



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Efecto de la geoquímica en los microorganismos en
ventilas hidrotermales someras

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA

presenta

M. en C. Alejandro Estradas Romero

JURADO EXAMINADOR

- 1) Dra. Rosa María Prol Ledesma (Director de tesis)
- 2) Dr. Miguel Ángel Alatorre Mendieta (Presidente)
- 3) Dra. Laura Sanvicente Añorve (Vocal)
- 4) Dra. Katy Juárez López (Suplente)
- 5) Carles Canet Miquel (Suplente)

COMITÉ TUTORAL: Dra. Rosa María Prol Ledesma
Dr. Carles Canet Miquel
Dr. Luis A. Soto Gonzalez



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Of. No. PCT/ELFM/304/10

Asunto: Aprobación de tema, asesor de tesis
y asignación de jurado para examen de grado.

ALEJANDRO ESTRADAS ROMERO

Estudiante de Doctorado

Presente,

El Comité Académico del Posgrado, reunido en sesión ordinaria el 23 de marzo del año en curso, aprobó el tema de tesis titulado "*Efecto de la geoquímica en los microorganismos en ventilas hidrotermales someras*". Así mismo ratificó a la Dra. Rosa María Prol Ledesma como asesora del mismo y designó a los siguientes investigadores como jurado para su examen de grado.

Dr. Miguel Angel Alatorre Mendieta	Presidente
Dra. Laura Sanvicente Añorve	Vocal
Dra. Rosa María Prol Ledesma	Secretario
Dra. Katy Juárez López	Suplente
Dr. Carles Canet Miquel	Suplente

Sin otro particular por el momento, reciba un saludo cordial.

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ciudad Universitaria, a 24 de marzo de 2010.

COORDINADORA DEL PROGRAMA

DRA. ELSA LETICIA FLORES MÁRQUEZ

ELFM'achg

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a:

Mis padres José Ricardo y Ma. Del Socorro, por todos sus sacrificios, su apoyo incondicional y la confianza que siempre me han dado. Por ser lo mejor en mi vida. GRACIAS.

A mis hermanos José Ricardo y Mario Alberto por su cariño y apoyo durante todo el tiempo y muy en especial a mi hermana Ma. de los Angeles, que siempre ha estado a mi lado dándome su amor y cariño en todo momento. Te quiero mucho.

A Pedro, mil gracias por sus consejos y su apoyo, sobre todo por ceer en mí todo. A Esthela, por su cariño.

A mis sobrinos Alonso, José, Rodrigo, , Ma. de los Angeles, Pedro, Montserrat, Fernanda y en muy en especial a Mónica.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Dra. Rosa María Prol Ledesma quien fungió como directora de este trabajo y que desde un principio me brindó su apoyo académico y económico para la realización de este trabajo, y compartió conmigo sus valiosos conocimientos sobre las ventilas hidrotermales. También le agradezco la confianza y el gran interés que siempre manifestó para que se culminara este estudio.

Al Dr. Luis Arturo Soto González y al Dr. Carles Canet Miquel, miembros del comité tutorial, por sus asesorías y comentarios durante todo el proceso de esta investigación, que sin duda fueron importantes para mejorar en gran medida la investigación y el manuscrito del trabajo final.

Al Dr. Enrique Morett Sánchez por permitirme trabajar en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del Instituto de Biotecnología de la UNAM, a su personal y alumnos.

A la Dra. Laura Sanvicente Añorve por la asesoría en el análisis estadístico de los resultados de esta investigación

A los miembros del jurado por sus atinadas recomendaciones, que mejoraron en gran medida el manuscrito: Dra. Rosa María Prol Ledesma, Dr. Miguel Ángel Alatorre Mendieta, Dra. Laura Sanvicente Añorve, Dra. Katy Juárez López y Dr. Carles Canet Miquel.

Al Dr. Sergio Licea Durán, responsable del laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, por darme las facilidades y un espacio físico en el laboratorio para efectuar el trabajo correspondiente para el análisis de las muestras de fitoplancton y fitobentos, por sus valiosos comentarios, su constante apoyo y amistad.

