9 y 10. La última marea muerta del mes (partir del día 25), presenta rangos más amplios (1.5 m), por lo que el cambio entre mareas no es tan notorio, las concentraciones en las estaciones 10 y 9 disminuyen un poco, con respecto al muestreo anterior, pero siguen considerablemente altas, esto se atribuye a la renovación de agua con más nutrientes ya que el día 23 se presenta el máximo de surgencia del mes, con valor de $170 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$, después de esto disminuye rápidamente hasta 0. Para el último muestreo las concentraciones son muy bajas en comparación con las del muestreo anterior, esto probablemente debido a que la marea viva no alcanzó rangos mayores a 1.5 m .

Tabla VII. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de septiembre del 2016.

DÍA	MAREA	T (°C)	I. S.	EST	ABUNDANCIA MÁXIMA (Cell ⁻¹)	GÉNERO DOMINANTE	ÍNDICE DE S.W. (MENSUAL)
6	Muerta	21	50	7	660	Surirella sp.	0.7
				9	2,974	Pseudonitzschia sp.	
				10	2,453	Striatella sp.	
9	Muerta	21.7	60	7	240	Surirella sp.	
				9	4,640	Prorocentrum sp.	
				10	7,527	Protoperidinium sp.	
12	viva	21	50	7	340	Navicula sp. Polykrikos sp.	
				9	160	Biddulphia sp.	
20	V	20	50	7	1,200	Prorocentrum sp.	
				9	18,653	Prorocentrum sp.	
				10	26,885	Protoperidinium sp.	
27	M	22.1	0	7	360	Navicula sp.	
				9	17,880	Amphiprora sp.	
				10	23,968	Chaetoceros sp.	
30	viva	22.8	60	7	360	Surirella sp.	
				9	600	Prorocentrum sp.	
				10	16,223	Navicula sp.	

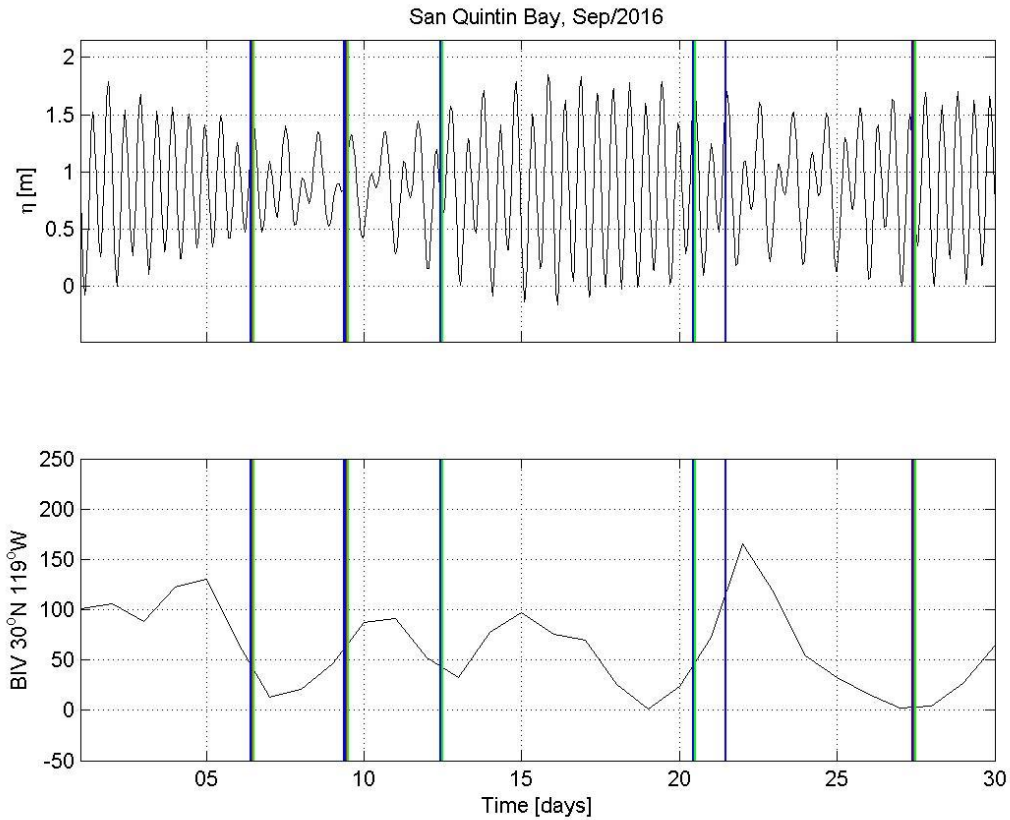


Figura 25. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de septiembre durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo). La quinta línea no es un muestreo, si no, un error del programa.

HIDROGRAFÍA PRESENTE EN BSQ DURANTE LOS MESES DE MAYOR ABUNDANCIA EN EL 2017.

De acuerdo a las concentraciones de fitoplancton para el 2017, los meses de enero, mayo y septiembre, presentan las mayores abundancias. La temporada de surgencia, durante primavera (marzo a junio) y un poco de verano (julio), los valores promedio del índice de surgencia varían entre 0 y $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$, al igual que durante el 2016. Durante enero los rangos de marea son grandes y el índice de surgencia más alto es de $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$. Mayo cuenta con un rango de marea corto y el segundo largo su máxima en cuanto a índice de surgencia es de $225 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$. Septiembre que tiene periodos más cortos, su máximo de índice de surgencia es de $140 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$. Durante marzo y abril se presentan los índices de surgencia más altos con valores de más de $250 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$. Si bien el índice de surgencia para

enero es bajo, durante el mes de diciembre del 2016, se tiene un pico a finales de hasta $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ (ANEXO 3).

Durante el mes de enero se realizaron cuatro muestreos para cada estación (tabla VIII; figura 26), la estación 10, tiene un muestreo el día 25 y las estaciones 9 y 7 tienen un muestreo el día 12. Las mayores concentraciones del mes se registran para el primer muestreo, para las estaciones 10 y 7, las mayores abundancias se presentan durante este día. Durante diciembre de 2016 (ANEXO 4), el día 24 se presentó un evento de surgencia con un índice de $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$, a lo que se atribuyen las abundancias en la estación 10. En la estación 7 se tiene la presencia de *Amphiprora* sp., *Cylindrotheca* sp., los cuales son organismos penados y considerablemente grandes (>50 micras), y *Diplopsalis* sp., y *Protoperidinium* sp., organismos de tamaño grande (>50 micras), teniendo en cuenta la selectividad de alimento de *Crassostrea gigas*, se atribuye a esto, el poco consumo por los moluscos, o bien podría deberse a una temporada de cosecha. La marea muerta dura los siguientes siete días, y el índice de surgencia se mantiene alrededor de 0, después inicia la temporada de marea viva, la cual presenta rangos de marea muy amplios (>4.5m) y también cortos (>1m), La estación 9 tiene su mayor abundancia durante este muestreo, si bien no hay eventos de surgencia importantes durante los días anteriores, la marea viva propicia la entrada de agua hacia el interior de la bahía, por lo tanto, el agua proveniente de la estación 10, dónde se tiene una alta abundancia de fitoplancton se transporte hasta esta estación, en relación, de los nueve géneros encontrados en la estación 9 para este muestreo, seis estuvieron presentes en la estación 10 durante el muestreo anterior (día 2). Con respecto a la estación 7 las abundancias se reducen en un 50% aproximadamente, teniendo en cuenta la saturación de fitoplancton durante el muestreo anterior, se le atribuye la disminución de fitoplancton al consumo de nutrientes, esto también, porque para este muestreo sólo se tienen tres diatomeas y un dinoflagelado, *Lingulodinium* sp., el cual también estuvo presente durante el muestreo anterior. Hegaret *et al.* 2007, menciona que los moluscos suelen reaccionar a los químicos nocivos que suelen producir algunos organismos fitoplanctónicos como *Gymnodinium* sp. y *Alexandrium* sp., los moluscos suelen dejan de filtrar agua y cierran sus valvas para protegerse o reducen su alimentación. *Lingulodinium* sp. es un organismo que produce un químico, lo que pudo provocar que los ostiones dejaran de filtrar, incluso desde el muestreo anterior. El tercer muestreo se realizó el día 16, la estación 10 presenta una disminución de más de 50% en las concentraciones de fitoplancton ya que las condiciones de

surgencia no han sido muy favorables. La estación 7, presenta un aumento en las concentraciones de aproximadamente 10 %, en esta ocasión se tiene una alta abundancia de *Prorocentrum* sp. que se conoce como productor de Ácido Okadaico (AO), lo que probablemente provocó que los organismos dejaran de filtra. El siguiente muestreo sólo se realizó en la estación 10 durante el día 25, Anterior a este muestreo se tuvo marea muerta y los eventos de surgencia no presentan índices muy altos, por lo que no hay nutrientes suficientes para el crecimiento del fitoplancton. El último muestreo se realizó el día 30, las concentraciones para este día fueron considerablemente más bajas que los muestreos anteriores, de igual manera porque los nutrientes no son suficientes para el crecimiento del fitoplancton. Aun así, en la estación 10, si se tuvo un aumento ya que en el muestreo anterior fue mucho más bajo y había más disponibilidad de nutrientes.

Tabla VIII. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de enero del 2017.

DÍA	MAREA	T (°C)	I. S.	EST	ABUNDANCIA MÁXIMA (Cell ⁻¹)	GÉNERO DOMINANTE	ÍNDICE DE S.W. (MENSUAL)
2	muerta	15.6	0	7	318,553	Amphiprora sp. Cylindrotheca sp. Diplopsalis sp. Protopteridinium sp.	0.54
				9	243,955	Amphiprora sp. Cylindrotheca sp. Fibrocapsa sp.	
				10	345,366	Bacteriastrium sp. Ceratum sp. Protopteridinium sp.	
12	viva	15.6	30	7	165,240	Navicula sp. Pleurosigma sp.	
				9	263,678	Ceratum sp. Coscinodiscus sp. Prorocentrum sp.	
16	muerta	16.3	30	7	199,152	Ceratum sp.	
				9	233,995	Ceratum sp. Navicula sp.	
				10	153,308	Coscinodiscus sp. Gyrodinium sp. Nitzschia sp. Pleurosigma sp.	
25	viva	15.5	10				
				10	19,353	Protopteridinium sp.	
30	viva	15.4	0	7	49,920	Rhizosolenia sp.	
				9	65,781	Coscinodiscus sp. Protopteridinium sp.	
				10	47,499	Podolampas sp.	

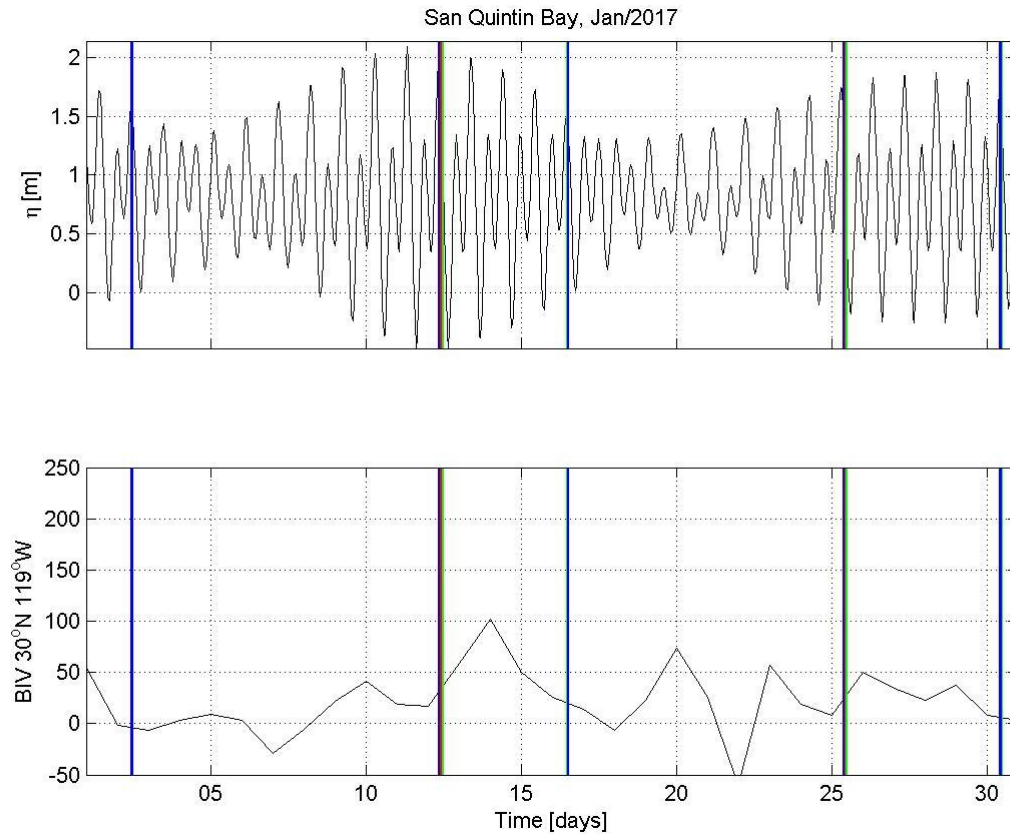


Figura 26. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de enero durante el año 2017 (cada línea representa un muestreo).