Al Biol. Carlos Illescas Monterroso, técnico del laboratorio de Ecología del Bentos, por su apoyo técnico para el desarrollo de esta investigación, por su amistad y su gran disponibilidad brindada durante mi estancia en el laboratorio.

A la M. en C. Ruth Luna, técnica del laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM su gran disponibilidad para darme todo su apoyo en el procesamiento y manejo de las muestras de fitoplancton y diatomeas y por su amistad.

Al Quim. Sergio Castillo, técnico del laboratorio de Geoquímica Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, por la realización de los análisis de nutrientes y, sobre todo por su amistad.

A la Dra. Sonia Dávila Ramos, investigadora del Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del Instituto de Biotecnología de la UNAM, por la realización de los árboles filogenéticos utilizados en este estudio.

A la IBQ. Ana Lilia Tirado Chamú, técnica de la Dra. Katy Juárez del Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del Instituto de Biotecnología de la UNAM, por su gran colaboración en la extracción de ADN de las muestras de sedimentos, su amistad y sobre todo por su gran paciencia para enseñarme la metodología.

A la QFB Jazmin Renteria, técnica del laboratorio de Cromatografía del Instituto de Geofísica de la UNAM, por su apoyo en el análisis de muestras y preparación de reactivos.

A la Dra. Ruth Esther Villanueva Estrada por sus valiosos consejos, sobre todo por su gran amistad.

El desarrollo del presente trabajo no hubiera sido posible sin la valiosa ayuda en el análisis de muestras a la M. en C. Ma. Eugenia Zamudio Recendiz, por su amistad y cariño.
¡¡GRACIAS!! Maru.

Al apoyo otorgado por los proyectos:

FONCICYT 94482 – Recursos geotérmicos submarinos del norte del Golfo de California.
IMPULSA IV - Desalación de agua de mar con energías renovables.

Al apoyo otorgado por:

CONACyT RENIECyT 2249 – Apoyos integrales para la formación de doctores en ciencias.

Al Programa de Becas de:

CONACyT 51127 – Sistemas hidrotermales costeros, actuales y fósiles en Baja California: mineralogía, geoquímica, biogeoquímica y sistemática isotópica.

CONACyT – Beca de doctorado con número de registro 204949.

A mis amigos: Maggy, Chabelita, Viridiana, Alejandra, Jesús, Paola, Jesica y Giovanna quienes de diversas maneras siempre me han demostrado su amistad, afecto y apoyo.

Al personal administrativo del Instituto de Geofísica por todas sus atenciones, principalmente a Mónica, Araceli, Laura, Graciela y Esmeralda, que siempre me recibieron con una sonrisa y me brindaron toda su atención.

A todas aquellas personas con quienes he compartido gratos momentos y que a pesar de no nombrarlas en forma individual, de alguna manera me dieron su apoyo para lograr ésta meta. Quiero expresarles mi más sincero aprecio.

Presentación del trabajo de tesis

En este trabajo se estudia el efecto de las descargas hidrotermales someras sobre los microorganismos que se encuentran en las inmediaciones de estos sistemas que se localizan en Bahía Concepción, Baja California Sur y Punta de Mita, Nayarit, en México. Cabe hacer notar que los resultados de esta investigación son los primeros en obtenerse en estos sistemas hidrotermales en México.

La información resultante de este estudio está organizada en seis capítulos. El capítulo uno corresponde a la información general de un sistema hidrotermal, justificación y objetivo general de este estudio, y antecedentes. En el capítulo dos se describen las dos áreas de estudio considerando aspectos geológicos, químicos, mineralógicos y geográficos. En el capítulo tres se hace mención de la metodología del análisis fisicoquímico de las muestras de la columna de agua, de la estructura florística y el análisis para la obtención de la concentración de la clorofila *a* del fitoplancton, del análisis del fitobentos y del análisis genómico de las bacterias. En el capítulo cuatro se describen los resultados del estudio de los parámetros químicos (pH, nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos y amonio) y de los parámetros físicos como la salinidad y la temperatura; se proporciona el inventario y el análisis del fitoplancton y fitobentos, así como las densidades y su distribución en el área de estudio; aunado a esto se presentan los resultados del análisis de la clorofila *a*; además, se presenta la riqueza florística de diatomeas bentónicas; por último se muestra la propuesta del análisis comparativo de la secuenciación del gen 16s rRNA de las comunidades bacterianas en los sedimentos de ambas áreas de estudio.