Durante el mes de mayo se tienen seis días de muestreo (tabla IX; figura 27), las tres estaciones tienen un muestreo para los días 9, 22 y 31, las estaciones 10 y 9 además tienen muestreo el día 2 y la estación 7 tiene muestreos el día 4 y 17. Durante los primeros dos muestreos se tienen bajas concentraciones de fitoplancton en comparación con el resto de los muestreos, sin embargo, se tiene la presencia de *Prorocentrum* sp., productor de AO, lo que pudo favorecer el aumento en la concentración para el siguiente muestreo (día 9) en la estación 7. Se registraron tres eventos de surgencia importantes, el día 7 ($230 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$), 12 ($230 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) y 13 ($240 \text{ m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$), aportando nutrientes a la columna de agua y favoreciendo el crecimiento del fitoplancton. Así mismo, la marea viva presente hasta el día 16, favorece las altas concentraciones que perduran para el día 22. El día 17 se registra el cuarto día de muestreo, correspondiente sólo a la estación 7, la estación presenta su mayor abundancia durante este

muestreo lamentablemente, como no se tienen muestreos en las estaciones 9 y 7, no se puede confirmar si el aumento fue igual para las tres estaciones. A partir del día 17 el índice de surgencia se mantiene bajo los 100, El siguiente muestreo es realizado el día 22 y presenta las mayores abundancias del mes y para las estaciones 10 y 9, la estación 7 también tiene abundancias altas al igual que el muestreo anterior. Para las estaciones 9 y 7, el aumento fue gradual, aumentando en cada muestreo hasta su concentración máxima (día 17 para la estación 7 y día 22 para la estación 9), la estación 10 a diferencia de las otras dos presenta abundancias muy bajas.

Tabla IX. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de mayo del 2017.

DÍA	MAREA	T (°C)	I. S.	EST	ABUNDANCIA MÁXIMA (Cell ⁻¹)	GÉNERO DOMINANTE	ÍNDICE DE S.W. (MENSUAL)
2	muerta	18.4	30				1.1
				9	10,243	Navicula sp. Prorocentrum sp.	
				10	5,828	Proboscia sp.	
4	muerta	19	40	7	12,577	Prorocentrum sp.	
9	viva	18.2	30	7	38,034	Amphora sp. Protopteridinium sp.	
				9	45,708	Dinophysis sp. Fibrocapsa sp.	
				10	389	Diplopsalis sp.	
17	muerta	17.6	150	7	166,458	Polykrikos sp.	
22	muerta	19.2	80	7	145,357	Gonyaulax sp.	
				9	379,921	Ceratium sp. Coscinodiscus sp. Protopteridinium sp.	
				10	160,936	Gonyaulax sp.	
31	viva	17.2	110	7	10,206	Pseudonitzschia sp.	
				9	13,417	Gyrosigma sp.	
				10	21,671	Ceratium sp.	

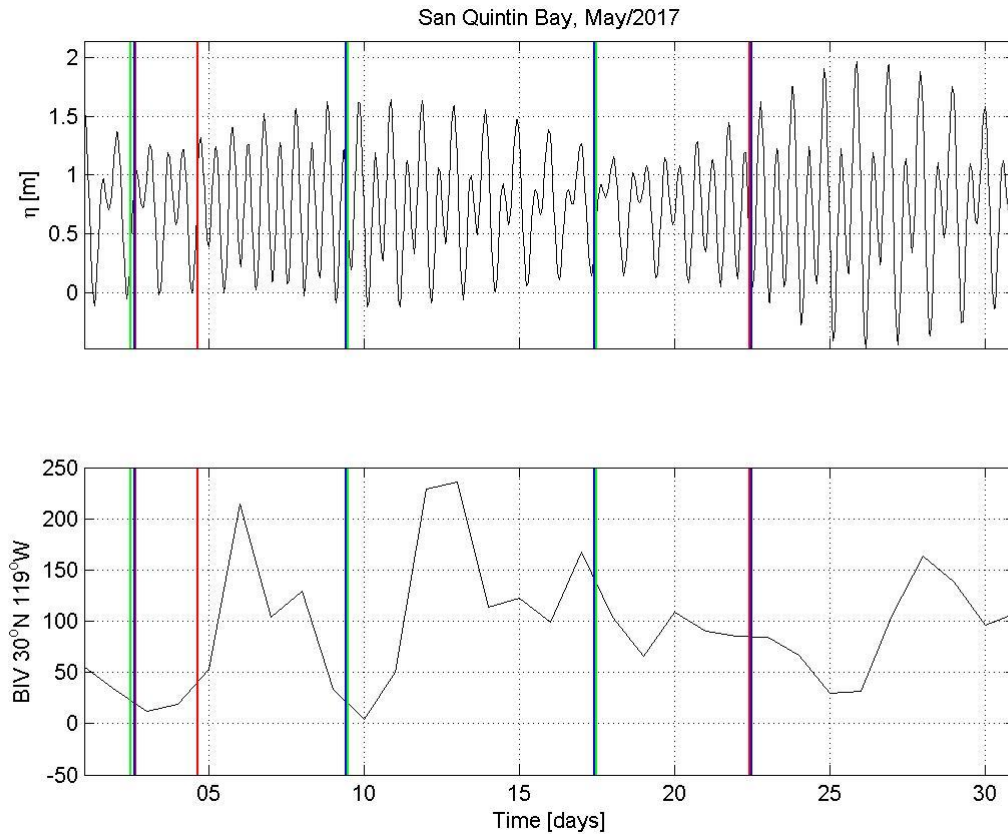


Figura 27. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de mayo durante el año 2017 (cada línea representa un muestreo).

Durante el mes de septiembre se realizaron tres muestreos los días 5, 12 y 25 (tabla X; figura 28). La estación 7 presenta las mayores concentraciones durante el primer muestreo, se tiene la presencia de *Surirella* sp. y de *Pseudonitzschia* sp., por lo cual se atribuye las altas concentraciones a la selectividad de alimento de los ostiones, ya que no se tienen eventos de surgencia importantes y la marea no tuvo rangos tan altos como para transportar nutrientes al interior de la bahía. El día 7 se presentó un evento de surgencia y para el día 10 empezó la temporada de marea muerta con rangos amplios ($>1\text{m}$), lo que favorece las concentraciones de la estación 9, que presenta la mayor abundancia durante el segundo muestreo. Cuatro de los cinco organismos de la estación 9 durante este muestreo, estuvieron en la estación 7 durante el muestreo anterior, atribuyéndose a el arrastre por la salida de agua durante la marea muerta. Durante el último muestreo, la concentración en la estación 10 tuvo un aumento importante, ya

que había sido la que presentaba las concentraciones más bajas durante todo el muestreo anterior, si bien no se tuvieron eventos de surgencias importantes, se registró un pequeño aumento en los índices durante los días 19 y 21, lo que ayuda con el aporte de nutrientes a la bahía durante esta marea viva.

Tabla X. Características físicas y biológicas durante los muestreos del mes de septiembre del 2017.

DÍA	MAREA	T (°C)	I. S.	EST	ABUNDANCIA MÁXIMA (Cell ⁻¹)	GÉNERO DOMINANTE	Índice DE S.W. (MENSUAL)
5	viva	-	70	7	285,351	Surirella sp. Thalassionema sp. Thalassiosira sp.	0.97
				9	1,473	Thalassionema sp.	
				10	1,984	Pleurosigma sp.	
12	muerta	-	60	7	264,736	Ceratium sp. Myrionecta sp. Oxytoxum sp. Peridinium sp.	
				9	201,268	Diplopsalis sp. Oxytoxum sp.	
				10	25,821	Dinophysis sp. Diplopsalis sp.	
25	muerta	-	50	7	176,265	Ceratium sp. Coscinodiscus sp.	
				9	139,435	Coscinodiscus sp.	
				10	124,383	Dinophysis sp.	

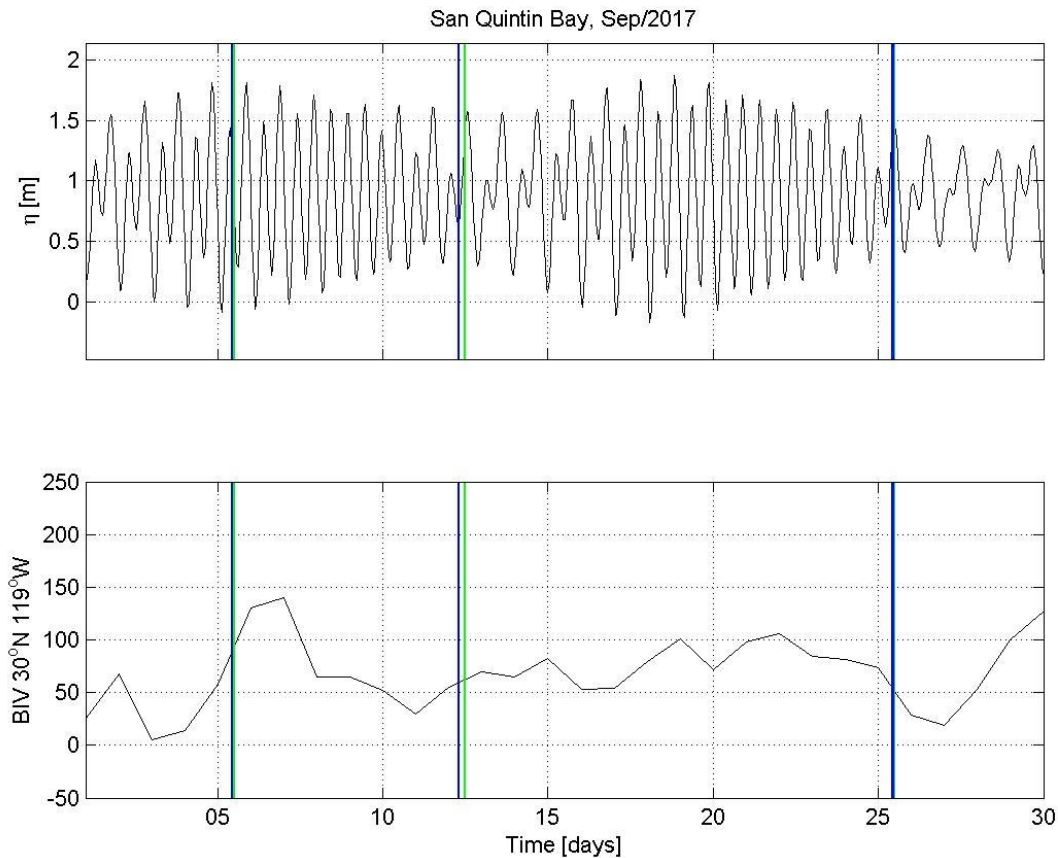


Figura 28. Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de durante el año 2017 (cada línea representa un muestreo).

Las concentraciones del 2016 son apenas el 20% de lo que se reporta para el 2017, esto se atribuye un evento de “El Niño”, que inició en 2015 y termino para septiembre del 2016 aproximadamente, evento que causa anomalías de temperatura y surgencia principalmente (ANEXO 5), las temperaturas tienden a aumentar y los eventos de surgencia son escasos (Jacox *et al.* 2016). También, Gómez-Ocampo *et al.* 2017, indican que para el evento de “El Niño” de 1997 y 1998, hubo una disminución de biomasa y producción de fitoplancton. Por lo tanto, la recuperación de las condiciones oceanográficas particulares de la bahía se da hasta enero del 2017, dónde la abundancia es muy alta, aun en comparación con ese año, esto se atribuye a la acumulación de nutrientes que fueron puestos en suspensión cuanto comenzaron a presentarse eventos de surgencia importantes. En relación con los eventos de surgencia, se hace notar que

en un periodo de ocho a 10 días después del evento se presenta un aumento en la abundancia de fitoplancton.

También se hace notar que las concentraciones durante el 2016 aumentan durante la temporada de surgencia, de marzo a julio. Pero para el año 2017, las concentraciones aumentan cada cuarto mes. Y en ambos años se tienen altas concentraciones durante el mes de septiembre. Así mismo, las concentraciones fitoplanctónicas de la estación 7 están relacionadas con la producción de ostión (temporadas de siembra y cosecha), siendo inversamente proporcionales, por ejemplo, si se siembra una alta cantidad de semilla y/o larva, las concentraciones de fitoplancton tienden a disminuir. Tal es el caso, en la figura 29 que representa la siembra y las concentraciones de fitoplancton mensual para el año 2016, durante los meses de marzo a junio la siembra de semilla y larva fue alta y las concentraciones de fitoplancton fueron bajas, de manera contraria para el mes de julio, la siembra es menor y las concentraciones de fitoplancton son altas. Esto ocurre de igual manera para el año 2017 (figura 30).

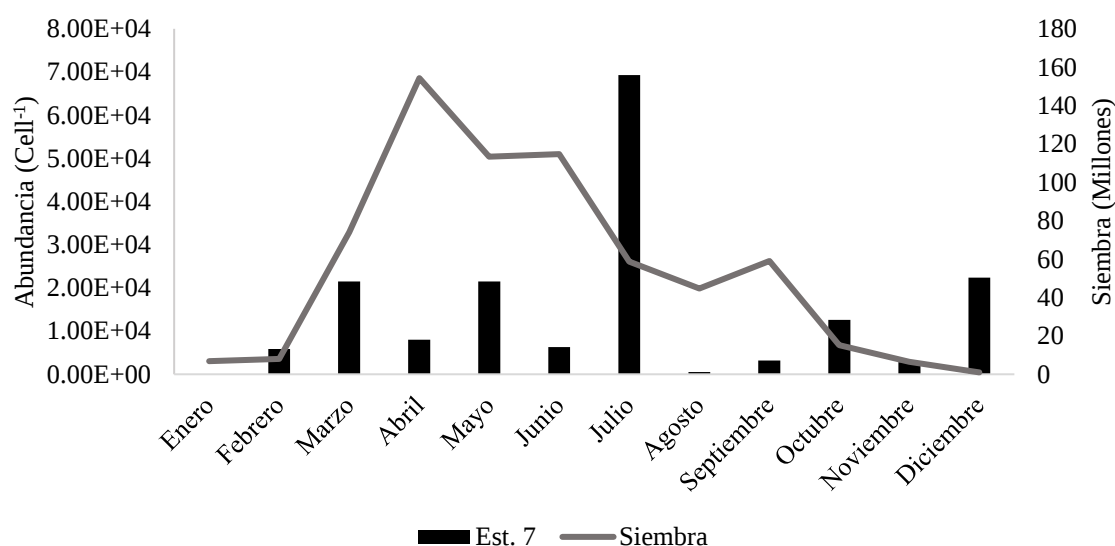


Figura 29. Abundancia en Cell⁻¹ en relación a la siembra mensual de semilla/larva de ostión en BSQ durante el 2016.

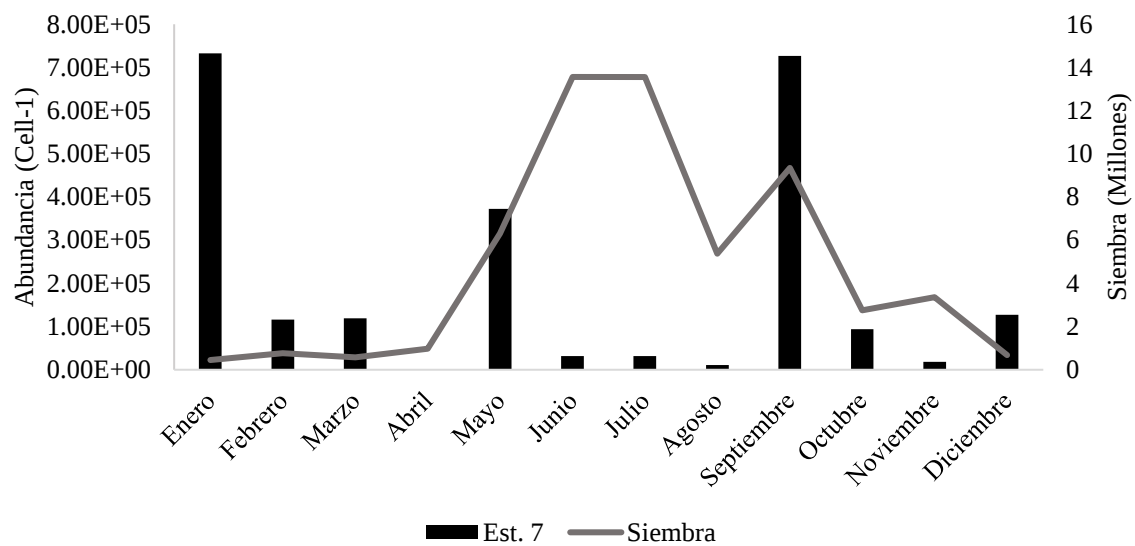


Figura 30. Abundancia en Cell^{-1} en relación a la siembra mensual de semilla/larva de ostión en BSQ durante el 2017.

ANÁLISIS DE CLUSTERS

ANÁLISIS DISCRIMINANTE

En análisis discriminante es considerado una regresión dónde la variable dependiente es categórica y la independiente es continua y determina la pertenencia de objetos en los grupos. Este análisis, es muy exacto al clasificar los casos en cada grupo, creando funciones lineales de las variables originales que discriminen entre los grupos. Por lo tanto, ayuda a discriminar las características de dos o más grupos (Ferrán–Aranaz, 2001). El resultado indica que la agrupación por mes tiene el mayor porcentaje de agrupación con 90.2%, la agrupación por año fue de 74.3% y finalmente por estación se agrupó un 45.9% de los casos (tabla XI). Las diferencias entre el año y el mes son muy pequeñas, sin embargo, sólo hay una variable discriminada, esto indica que ya que por mes hay 12 categorías en las cuales se agrupan los casos de las otras variables, y teniendo éste 12 opciones para clasificar hay una mayor agrupación. La única variable que obtuvo una $p > 0.05$ fue el género con una $p=0.186$.

Tabla XI. Resultado de las variables de agrupación para el análisis discriminante.

	Datos válidos	Total de datos	Variables discriminadas	Porcentaje de agrupación
Año	1283	1824	5	74.3%
Mes	1283	1824	1	90.2%
Estación	1283	1824	7	45.9%

CLUSTER DE K-MEDIAS

El análisis de k-medias permite clasificar los casos de las variables por las similitudes que comparten y las distancias entre los conjuntos de variables. Mediante análisis de casos individuales, se agrupan casos hasta tener clusters homogéneos (Ferrán–Aranaz, 2001). En este método se asigna previamente la cantidad de clusters en los que se quiere agrupar, en este caso, se agrupó en tres clusters, ya que anteriormente se analizó desde dos a seis clusters para observar cómo se comportaba la agrupación de los datos. Se agrupó un total de 1,824 casos de los dos años en conjunto, de los cuales 1,283 fueron datos válidos y 541 fueron datos perdidos (tabla

XII), es decir, a falta de un dato el programa no pudo integrarlo al análisis. Aun así, los datos válidos representan el 70% del total, lo cual es un buen porcentaje de datos utilizados.

Tabla XII. Resultados del análisis de agrupación de cluster de k-medias.

Clúster	1	45
	2	703
	3	535
Válidos		1283.000
Perdidos		541.000

El cluster #1 obtuvo un 42% de los 1283 casos, siendo el que obtuvo el mayor porcentaje, el cluster #2 clasificó el 55% de los casos y el cluster #3 obtuvo apenas el 3% (figura 31). Cada cluster tiene información característica y en común con otro cluster. En este análisis las variables que define cada cluster son el total de Cell⁻¹ en una muestra, como segunda diferenciación se encuentra el total de Cell⁻¹ de un organismo y por último la temperatura.

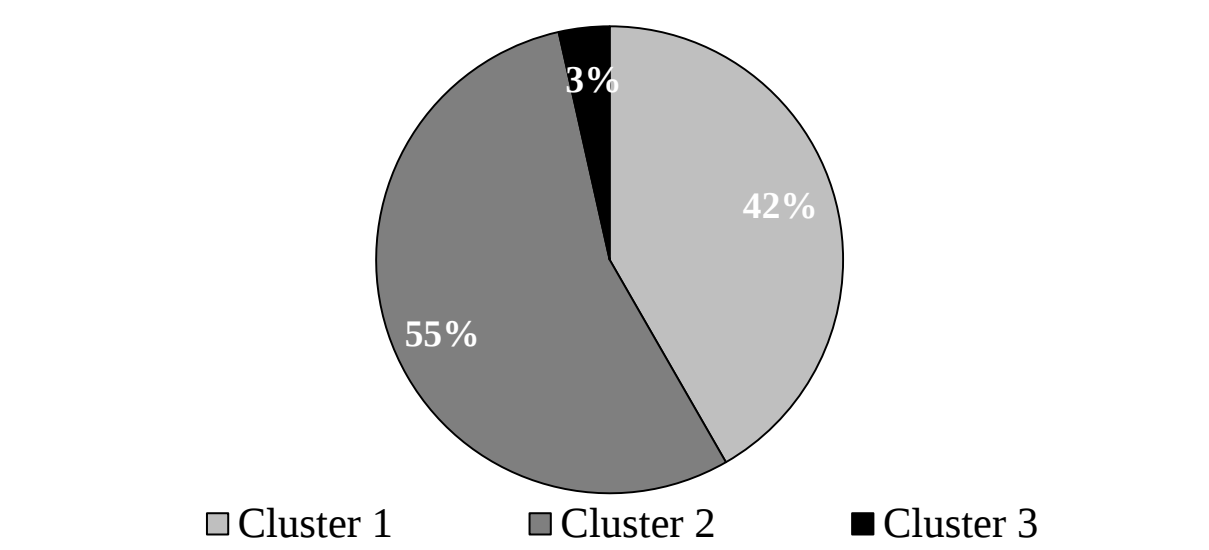


Figura 31. Clasificación porcentual de todas las variables en tres clusters.

El cluster #1 está conformado por el 42 % de los casos. Está representado por el mayor porcentaje de casos de entre 296 Cell⁻¹ hasta los 1061 Cell⁻¹ en un muestreo, un porcentaje muy variado desde los 0 a las 233 Cell⁻¹ de un organismo y un porcentaje de entre 40 y 100 de las temperaturas registradas. En este cluster (figura 32) se presentan porcentajes similares por

estaciones, por ejemplo, la estación 9 tiene un 23% para ambos años, de igual manera la estación 7 presenta 9% para el año 2016 y 12% para el 2017, y por último la estación 10 tiene 15% y 18% respectivamente. Esto indica que las estaciones mantienen similitudes independientemente del año de muestreo. Así mismo, el cluster #1 contiene un poco más de casos del año 2017, en comparación con el 2016.