En el capítulo cinco se discute la influencia de los parámetros fisicoquímicos, los cuales manifiestan gran importancia en el metabolismo, la nutrición y la reproducción de microorganismos, así como el desarrollo de adaptaciones moleculares para sobrevivir en ambientes con temperaturas extremas. Además, se enfatiza la importancia de la temperatura como el factor abiótico que desempeña un rol fundamental en el funcionamiento de ecosistemas al regular o afectar otros factores abióticos como son: la solubilidad de nutrientes, solubilidad de gases, el estado físico de nutrientes, y propiedades fisicoquímicas como: pH, potencial redox y la solubilidad de gases. Aunado a esto se discute la estructura comunitaria y

distribución vertical del fitoplancton, y se identifican los factores abióticos y bióticos que hacen la diferencia entre los dos sistemas hidrotermales y sus zonas de control. Dado que la información del bentos de estos sistemas hidrotermales se desconoce en aguas de México y es escasa en aguas de otros países, se estudia y se discute la riqueza específica del fitobentos (diatomeas) y la composición bacteriana utilizando secuencias del gen 16s rRNA en los sedimentos de ambas áreas de estudio.

En el capítulo seis se presentan las conclusiones del estudio y en los capítulos siete y ocho se proporciona la literatura y los anexos y láminas, respectivamente.

ÍNDICE GENERAL

Resumen General	1
Abstract	3

CAPÍTULO UNO INFORMACIÓN GENERAL

Introducción	5
Generalidades de Ventilales Hidrotermales Someras.....	6
Distribución.....	6
Formación.....	8
Geoquímica.....	8
Mineralogía.....	11
Justificación del estudio.....	11
Objetivos.....	12
Antecedentes.....	13

CAPÍTULO DOS ÁREAS DE ESTUDIO

Bahía Concepción, Baja California Sur	17
Marco Geográfico.....	17
Marco Geológico.....	18
Ventilales hidrotermales.....	19
Punta de Mita, Nayarit	22
Marco Geográfico.....	22
Marco Geológico.....	23
Ventilales hidrotermales.....	24
Geoquímica de los fluidos de descarga.....	25
Mineralización.....	26

CAPÍTULO TRES METODOLOGÍAS

Muestreo	27
Parámetros fisicoquímicos	29
Trabajo de campo.....	29
Trabajo de laboratorio.....	30
Análisis estadísticos.....	30
Fitoplancton	30
Trabajo de campo.....	30
Trabajo de laboratorio.....	31
Bacterias y picoplancton autótrofos	32
Trabajo de campo.....	32
Trabajo de laboratorio.....	32
Análisis estadístico.....	33
X^2 (Distribución Ji-cuadrada de Pearson).....	33

Análisis de componentes principales.....	34
MANOVA (Análisis multivariado de la varianza.....)	34
Análisis discriminante.....	34
Clorofila-a	34
Trabajo de campo.....	34
Trabajo de laboratorio.....	35
Diatomeas bentónicas	35
Trabajo de campo.....	35
Trabajo de laboratorio.....	36
Análisis estadístico.....	37
Bacterias	37
Trabajo de campo.....	37
Trabajo de laboratorio.....	37
Extracción total y purificación del ADN de la fracción bacteriana de las muestras.....	37
Amplificación por PCR de los rRNA 16s presentes.....	38
Reacción de ligación a un vector de clonación.....	39
Extracción del plásmido.....	39
Secuenciación de los ADNr 16s clonados.....	40
Identificación y análisis de las secuencias parciales ADNr 16s clonados.....	40
Construcción de árboles filogenéticos.....	40