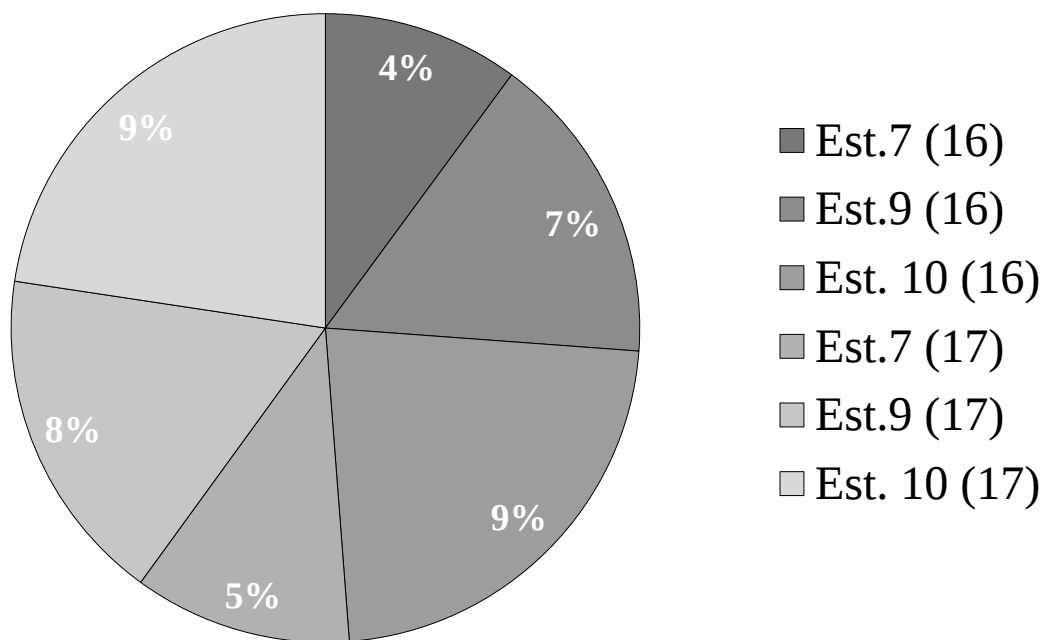


Figura 32. Participación porcentual de los casos por estaciones diferenciando el año, en el cluster #1.

El cluster #1 comparte todas las variables con los otros dos clusters, sin embargo, se está definido por el total de Cell^{-1} en un muestreo, ya que, aunque se comparte con el cluster #3, el cluster #1 contiene el mayor porcentaje de casos. Además, comparte los mismos casos de total de Cell^{-1} de un organismo con el cluster #2, y contiene casos específicos de esta variable. Esto indica que las estaciones mantienen las concentraciones de muestreos y organismos independientemente del año.

El cluster #2 clasifica al 55% de los casos, también clasifica las concentraciones de muestras del 0 hasta 257 Cell^{-1} , las concentraciones de organismos del 0 al 190 Cell^{-1} y el mayor porcentaje de temperaturas. En este cluster se clasifica el mayor porcentaje de datos del año

2016, el cual es de 79%. La estación 9 del año 2016 presenta el mayor porcentaje (34%). El cluster #2 es el primero en definirse por el total de Cell^{-1} en un muestreo ya que no comparte casos o datos con ningún otro cluster. Debido a que este cluster es el que contiene el mayor porcentaje de casos, indica que durante el 2016 se tienen más casos con muestras con pocas Cell^{-1} . en especial en la estación 9 (figura 33). También se define por la temperatura, sin embargo, aunque es el único cluster que tiene temperaturas específicas, comparte algunas con los otros clusters.

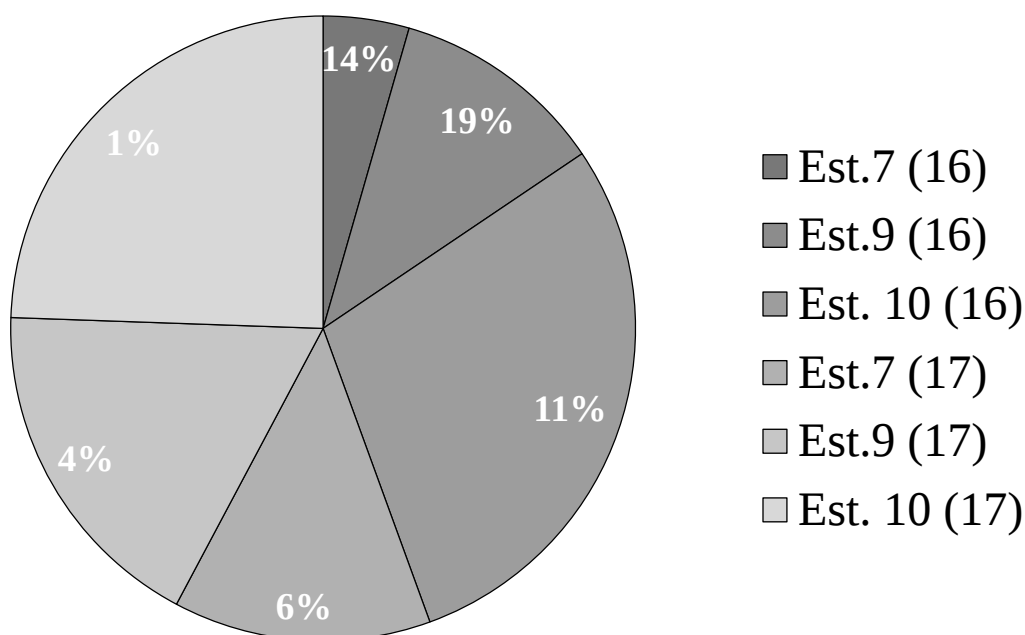


Figura 33. Participación porcentual de los casos por estaciones diferenciando el año, cluster #2.

El cluster #3 agrupa el 3% de los casos del año 2017 (figura 34). Con respecto a sus casos, abarca una mínima parte de los datos, clasifica un mínimo porcentaje de los casos que contienen entre 322 Cell^{-1} hasta 1061 Cell^{-1} en el total por muestra, los organismos que tienen concentraciones desde 203 Cell^{-1} hasta 705 Cell^{-1} en su totalidad y un mínimo porcentaje de las temperaturas. En este cluster se clasifican el mayor porcentaje de los casos del año 2017. La estación 10 agrupa el mayor porcentaje de casos durante ambos años. El cluster #3 se define por el total de Cell^{-1} de un organismo, siendo esta la variable que no comparte con ninguno de

los otros dos clusters. Este cluster representa sólo el 3% de todos los casos, indicando que los organismos con más Cell^{-1} son pocos. Además, el hecho de que la estación 10 agrupe más casos indica que es en la cual se presentan más células de un organismo durante ambos años.

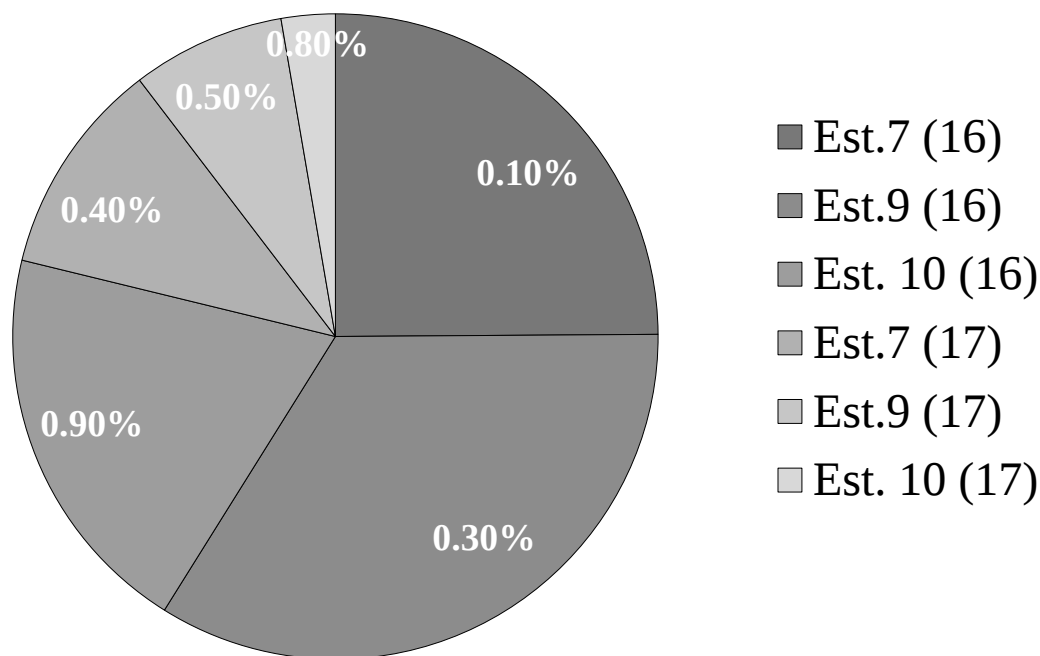


Figura 34. Participación porcentual de los casos por estaciones diferenciando el año, en el cluster #3.

A grandes rasgos el cluster #1 presenta similitudes anuales por estación de acuerdo a las muestras con mayores concentraciones. El cluster #2, presenta los casos del 2016 a las muestras con menor concentraciones. El cluster #3, presenta casos del 2017 de acuerdo a los organismos con mayor abundancia.

CLUSTER JERÁRQUICO

Este análisis permite conglomerar los casos en un orden a diferencia del análisis de k-medias. Analiza las matrices de distancias entre los casos para elegir los dos elementos más similares y agruparlos en un cluster que es indivisible, a partir de este se van agrupando casos más grandes y heterogéneos (Ferrán-Aranaz, 2001). El resultado más importante de este

análisis es un dendograma, en el cual se puede identificar la cantidad de clusters utilizados para clasificar los casos.

En la figura del dendograma arrojado por el programa (figura 35), se pueden distinguir tres agrupaciones finales, de lo cual se definen los clusters a utilizar en el análisis de k-medias. Para tener una mejor visualización de estos resultados se incluyen las “tablas de contingencia”, donde se presentan los porcentajes de las variables para cada uno de los clusters (ANEXO 10).

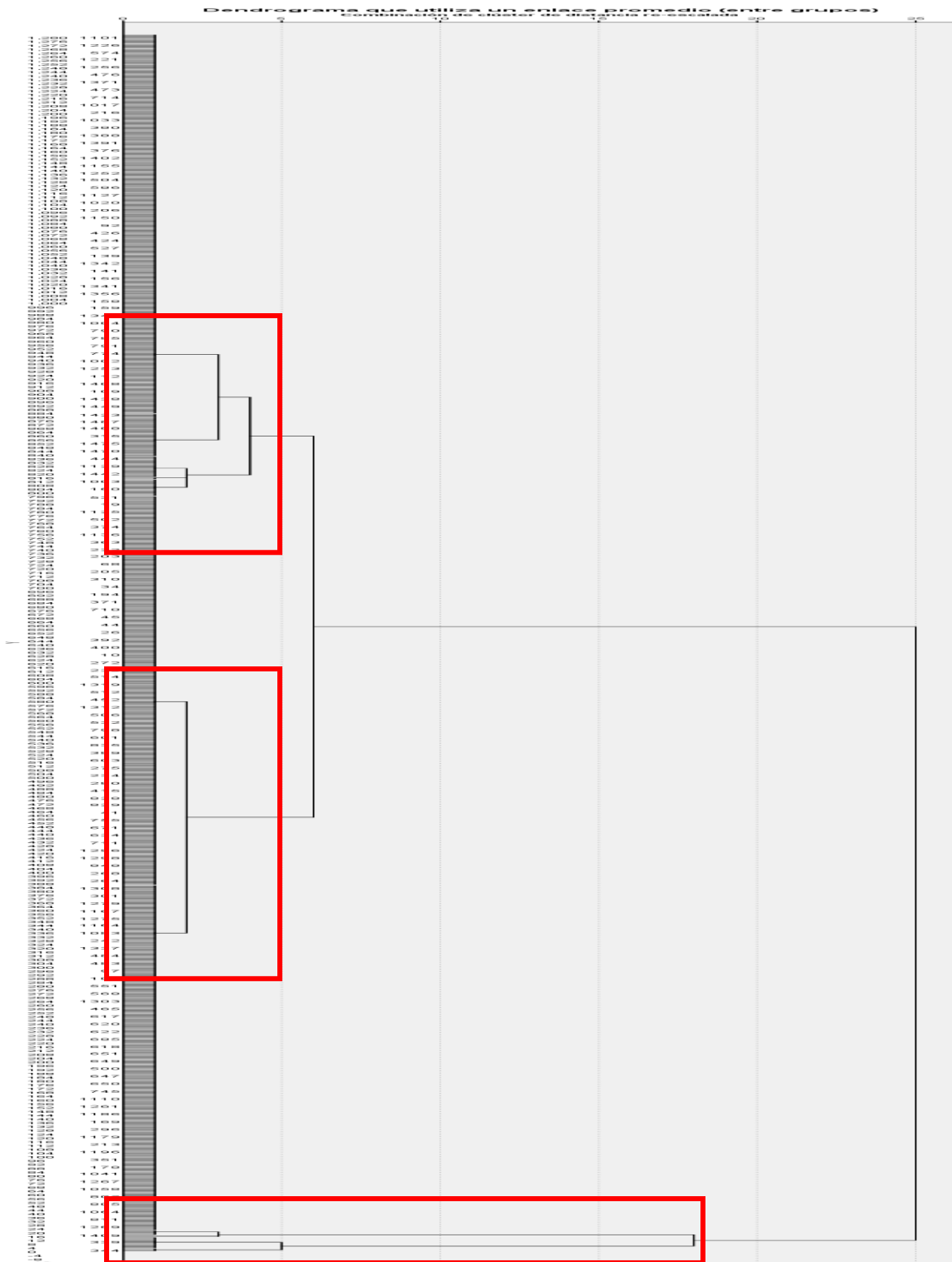


Figura 35. Dendrograma obtenido con el programa “SSPS” durante el análisis de cluster jerárquico, en él se enmarcan en un recuadro rojo las clasificaciones finales.

EVALUACIÓN DEL MONITOREO FITOPLANCTÓNICO

RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y LOS GRUPOS FITOPLANCTÓNICOS DE INTERÉS

Mediante el análisis de abundancia relativa (figura 7 y 8) de grupos se identificó a las diatomeas y los dinoflagelados como los grupos principales, diatomeas durante los dos años y los dinoflagelados más presentes durante el 2017 sin llegar a ser mayores que las diatomeas (figura 14 y 19). Durante el 2016 las medias de temperaturas fueron de 19.8°C durante la presencia de diatomeas y 20.1°C durante la presencia de dinoflagelados, y para el 2017 17.4°C y 18.4°C respectivamente (ANEXO 6), lo que concuerda con los trabajos anteriores, Moreno-Miranda, 2007, presenta resultados sobre temperaturas y grupos fitoplanctónicos dónde las mayores concentraciones de diatomeas se encuentran en zonas dónde la temperatura se encuentra entre 19°C - 21°C y los dinoflagelados a temperaturas de 12.5°C – 19 °C. Por otro lado, Frías-Velasco, 2008, presenta altas abundancias de diatomeas en toda la bahía, sin embargo, las estaciones dónde se tiene una concentración de dinoflagelados significativa es en la boca, en la intersección de BF y BSQ, y en la entrada de BSQ. Siguiendo con las temperaturas presentadas en la figura 26 y lo anteriormente mencionado por (Gracia-Escobar *et al.* 2014), las temperaturas son más bajas en la zona de la boca (15.3°C) y más altas en BF y BSQ (18.1°C), siendo un poco mayor en BSQ. Por lo tanto, los resultados de Frías, 2008, indican dinoflagelados en temperaturas menores a 18 °C. lo que también concuerda con lo presentado por Gracia-Escobar *et al.* 2014, dónde encuentran una mayor abundancia de dinoflagelados en la zona de la boca, la mayor abundancia de diatomeas en BF y ambos grupos en iguales concentraciones en BSQ.

EVALUACIÓN DE LAS ESTACIONES DEL MONITOREO FITOPLANCTÓNICO EN BSQ

Para encontrar diferencias o similitudes entre las estaciones se realizó el mismo análisis discriminante con los años por separado, en este caso se introdujo los independientes juntos, en lugar del método de inclusión por pasos (ya que no daba resultados para el 2017). Como resultado para el 2016 se obtuvo una pertenencia (ANEXO 7) con un mayor porcentaje entre las estaciones 9 - 7 (42.1%) y las otras combinaciones presentan una pertenencia menor al 30%.

En el 2017 (ANEXO 8) se tiene una mayor pertenencia entre las estaciones 7 - 9 (42%) y las estaciones 10 - 9 (45%), de igual manera que para el 2016 ninguna otra combinación de estaciones presenta un porcentaje de pertenencia mayor a 30%.

En cuanto a las concentraciones fitoplanctónicas en las estaciones para el año 2016 (ANEXO 9), se tiene que en promedio la estación 7 y 9 tienen abundancias más similares. Para el 2017 se tienen que las estaciones 7 y 9 comparten medias más cercanas, al igual que las estaciones 10 y 9, pero las estaciones 7 y 10 los promedios son más distantes. Por lo tanto y estadísticamente, durante el 2016 la estación 10 es diferente a las otras dos estaciones y durante el 2017 la estación 9 es similar a las otras dos estaciones. Esto se atribuye a que la estación 9 está sobre el canal, el cual sirve como barrera entre la entrada y salida de agua, por lo tanto, depende de qué lado del canal se tome la muestra tendrá similitudes con la estación 10 o la estación 7. Por tal motivo esta estación está representando lo que hay en las estaciones 7 y 10, por tanto, se debe tener cuidado al tomar la muestra y ser más precisos en la posición. En un principio COFEPRIS estableció una serie de estaciones dentro de BSQ (11 estaciones) dejando como estaciones principales las anteriormente descritas (figura 4- Derecha), cerca de la estación 9 se tienen las estaciones 5 y 11, la estación 5 se encuentra cruzando el canal dónde el flujo de agua es de salida y la estación 11 antes del canal, dónde el flujo es regularmente de entrada. Por lo cual se plantea la evaluación de estas dos estaciones para confirmar si representan una mayor variabilidad en relación con las estaciones 7 y 10. Retomando la variabilidad de las estaciones, ya que estos dos años presentan características físicas diferentes debido a que el año 2016 es un año afectado por “El Niño”, no se pueden comparar entre sí, por lo que para comprobar cuál de los dos años es el que define la diferencia entre estaciones se deben analizar los años 2015 y 2018.

En cuanto al muestreo se debieron tener 288 durante los dos años, sin embargo, sólo se obtuvieron 181, lo cual es el 63%, es decir se tiene información de poco más de un año. Esta falta de información se relaciona con las condiciones de BSQ, dónde al ser una zona muy somera, la muestra no se puede tomar, o se toma y no se puede leer, debido a la cantidad de sedimento que contiene. Aun así, la información que se tuvo fue suficiente para poder realizar el análisis de abundancias, claro está, que a mayor información el análisis es más exacto y confiable, por esto la importancia de tomar otras variables fisicoquímicas, tales como pH,

temperatura, salinidad, etc. Cabe mencionar que para poder llevar a cabo un programa de monitoreo tan grande este, se requiere de la participación de todos los involucrados, esto incluye a productores y autoridades. Cada uno debe crear conciencia de acuerdo a el papel que juega dentro del seguimiento del monitoreo, desde la toma correcta de la muestra hasta la entrega temprana del reporte y generar alertas tempranas, ya que, si alguno de los procesos tiene un pequeño fallo genera una irregularidad en el resultado final.

CONCLUSIONES

Este análisis da un amplio panorama sobre la comunidad fitoplanctónica, sus concentraciones y la relación con la dinámica oceánica, sin embargo, los años no son comparables entre sí, debido a las diferencias climáticas que se tuvo en cada uno, por lo cual se deben analizar las bases de datos de los años 2015 y 2017, para conocer qué comunidad y en que concentraciones predomina.

El análisis de las bases de datos muestra seis grupos fitoplanctónicos, las diatomeas son el más abundante, seguido de dinoflagelados. De estos dos grupos se encontraron 17 géneros representativos, entre ellos *Pseudonitzschia* sp., *Dinophysis* sp. y *Prorocentrum* sp., organismos productores de biotoxina.

Durante el 2016 la mayor abundancia de fitoplancton se presenta en primavera (temporada de surgencia) y tiene bajas concentraciones de abundancia de fitoplancton, esto por el efecto de “El Niño” del 2015. Durante este año también se tienen un mayor porcentaje de diatomeas y un índice de diversidad bajo.

En el 2017 hay un aumento en las concentraciones de fitoplancton cada tres meses y son 80% mayor a las del 2016. Durante este año los dinoflagelados tienen una mayor contribución y un índice de diversidad bajo.

Las concentraciones de fitoplancton aumentan después de un evento de surgencia, y la temperatura es un indicador del grupo fitoplanctónico predominante, lo que comprueba una relación entre las abundancias y las hidrografías, como lo encontrado por Moreno-Miranda, 2007 y Gracia-Escobar *et al.* 2014.

La marea es un factor importante para el movimiento agua y nutrientes (entrada y salida) y por lo tanto en la distribución del fitoplancton en las estaciones dentro de la bahía (7 y 9).

El análisis de cluster indica diferencias entre los dos años y similitudes entre las tres estaciones durante los dos años en conjunto.

La estadística descriptiva indicó temperaturas de 19-20°C cuando hay presencia de diatomeas y temperaturas de 17-18°C cuando hay presencia de dinoflagelados. Similar a lo

encontrado por Gracia-Escobar *et al.* 2014, Moreno-Miranda, 2007 y Frías-Velasco, 2008., dónde se encontró la misma dominancia de grupos a temperaturas similares.

Las concentraciones de fitoplancton en la estación 7 se ven afectadas por las siembras de semilla o larva.

Las concentraciones encontradas en la estación 9 son similares a las otras estaciones, pero las estaciones 7 y 10 son diferentes, por lo cual se plantea la evaluación de una cuarta estación de muestreo.

Las concentraciones de la comunidad fitoplanctónica de BSQ, pueden preverse si se toman en cuenta la marea y la surgencia, la temperatura puede ser un indicador del grupo fitoplanctónico predominante. Lo que beneficiaría las zonas de cultivo en cuanto a alimento, si se siembra durante las temporadas de mayor abundancia de fitoplancton.

REFERENCIAS

- Aveytua-Alcázar, L., Camacho-Ibar, V. F., Souza, A. J., Allen, J. I., & Torres, R. (2008). Modelling *Zostera marina* and *Ulva* spp. in a coastal lagoon. *ecological modelling*, 218(3-4), 354-366.
- Anderson, T. R. (2005). Plankton functional type modelling: running before we can walk?. *Journal of Plankton Research*, 27(11), 1073-1081.
- Camacho-Ibar, V. F., Carriquiry, J. D., & Smith, S. V. (2003). Non-conservative P and N fluxes and net ecosystem production in San Quintín Bay, Mexico. *Estuaries*, 26(5), 1220-1237.
- Camacho-Ibar, V. F., & Rivera-Monroy, V. H. (2014). Coastal lagoons and estuaries in Mexico: processes and vulnerability.
- Chávez-Villalba, J. (2014). Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica*, 24(3), 175-190.
- Cloern, J. E., Powell, T. M., & Huzzey, L. M. (1989). Spatial and temporal variability in South San Francisco Bay (USA). II. Temporal changes in salinity, suspended sediments, and phytoplankton biomass and productivity over tidal time scales. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 28(6), 599-613.
- Cognie, B., Barillé, L., Massé, G., & Beninger, P. G. (2003). Selection and processing of large suspended algae in the oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Ecology Progress Series*, 250, 145-152.
- COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS
COMISIÓN DE OPERACIÓN SANITARIA (COFEPRIS). (2009). Programa mexicano de sanidad de moluscos bivalvos guía técnica para el control sanitario de moluscos bivalvos. Retrieved from: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313621/GuiaTPCSMB.pdf> (31/05/18)

COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS
COMISIÓN DE OPERACIÓN SANITARIA (COFEPRIS). (2016). Trabajo Para El
Muestreo De Fitoplancton Y Detección De Biotoxinas Marinas, L. DE, Mario Castillo
Chávez Pamela Suarez Brito Guillermo Arroyo Gómez Alvaro Israel Pérez Vega, N., &
Fecha, F. Retrieved from:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/178777/Lineamiento_de_Trabajo_Muestreo_y_Deteccion_Fito_2016.pdf (25/10/19).

COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA (CONAPESCA). (2017). *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca* Publicación. 300. Retrieved from:
https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2017/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf (30/06/19)

Falkowski, P. G., & Knoll, A. H. (2007). An introduction to primary producers in the sea: who they are, what they do, and when they evolved. In *Evolution of primary producers in the sea* (pp. 1-6). Academic Press.