CAPÍTULO CUATRO

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos	43
Bahía Concepción.....	43
Nutrientes.....	44
Amonio.....	44
Fosfatos.....	45
Silictos.....	45
Nitratos.....	45
Nitritos.....	45
Análisis estadístico.....	46
Punta de Mita.....	46
Nutrientes.....	47
Amonio.....	47
Fosfatos.....	47
Silictos.....	47
Nitratos.....	47
Nitritos.....	47
Análisis estadístico.....	48
Fitoplancton	48
Bahía Concepción.....	57
Fitoplancton y otros grupos autótrofos.....	57
Densidad por muestreo.....	57
X ² (Distribución Ji-cuadrada de Pearson).....	60

Relación fitoplancton-ambiente.....	61
Clorofila- <i>a</i>	63
Punta de Mita.....	63
Fitoplancton y otros grupos autótrofos.....	63
Densidad por muestreo.....	65
X ² (Distribución Ji-cuadrada de Pearson).....	66
Relación fitoplancton-ambiente.....	67
Clorofila- <i>a</i>	67
Análisis comparativo entre las dos áreas de estudio.....	68
Diatomeas bentónicas	69
Análisis estadístico.....	72
Bacterias	74

CAPÍTULO CINCO DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos	79
Nutreintes.....	80
Fitoplancton	85
Composición y densidad.....	86
Clorofila- <i>a</i>	90
Análisis comparativo para las dos áreas de estudio.....	91
Diatomeas bentónicas	92
Riqueza específica.....	92
Bacterias	95
Punta de Mita.....	95
Bahía Concepción.....	97

CAPÍTULO SEIS CONCLUSIONES

Parámetros fisicoquímicos	101
Fitoplancton	101
Diatomeas en sedimentos	102
Bacterias	103
Literatura citada	105
Anexos	123
Láminas	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Distribución global de sistemas hidrotermales submarinos someros (<200 m de profundidad) (Canet y Prol-Ledesma, 2007). 1) Kolbeinsey, Islandia; 2) Azores, Portugal; 3) Palinuro y Cabo Messino, Mar Tirreno, Italia; 4) Islas Vulcano y Eólias, Italia; 5) Islas Santorini y Milos, Mar Egeo, Grecia; 6) White Point, California, E. U. A.; 7) Punta Banda, Baja California, México; 8) Bahía Concepción, Baja California Sur, México; 9) Punta de Mita, Nayarit, México; 10) Isla Dominica; 11) Ensenada de Kraternaya, Rusia; 12) Islas Kunashir y Kuriles, Rusia; 13) Bahía Kagoshima, Japón; 14) Islas Tokora e Iwo, Japón; 15) Isla Nishino, Japón; 16) Isla Kueishantao, Taiwan; 17) Volcán Banco Esmeralda, Islas Marianas; 18) Islas Matupi Harbour, Ambitle y Lihir, Papúa Nueva Guinea; 19) Bahía de Plenty, Nueva Zelanda.....	7
Figura 2.	Representación esquemática general de un sistema hidrotermal submarino somero. A) Fuente de calor, B) cuerpo rocoso permeable y C) fluido. La celda de convección se forma por: 1) zona de recarga, 2) circulación y 3) zona de descarga.....	8
Figura 3.	Geología superficial y estructuras principales de Bahía Concepción. Localización de las ventilas hidrotermales (modificado de Prol-Ledesma et al., 2004).....	18
Figura 4	Descarga gasohidrotermal difusa submarina a 5 m de profundidad en la Ensenada de Mapachitos, Bahía Concepción (fotografía tomada por Prol-Ledesma, R. M.).....	19
Figura 5	Descarga hidrotermal en la zona intermareal localizada en la playa de Los Sueños, en las cercanías de Santispac, Bahía Concepción. La descarga se encuentra señalada dentro del recuadro punteado.....	20
Figura 6	Manifestación hidrotermal submarina somera de aproximadamente 5 metros de profundidad en la Ensenada de Mapachitos, Bahía Concepción, en la que se observan las costras de color rojo y amarillas formadas por oxihidróxidos de hierro (fotografía tomada por Prol-Ledesma, R. M.).....	21
Figura 7	Área de Punta de Mita, Nayarit, México (Tomado y modificado de Google Earth).....	22
Figura 8	Fotografía de una pequeña chimenea de calcita de Punta de Mita. La escala es de 50 cm aproximadamente (Canet et al., 2003).....	24
Figura 9	Burbujeo producido por los gases de las ventilas localizadas en Punta de Mita, Nayarit.....	27
Figura 10	Ubicación de los puntos de muestreo localizados en Bahía Concepción, Baja California Sur, México (Tomado y modificado de Google Earth).....	28

Figura 11	Ubicación de los puntos de muestreo frente a la playa “Punta de Mita” localizada en Punta de Mita, Nayarit, México (Tomado y modificado de Google Earth).....	28
Figura 12	Imagen que muestra parte del campo observado en el microscopio de epifluorescencia a) picoplancton y b) bacterioplancton, para las muestras de Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción, B.C.S.....	33
Figura 13	Perfiles de temperatura y pH de los muestreos efectuados en 2006, 2008 y 2009 en la zona de ventilas hidrotermales y la zona de control en Bahía Concepción, B. C. S.....	44
Figura 14	Fotografías en microscopio de óptico de las especies que presentaron un florecimiento y altas densidades en el área de estudio en Bahía Concepción B.C.S. a) <i>Chaetoceros curvisetus</i> , b) <i>Nostoc pruniforme</i> y c) <i>Tricodesmium esythraeum</i>	58
Figura 15	Ordenación en los dos ejes principales (ACP) de los parámetros ambientales y los grupos de fitoplancton correspondientes a las muestras de octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 (Bahía Concepción, B. C. S.).....	62
Figura 16	Distribución vertical de la clorofila- <i>a</i> y de la densidad por grupos en la Ensenada de Mapachitos en enero del 2009. (Bahía concepción B.C.S.).....	63
Figura 17	Fotografías en microscopio de luz de las especies que presentaron un florecimiento en el área de estudio en Punta de Mita, Nayarit. a) <i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i> , b) <i>Trachyneis aspera</i> y c) <i>Leptocylindrus danicus</i> (http://eol.org/pages/917182)	65
Figura 18	Ordenación en los dos ejes principales (ACP) de los parámetros ambientales y los grupos de fitoplancton correspondientes a las muestras de de 2007 y enero de 2009 (Punta de Mita, Nayarit).....	67
Figura 19	Distribución vertical de la clorofila- <i>a</i> en Punta de Mita, Nayarit en abril del 2007 y enero del 2009.....	68
Figura 20	Número de familias, géneros y especies en la zona de la ventila y de control en Bahía Concepción, B.C.S. DC= Diatomeas centrales, PR= Penales Rafide, PA = Penales Arafide.....	71
Figura 21	Número de familias, géneros y especies en la zona de la ventila y de control en Punta de Mita, Nayarit. DC= Diatomeas centrales, PR= Penales Rafide, PA = Penales Arafide.....	72
Figura 22	Diagrama de árbol para las áreas de Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción, B.C.S. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila, BCc = Bahía Concepción control y BCv = Bahía Concepción ventila..	73
Figura 23	Árbol filogenético inferido a partir de las secuencias de 16S RNAr (900 pb) para el área de Punta de Mita, Nayarit con 1,000 réplicas de “bootstrap”. Las flechas señalan las que han sido aisladas en sistemas de ventilas hidrotermales y las obtenidas en este trabajo para la zona de la ventila. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila.....	74