Ferrán-Aranaz (2001). SPSS para Windows. Análisis estadístico, México, McGraw-Hill. 480 pp.

Flores-Vidal, X. (2006). Circulación residual en Bahía San Quintín, BC, México: Ensenada, BC, Mexico, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). (MSc thesis, 80 p).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). (2018). Estado Mundial de acuacultura y pesca. *Fao 2018 De La Pesca Y La Acuicultura*. Retrieved from:
<http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf> (30/06/19)

Frías-Velasco, A. (2008). Variación espacial y temporal del fitoplancton durante los eventos de surgencia en Bahía San Quintín, B.C. México. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, Baja California. (Msc thesis, 80 pp).

- Gracia-Escobar, M. F., Millán-Núñez, R., González-Silvera, A., Santamaría-del-Ángel, E., Camacho-Ibar, V. F., & Trees, C. C. (2014). Changes in the abundance and composition of phytoplankton in a coastal lagoon during neap-spring tide conditions. *Open Journal of Marine Science*, 4(2), 80.
- Gomez-Ocampo, E., Gaxiola-Castro, G., Durazo, R., & Beier, E. (2018). Effects of the 2013-2016 warm anomalies on the California Current phytoplankton. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 151, 64-76.
- Hegaret, H., Wikfors, G. H., & Shumway, S. E. (2007). Diverse feeding responses of five species of bivalve mollusc when exposed to three species of harmful algae. *Journal of Shellfish Research*, 26(2), 549-560.
- Hosack, G. R., Dumbauld, B. R., Ruesink, J. L., & Armstrong, D. A. (2006). Habitat associations of estuarine species: comparisons of intertidal mudflat, seagrass (*Zostera marina*), and oyster (*Crassostrea gigas*) habitats. *Estuaries and Coasts*, 29(6), 1150-1160.
- Hötzel, G. & Croome, R. (1999). A phytoplankton methods manual for Australian freshwaters, LWRRDC Occasional Paper 22/99. Green Words & Images, Canberra, 58 pp.
- Ibarra-Obando, S. E., Smith, S. V., Poumian-Tapia, M., Camacho-Ibar, V., Carriquiry, J. D., & Montes-Hugo, M. (2004). Benthic metabolism in San Quintín Bay, Baja California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 283, 99-112.
- Jacox, M. G., Hazen, E. L., Zaba, K. D., Rudnick, D. L., Edwards, C. A., Moore, A. M., & Bograd, S. J. (2016). Impacts of the 2015–2016 El Niño on the California Current System: Early assessment and comparison to past events. *Geophysical Research Letters*, 43(13), 7072-7080.
- Lara-Lara, J. R., Álvarez-Borrego, S., & Small, L. F. (1980). Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 11(6), 613-637.

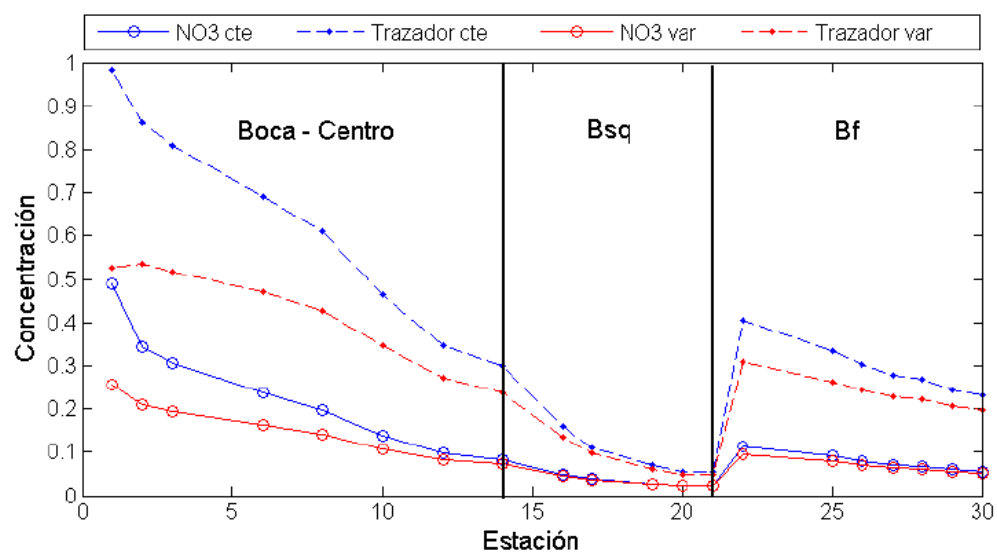
- Mann, K. H. & Lazier, J. R. (2013). *Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans*. John Wiley & Sons.
- Menden-Deuer, S., & Lessard, E. J. (2000). Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnology and oceanography*, 45(3), 569-579.
- Millán-Núñez, R., Álvarez-Borrego, S., & Nelson, D. M. (1982). Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 15(3), 317-335
- Moreno-Miranda, C. (2007). Variabilidad espacial de la composición taxonómica del fitoplancton en Bahía San Quintín. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC. (Msc 81 pp).
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590.
- Prasetya, F. S., Comeau, L. A., Gastineau, R., Decottignies, P., Cognie, B., Morançais, M. & Tremblay, R. (2017). Effect of marennine produced by the blue diatom *Haslea ostrearia* on behavioral, physiological and biochemical traits of juvenile *Mytilus edulis* and *Crassostrea virginica*. *Aquaculture*, 467, 138-148.
- Rencher, A.C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. A Wiley-Interscience publications. Canada, 738 pp. En: Vivanco-Aranda, M., Martínez-Cordero, F.J., & Taddei-Bringas, I.C. (2010). Análisis de competitividad de cuatro sistema-producto estatales de tilapia en México. *Estudios sociales* 18(35): 165-207 pp.
- Rivera-Arriaga, E., & Villalobos, G. (2001). The coast of Mexico: approaches for its management. *Ocean & Coastal Management*, 44(11-12), 729-756.
- SECRETARIA DE PESCA Y ACUACULTURA (SEPESCA). (2015). *Programa estatal de pesca y acuacultura. Estado de Baja California. Periodo 2015-2019*. 46. Retrieved from:

<http://www.copladebc.gob.mx/publicaciones/2015/planesyprogramas/Programa%20Estatall%20de%20Pesca%20y%20Acuacultura%202015-2019.pdf> (01/06/18)

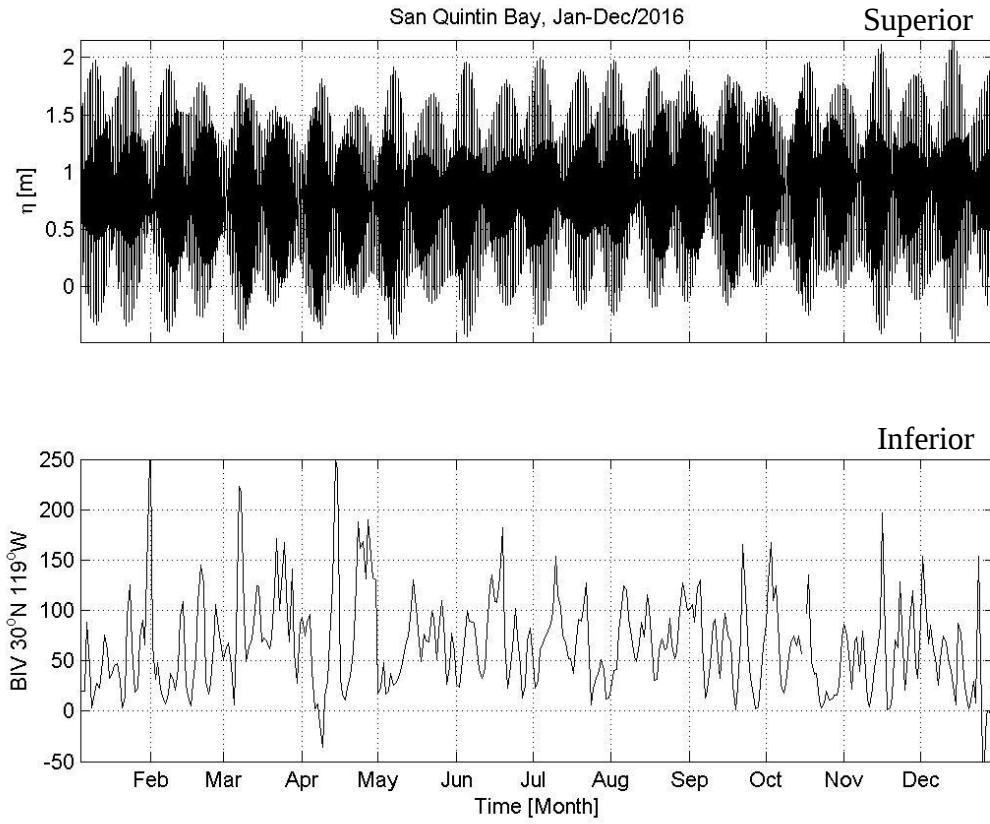
- Sournia, A. (1978). Catalogue des especes et taxons infraspecifiques de dinoflagelles marins actuels publies depuis la revision de J. Schiller. III. *Revue algologique*.
- Vaulot, D. (2001). Phytoplankton. Encyclopedia of life sciences.
- Vidal-Juárez, T. (2014). Influencia de remolinos y procesos de mezcla en el intercambio de agua entre una laguna y el mar abierto, Bahía San Quintín, Baja California, Mexico. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC. (Msc 71 pp).
- Villafañe, V. E. & Reid, F. M. H. (1995). Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. *Manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción*, 169-185.
- Wilkerson, F. P., Lassiter, A. M., Dugdale, R. C., Marchi, A. & Hogue, V. E. (2006). The phytoplankton bloom response to wind events and upwelled nutrients during the CoOP WEST study. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53(25-26), 3023-3048.
- Zertuche-Chanes, R. (2016). Simulación numérica 3D de la hidrodinámica de Bahía San Quintín y su influencia en la distribución de nitrato. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC. (Msc 96 pp).

ANEXOS

ANEXO 1

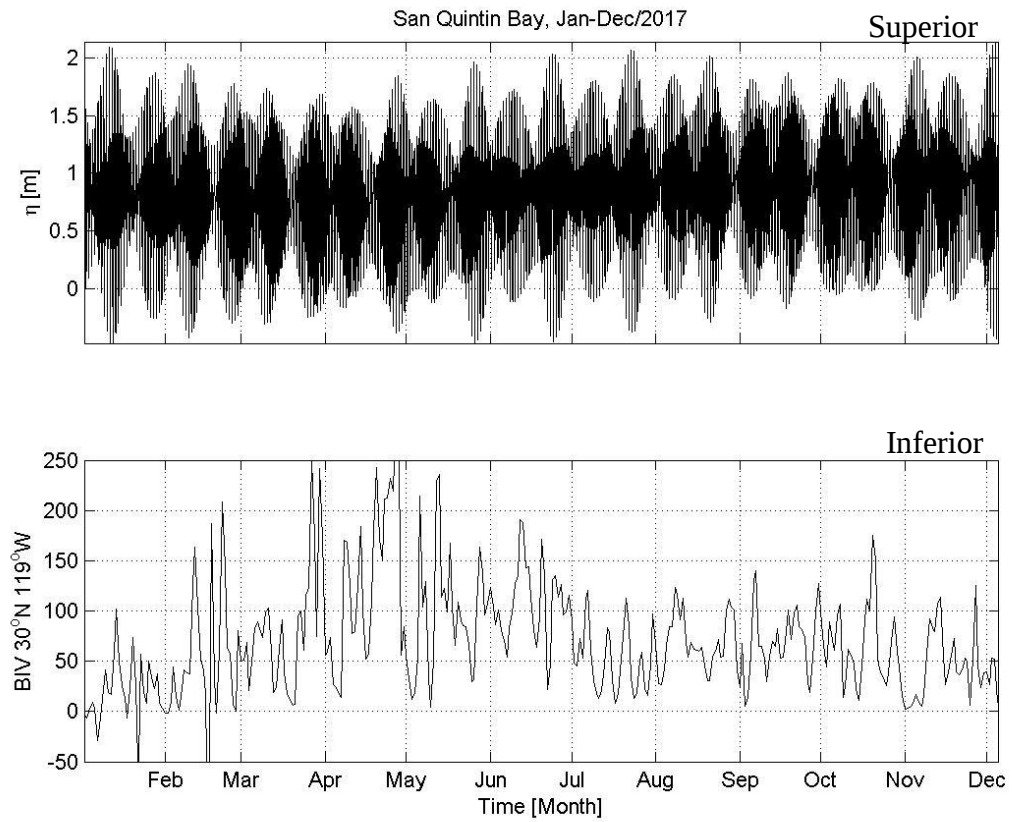


Concentración promedio en la columna de agua de nitrato y trazadores para ambos escenarios en las distintas zonas de BSQ (Zertuche, 2016).