Figura 24	Árbol filogenético inferido a partir de las secuencias de 16S RNAr (900 pb) para el área de Bahía Concepción, B.C.S. con 1 000 réplicas de “bootstrap”. Las flechas señalan las que han sido aisladas en sistemas ventilas hidrotermales y las obtenidas en este trabajo para la zona de la ventila. BCc = Bahía Concepción control, BCv = Bahía Concepción ventila.....	76
Figura 25	Fotografía en microscopio de luz de <i>Auliscus</i> sp. (vista valvar) registrado en las ventilas hidrotermales localizadas en Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción B.C.S. Las cuatro figuras (a-d) son de diferentes células en las que se les pueden apreciar los cuatro ocelos y la presencia de procesos señalados con una flecha. Escala: 10 μ m.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Descripción de algunas ventilas hidrotermales submarinas someras.....	10
Tabla 2	Condiciones del PCR 16s DNAr y ciclos programados para el termorreclador.....	38
Tabla 3	Condiciones utilizadas para realizar la ligación a las células de <i>E. coli</i>	39
Tabla 4	Parámetros fisicoquímicos registrados en el área de Bahía Concepción para los años 2006, 2008 y 2009.....	43
Tabla 5	Resultados de los nutrientes registrados en 2008 y 2009 en el área de la Ensenada de Mapachitos y áreas de control (Bahía Concepción, B. C. S.). La concentración está dada en μM y la profundidad en metros.....	45
Tabla 6	Resultados del análisis <i>t-student</i> realizados a los datos de nutrientes en Bahía Concepción para los años 2008 y 2009 entre el área de ventilas y el área de control. $t_c == t$ calculada y p valor de la probabilidad para el valor t calculado.....	46
Tabla 7	Parámetros fisicoquímicos registrados en el área de Punta de Mita para 2007 y 2009.....	47
Tabla 8	Resultados de los nutrientes registrados en 2009 en el área de Punta de Mita. La concentración está dada en μM y la profundidad en metros.....	48
Tabla 9	Resultados del análisis <i>t-student</i> realizados a los datos de nutrientes en Punta de Mita entre el área de ventilas y el área de control, entre las ventilas de Punta de Mita y Bahía Concepción y sus áreas de control para el año 2009. $gl=$ grados de libertad, $t_c= t$ calculada y $p=$ valor de la probabilidad para el valor t calculado.....	48
Tabla 10	Resultados del análisis cuantitativo del fitoplancton de la Ensenada de Mapachitos octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 (Bahía Concepción, B. C. S.). Las unidades de la densidad son células l^{-1}	59
Tabla 11	Tabla 10. Resultados obtenidos de las agrupaciones de las especies de acuerdo a su densidad en las muestras obtenidas en octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 en Bahía Concepción. Se muestra el número de especies en cada agrupación y sus porcentajes.....	60
Tabla 12	Resultados obtenidos del análisis estadístico X^2 para la composición y densidad del fitoplancton analizado en la Ensenada de Mapachitos B.C.S. en octubre de 2006, febrero del 2008 y enero del 2009.....	61
Tabla 13	Resultados del análisis cuantitativo del fitoplancton de Punta de Mita en abril de 2007 y enero de 2009. Las unidades de la densidad son células l^{-1} ..	66

Tabla 14	Resultados obtenidos de las agrupaciones de las especies de acuerdo a su densidad para las muestras obtenidas en abril del 2007 y enero del 2009 en Punta de Mita Nayarit.....	66
Tabla 15	Resultados obtenidos del análisis estadístico X^2 para la composición y densidad del fitoplancton analizado en Punta de Mita, Nayarit en abril del 2007 y enero 2009.....	66
Tabla 16	Resultados del análisis MANOVA aplicados a los datos obtenidos en Punta de Mita y Bahía Concepción en enero del 2009.....	68
Tabla 17	Resultados del análisis discriminante realizado a los datos obtenidos en Punta de Mita y Bahía Concepción en enero del 2009. PMv=Punta de Mita ventila, PMc=Punta de Mita control, BCv= Bahía Concepción ventila, BCc= Bahía Concepción control, PMvc=Punta de Mita ventila y control y BCvc= Bahía Concepción ventila y control.....	69
Tabla 18	Matriz de distancias (índice de similitud de Jaccard) para los datos de ausencia-presencia de las muestras de diatomeas bentónicas pertenecientes en ambas áreas de estudio. BCc = Bahía Concepción control, BCv = Bahía Concepción ventila, PMc = Punta de Mita control y PMv = Punta de Mita ventila.....	73
Tabla 19	Datos de las secuencias obtenidas en el para de Punta de Mita, Nayarit, de acuerdo al origen de las secuencias más parecidas en GenBank, agrupadas en filotipos. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila, NC = No clasificada.....	75
Tabla 20	Datos de las secuencias obtenidas en el área de Bahía Concepción, B.C.S., de acuerdo al origen de las secuencias más parecidas en GenBank, agrupadas en filotipos. BCc = Bahía Concepción control, BCv = Bahía Concepción ventila, NC = No clasificada.....	78