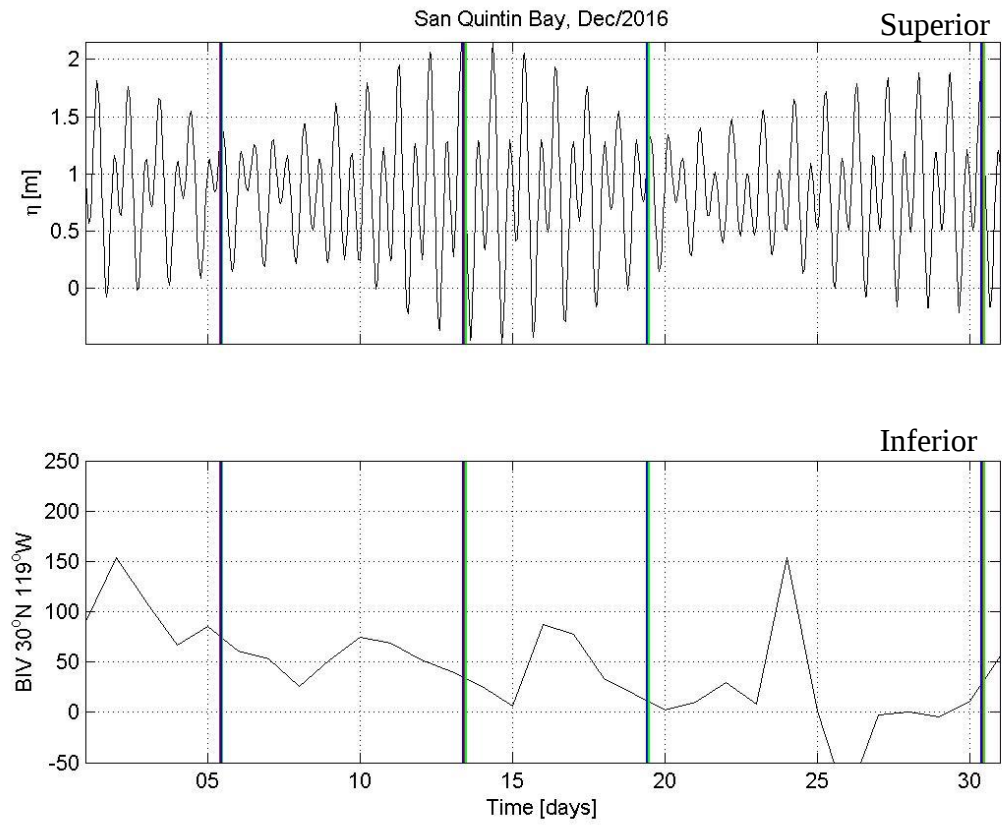
Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior) durante el año 2016.

ANEXO 2



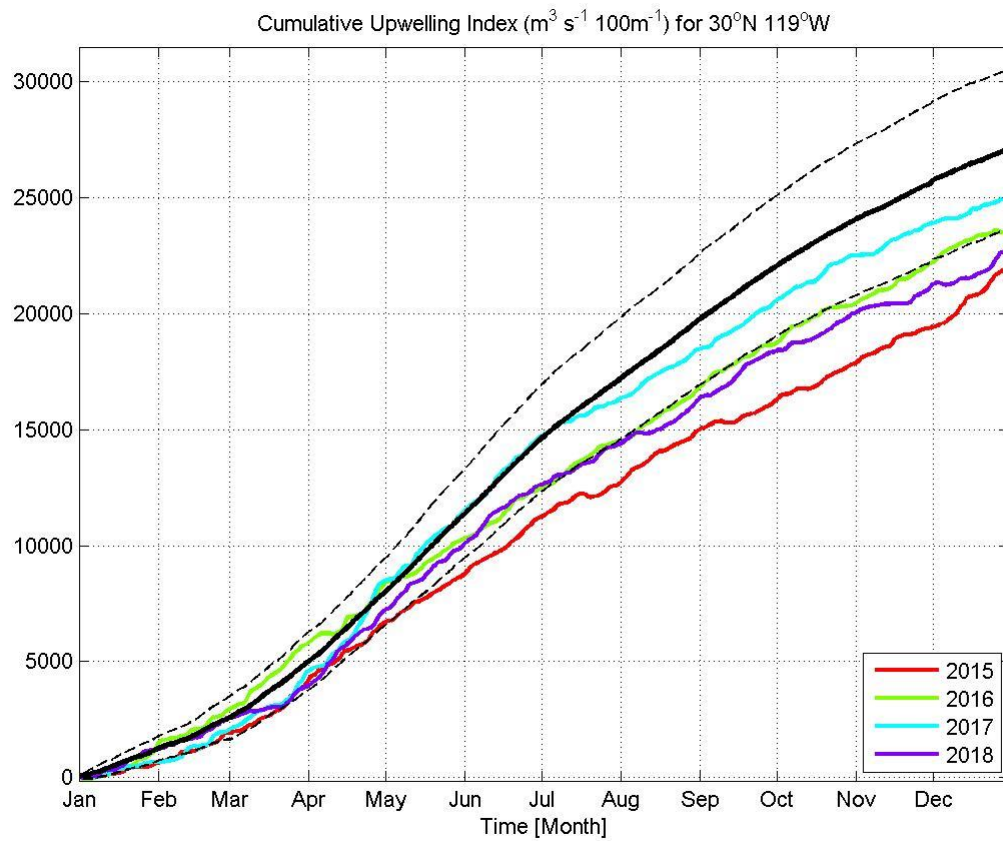
Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior) durante el año 2017.

ANEXO 3



Serie del nivel del mar (m) (Superior) y el índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) (Inferior), para el mes de septiembre durante el año 2016 (cada línea representa un muestreo).

ANEXO 4



Índice de surgencia ($\text{m}^3\text{s}^{-1}100\text{m}^{-1}$) acumulado para los años 2015, 2016, 2017 y 2018, con el promedio histórico.

ANEXO 5

Resultados de estadística descriptiva de los grupos principales durante cada uno de los años.

Grupo	Año	E. D.	Tem (°C)	Ind. sur.	Marea	Rango de marea
Diatomeas	2016	Media	19.823	61.07	1.48	1.48
		Desviación estándar	2.3313	38.183	0.500	0.500
		Rango	10.4	170	1	1
		Mínimo	14.3	0	Viva	Corto
		Máximo	24.7	170	Muerta	Largo
	2017	Media	17.395	55.05	1.35	1.61
		Desviación estándar	2.0336	34.151	0.476	0.488
		Rango	8.2	155	1	1
		Mínimo	14.5	0	Viva	Corto
		Máximo	22.7	155	Muerta	Largo
Dinoflagelados	2016	Media	20.099	60.34	1.40	1.48
		Desviación estándar	1.8145	32.721	0.491	0.500
		Rango	10.4	170	1	1
		Mínimo	14.3	0	Viva	Corto
		Máximo	24.7	170	Muerta	Largo
	2017	Media	18.441	56.81	1.34	1.56
		Desviación estándar	2.1694	38.444	0.476	0.498
		Rango	8.2	155	1	1
		Mínimo	14.5	0	Viva	Corto
		Máximo	22.7	155	Muerta	Largo

ANEXO 6

Porcentajes de pertenencia de grupos entre estaciones para el año 2016.

Estación	Est. 7	Est. 9	Est. 10
Est. 7	57.3	19.7	23
Est. 9	42.1	28.7	29.2
Est. 10	24.7	23.9	51.4

ANEXO 7

Porcentajes de pertenencia de grupos entre estaciones para el año 2017.

Estación	Est. 7	Est. 9	Est. 10
Est. 7	35.1	42	22.9
Est. 9	28.8	50.2	21
Est. 10	27.7	45	27.3

ANEXO 8

Resultados de estadística descriptiva sobre grupo fitoplanctónico y Cell^{-1} por muestra de las estaciones durante cada uno de los años.

Año	Estación		Grupo	Total de muestra
2016	Est. 7	Media	1.55	146.45
		Desviación estándar	1.492	152.314
	Est. 9	Media	1.59	200.6
		Desviación estándar	1.373	185.172
	Est. 10	Media	1.67	306.33
		Desviación estándar	1.546	229.729
2017	Est. 7	Media	1.59	285.19
		Desviación estándar	1.219	150.204
	Est. 9	Media	1.67	349.18
		Desviación estándar	1.229	174.603
	Est. 10	Media	1.72	413.69
		Desviación estándar	1.278	113.25

ANEXO 9

Tabla de contingencia, resultado del análisis de cluster, complemento del dendograma.

Variable	Nivel	% del total de datos	Cluster 1 (%)	Cluster 2 (%)	Cluster 3 (%)
Estación	7	29	2	67	31
	9	38	3	60	37
	10	33	6	37	57
Año	2016	65	2	66	31
	2017	35	6	33	61
Mes	Enero	8	3	67	30
	Febrero	7	0	78	22
	Marzo	10	4	23	73
	Abril	8	1	87	12
	Mayo	20	4	53	43
	Junio	9	9	14	77
	Julio	19	5	50	45
	Agosto	5	0	100	0
	Septiembre	11	2	71	27
	Octubre	1	0	100	0
	Noviembre	0	0	0	0
	Diciembre	3	0	0	100
Semana	1	24	4	62	35
	2	19	4	51	45
	3	24	4	47	49
	4	26	3	58	40
	5	8	2	57	41
Día	1	0	0	0	0
	2	7	2	84	14
	3	2	12	0	88
	4	4	0	100	0
	5	3	3	57	41
	6	5	6	27	68
	7	2	5	50	46
	8	1	0	100	0
	9	4	0	71	29
	10	3	9	28	63
	11	3	7	62	31
	12	4	2	64	34

	13	5	3	43	54
	14	0	0	0	0
	15	2	0	100	0
	16	2	5	40	55
	17	2	8	89	4
	18	4	6	42	52
	19	7	1	48	51
	20	4	10	12	78
	21	3	3	36	62
	22	3	0	56	44
	23	2	0	100	0
	24	2	4	54	42
	25	2	6	25	69
	26	0	0	0	0
	27	9	4	58	38
	28	6	3	43	55
	29	0	0	0	0
	30	5	2	80	18
	31	4	2	40	58
Grupo	No identificado	0	0	100	0
	Diatomeas	60	1	60	39
	Dinoflagelados	35	8	45	48
	Cianofitas	0	0	100	0
	Clorofitas	0	0	50	50
	Rafidofitas	1	0	55	45
	Zoo	0	0	100	0
	Ciliado	2	5	57	38
	Silicoflagelado	1	0	47	53
Especie	No identificado	0	0	100	0
	<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	67	33
	<i>Amphiprora</i> sp.	1	14	50	36
	<i>Amphora</i> sp.	1	0	91	9
	<i>Asterionella</i> sp.	1	0	63	38
	<i>Asterionellopsis</i> sp.	0	0	20	80
	<i>Asteromphalus</i> sp.	0	0	33	67
	<i>Azpeitia</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Bacteriastrum</i> sp.	0	0	75	25

<i>Biddulphia</i> sp.	1	0	90	10
<i>Ceratium</i> sp.	9	7	43	50
<i>Chaetoceros</i> sp.	3	14	48	39
<i>Chattonella</i> sp.	0	0	67	33
<i>Climacosphenia</i> sp.	1	0	67	33
<i>Cocconeis</i> sp.	0	0	100	0
<i>Cochlodinium</i> sp.	0	0	50	50
<i>Copepodo</i>	0	0	100	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	100
<i>Coscinodiscus</i> sp.	5	0	61	39
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	100	0
<i>Cylindrotheca</i> sp.	3	0	63	38
<i>Dictyocha</i> sp.	0	0	50	50
<i>Dinophysis</i> sp.	3	0	50	50
<i>Diplopsalis</i> sp.	2	0	39	61
<i>Ditylum</i> sp.	1	0	78	22
<i>Donkynia</i> sp.	0	0	100	0
<i>Doploneis</i> sp.	0	0	100	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	83	17
<i>Eucampia</i> sp.	1	0	38	63
<i>Fibrocapsa</i> sp.	1	0	57	43
<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	0	0
<i>Gonyaulax</i> sp.	1	0	44	56
<i>Grammatophora</i> sp.	0	0	100	0
<i>Guinardia</i> sp.	2	3	50	47
<i>Gymnodinium</i> sp.	1	0	57	43
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	0	100
<i>Gyrosigma</i> sp.	2	0	73	27
<i>Haslea</i> sp.	0	0	100	0
<i>Hemiaulus</i> sp.	0	0	17	83
<i>Heterocapsa</i> sp.	1	89	5	5
<i>Karlodinium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Lauderia</i> sp.	1	0	40	60
<i>Leptocylindrus</i> sp.	1	0	54	46
<i>Licmophora</i> sp.	2	0	71	29
<i>Lingulodinium</i> sp.	2	14	50	36

	<i>Lyrella</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Melosira</i> sp.	0	0	75	25
	<i>Meuniera</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Myronecta</i> sp.	2	5	57	38
	<i>Navicula</i> sp.	7	0	55	45
	<i>Nitzschia</i> sp.	2	0	74	26
	<i>Noctiluca</i> sp.	0	0	0	100
	<i>Octactis</i> sp.	1	0	47	53
	<i>Odontella</i> sp.	1	0	75	25
	<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Oxyphysis</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Oxytoxum</i> sp.	1	0	18	82
	<i>Paralia</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Peridinium</i> sp.	0	0	0	0
	<i>Plagiotropis</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Pleurosigma</i> sp.	4	0	67	33
	<i>Podolampas</i> sp.	0	0	50	50
	<i>Polykrikos</i> sp.	0	0	100	0
	<i>Proboscia</i> sp.	0	0	60	40
	<i>Prorocentrum</i> sp.	9	5	55	40
	<i>Protoperidinium</i> sp.	4	0	44	56
	<i>Pseudonitzschia</i> sp.	2	3	44	53
	<i>Pyrocistis</i> sp.	0	0	0	100
	<i>Pyrodinium</i> sp.	0	0	0	100
	Quistes	0	0	50	50
	<i>Rhizosolenia</i> sp.	3	0	68	32
	<i>Scrippsiella</i> sp.	1	0	0	100
	<i>Skeletonema</i> sp.	1	0	54	46
	<i>Stephanopyxis</i> sp.	1	0	57	43
	<i>Striatella</i> sp.	1	0	60	40
	<i>Surirella</i> sp.	5	0	56	44
	<i>Thalassionema</i> sp.	2	0	46	54
	<i>Thalassiosira</i> sp.	1	0	38	62
Nomenclatura	Sin clasificar	0	0	100	0
	Esporádico	15	1	59	41
	Menos frecuente	43	5	53	42
	Frecuente	26	2	59	40

	Muy frecuente	17	6	50	44
Marea	Viva	62	4	52	44
	Muerta	38	3	59	38
Rango de marea	Corto	47	4	52	44
	Largo	53	3	57	40
Células por especie (Cell⁻¹)	0	0	0	100	0
	1	17	0	66	34
	2	12	0	68	32
	3	9	0	58	42
	4	7	0	55	45
	5	5	0	60	40
	6	5	0	59	41
	7	4	0	57	43
	8	3	0	65	35
	9	3	0	50	50
	10	1	0	58	42
	11	2	0	20	80
	12	2	0	60	40
	13	2	0	63	38
	14	2	0	54	46
	15	1	0	67	33
	16	1	0	38	62
	17	1	0	56	44
	18	1	0	53	47
	19	1	0	29	71
	20	1	0	50	50
	21	1	0	50	50
	22	1	0	55	45
	23	0	0	33	67
	24	1	0	78	22
	25	0	0	50	50
	26	1	0	50	50
	27	1	0	27	73
	28	1	0	30	70
	29	1	0	57	43
	30	0	0	60	40
	31	0	0	67	33
	32	1	0	57	43
	33	0	0	100	0

	34	0	0	50	50
	35	1	0	14	86
	36	0	0	33	67
	37	0	0	0	100
	38	0	0	0	100
	39	0	0	0	100
	40	0	0	0	100
	42	0	0	60	40
	43	0	0	50	50
	44	0	0	0	100
	45	0	0	0	100
	46	0	0	50	50
	47	0	0	50	50
	48	0	0	20	80
	49	0	0	0	100
	50	0	0	0	100
	51	0	0	100	0
	52	0	0	40	60
	54	0	0	0	100
	55	0	0	50	50
	57	0	0	33	67
	58	0	0	0	100
	59	0	0	0	100
	62	0	0	0	100
	63	0	0	100	0
	64	0	0	0	100
	65	0	0	100	0
	66	0	0	0	100
	67	0	0	50	50
	68	0	0	0	100
	69	0	0	0	100
	70	0	0	33	67
	71	0	0	50	50
	72	0	0	100	0
	73	0	0	0	100
	77	0	0	75	25
	78	0	0	0	100
	79	0	0	0	100
	87	0	0	100	0

	90	0	0	0	100
	92	0	0	0	100
	93	0	0	100	0
	94	0	0	0	100
	95	0	0	50	50
	97	0	0	0	100
	102	0	0	0	100
	106	0	0	100	0
	107	0	0	0	100
	108	0	0	0	100
	110	0	0	100	0
	111	0	0	0	100
	112	0	0	0	100
	115	0	0	100	0
	120	0	0	100	0
	129	0	0	0	100
	131	0	0	100	0
	133	0	0	0	100
	135	0	0	67	33
	136	0	0	0	100
	137	0	0	0	100
	142	0	0	100	0
	144	0	0	0	100
	150	0	0	100	0
	153	0	0	0	100
	155	0	0	100	0
	163	0	0	100	0
	177	0	0	0	100
	190	0	0	100	0
	196	0	0	0	100
	203	0	100	0	0
	205	0	100	0	0
	209	0	100	0	0
	215	0	50	0	50
	217	0	100	0	0
	230	0	100	0	0
	231	0	100	0	0
	233	0	0	100	0
	235	0	100	0	0

	238	0	100	0	0
	258	0	100	0	0
	275	0	100	0	0
	296	0	100	0	0
	300	0	100	0	0
	308	0	100	0	0
	316	0	100	0	0
	325	0	100	0	0
	339	0	100	0	0
	351	0	100	0	0
	356	0	100	0	0
	359	0	100	0	0
	363	0	100	0	0
	370	0	100	0	0
	374	0	100	0	0
	381	0	100	0	0
	383	0	100	0	0
	396	0	100	0	0
	397	0	100	0	0
	399	0	100	0	0
	401	0	100	0	0
	405	0	100	0	0
	412	0	100	0	0
	419	0	100	0	0
	530	0	100	0	0
	610	0	100	0	0
	628	0	100	0	0
	658	0	100	0	0
	672	0	100	0	0
	705	0	100	0	0
Células por muestra (Cell ⁻¹)	0	0	0	100	0
	1	0	0	100	0
	3	0	0	100	0
	5	0	0	100	0
	7	0	0	100	0
	9	0	0	100	0
	12	0	0	100	0
	14	1	0	100	0
	15	1	0	100	0

	17	1	0	100	0
	18	1	0	100	0
	22	0	0	100	0
	27	0	0	100	0
	28	0	0	100	0
	31	1	0	100	0
	32	0	0	100	0
	33	1	0	100	0
	38	0	0	100	0
	39	1	0	100	0
	42	0	0	100	0
	44	1	0	100	0
	46	2	0	100	0
	53	1	0	100	0
	55	1	0	100	0
	56	1	0	100	0
	57	1	0	100	0
	58	2	0	100	0
	59	1	0	100	0
	60	0	0	100	0
	62	1	0	100	0
	70	0	0	100	0
	72	0	0	100	0
	73	1	0	100	0
	77	2	0	100	0
	81	1	0	100	0
	85	1	0	100	0
	88	1	0	100	0
	91	1	0	100	0
	93	1	0	100	0
	99	1	0	100	0
	101	1	0	100	0
	105	1	0	100	0
	112	1	0	100	0
	114	1	0	100	0
	116	0	0	100	0
	120	1	0	100	0
	139	1	0	100	0
	143	0	0	100	0

	144	1	0	100	0
	164	1	0	100	0
	168	0	0	100	0
	171	1	0	100	0
	180	0	0	100	0
	185	0	0	100	0
	190	1	0	100	0
	192	1	0	100	0
	193	1	0	100	0
	195	1	0	100	0
	201	1	0	100	0
	205	0	0	100	0
	212	1	0	100	0
	214	1	0	100	0
	218	1	0	100	0
	220	1	0	100	0
	227	1	0	100	0
	228	1	0	100	0
	240	1	0	100	0
	245	1	0	100	0
	250	0	0	100	0
	254	1	0	100	0
	256	1	0	100	0
	257	1	0	100	0
	296	1	0	0	100
	300	1	0	0	100
	306	1	0	0	100
	317	1	0	0	100
	322	1	11	0	89
	333	1	0	0	100
	381	1	9	0	91
	401	1	0	0	100
	403	1	13	0	88
	406	1	0	0	100
	407	1	9	0	91
	410	1	9	0	91
	411	1	8	0	92
	413	1	7	0	93
	414	2	3	0	97

	417	1	0	0	100
	418	1	8	0	92
	419	1	14	0	86
	422	1	22	0	78
	423	1	9	0	91
	432	1	8	0	92
	434	2	9	0	91
	438	2	7	0	93
	440	1	14	0	86
	441	0	17	0	83
	446	1	8	0	92
	451	1	8	0	92
	454	1	14	0	86
	463	1	10	0	90
	469	1	9	0	91
	471	2	8	0	92
	483	1	7	0	93
	503	1	7	0	93
	509	2	7	0	93
	512	1	11	0	89
	522	1	0	0	100
	542	0	25	0	75
	553	0	0	0	100
	556	1	8	0	92
	571	0	67	0	33
	636	0	17	0	83
	650	1	14	0	86
	698	1	6	0	94
	723	1	10	0	90
	725	0	17	0	83
	749	0	17	0	83
	1061	1	20	0	80
Temperatura (°C)	14.3	3	0	0	100
	14.5	2	0	55	45
	15.4	1	6	24	71
	15.5	0	0	100	0
	15.6	6	1	72	26
	15.7	1	0	100	0
	16.0	0	0	100	0

	16.3	2	5	40	55
	16.7	1	0	100	0
	16.9	3	5	34	61
	17.1	0	0	100	0
	17.2	2	3	6	90
	17.6	1	0	100	0
	17.8	7	3	48	49
	18.1	2	0	100	0
	18.2	2	0	42	58
	18.4	4	10	0	90
	18.5	10	2	75	23
	18.8	6	5	40	55
	19.0	0	0	100	0
	19.2	6	5	41	54
	19.4	1	17	0	83
	19.5	4	2	73	24
	20.0	3	6	18	76
	20.3	3	3	57	41
	20.8	2	12	0	88
	21.0	8	1	85	14
	21.4	5	2	61	38
	21.7	2	0	100	0
	22.1	5	0	100	0
	22.4	1	0	100	0
	22.5	1	11	32	58
	22.7	2	15	0	85
	22.8	1	0	100	0
	23.1	3	9	14	77
	24.7	2	0	100	0
Índice de surgencia (m ³ s ⁻¹ 100 ⁻¹)	0	5	0	100	0
	10	2	4	46	50
	15	2	0	42	58
	20	7	3	35	62
	25	0	0	100	0
	30	7	8	31	61
	35	11	3	63	35
	40	4	4	43	53
	45	8	6	52	42
	50	7	0	100	0

	55	1	13	81	6
	60	13	4	51	45
	65	3	0	100	0
	70	3	3	57	41
	80	4	2	60	38
	85	3	0	56	44
	90	5	2	75	24
	100	5	6	3	90
	120	3	5	0	95
	150	4	2	55	43
	155	1	17	0	83
	170	2	0	100	0