RESUMEN

Para establecer el efecto de las variaciones geoquímicas sobre algunos microorganismos en dos ventilas hidrotermales someras (< 15 m bajo el nivel del mar), se realizaron cinco muestreos: tres en las ventilas hidrotermales submarinas ubicadas en Bahía Concepción (BC) en la Ensenada de Mapachitos, Baja California Sur, en octubre del 2006, febrero del 2008 y enero del 2009; y dos en Punta de Mita (PM), Nayarit en abril del 2007 y enero del 2009. Se tomaron muestras de agua y sedimentos en dos zonas (con y sin influencia de las ventilas). Se determinaron algunos parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, salinidad y nutrientes). Se analizó la composición taxonómica del fitoplancton y fitobentos, y se realizó un análisis comparativo de la secuenciación del gen 16s rRNA de las comunidades bacterianas en los sedimentos de ambas áreas de estudio.

La salinidad en BC fue de 34 ± 2 y para PM varió de 30 a 31. La temperatura en general varió de 17 a 27° C en ambas áreas de estudio, siendo BC la más fría. El pH fue de 8.1 en ambas áreas de estudio, sin embargo se registró un pH de 6.6 en la zona de la ventila en BC. Se encontró un estado de eutrofia para los silicatos y los fosfatos; en ambas áreas de estudio el nitrógeno fue el nutriente limitante. La prueba estadística *t-student* ($\alpha=0.05$) indicó que no hubo diferencias significativas entre las distribuciones de nutrientes para las muestras de la zona de ventilas y la zona de control en PM y BC, así como entre las ventilas y entre los controles.

El grupo con mayor densidad fitoplanctónica en las dos áreas de estudio fueron las bacilariofitas. En BC se obtuvieron 215 taxa (63 familias) en la zona de la ventila y 189 taxa en la zona de control (56 familias). En PM se obtuvieron un total de 162 taxa (49 familias) en la zona de ventila y 155 taxa en la zona de control (48 familias). En ambas áreas de estudio se presentaron diferencias significativas entre las distintas zonas y épocas de muestreo ($X^2 \alpha = 0.05$). Se registraron 33 especies tóxicas o nocivas, registrándose un florecimiento de *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* en ambas zonas de PM en 2007 y de *Trachyneis aspera* en 2009. El valor de la clorofila-*a* en el área de las ventilas en BC osciló de 0.60 a 1.85 mg Chl-*a* m⁻³; y en el área de control de 0.96 a 0.33 mg Chl-*a* m⁻³, mientras que en PM en el área de las ventilas osciló de 0.74 a 4.03 mg Chl-*a* m⁻³ y en el área de control de 0.14 a 0.80 mg Chl-*a* m⁻³. Con el análisis estadístico MANOVA ($\alpha=0.05$, $p \leq 0.001$) se obtuvo una $\lambda = < 0.001$, indicando la existencia de una gran diferencia entre las áreas de estudio con respecto a la riqueza, densidad y parámetros fisicoquímicos, siendo la salinidad, las fitoflageladas, el picoplancton, las diatomeas y el bacterioplancton las variables que generan esta gran diferencia.

Se determinaron 151 especies de diatomeas bentónicas en BC, se registraron 101 taxa en la zona de ventilas, además de dos sílico-flageladas: *Dictyocha calida* y *D. fibula* y en la zona de control fueron 75 taxa. Ambas zonas presentaron 26 taxa en común pertenecientes a los géneros *Achnanthes*, *Actinoptychus*, *Amphora*, *Anorthoneis*, *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Dimeregramma*, *Diploneis*, *Fragilariopsis*, *Lyrella*, *Navicula*, *Paralia* y *Petroneis*. En PM se registraron 120 taxa, 77 taxa en la ventila y 68 para el control. Ambas zonas presentaron 27 especies en común pertenecientes a los géneros *Actinocyclus*, *Amphora*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Fallacia*, *Fragilariopsis*, *Lyrella*, *Navicula*, *Paralia*, *Plagiogramma*, *Psammodictyon*, *Psammodiscus*, *Surirella* *Thalassiosira*, *Trachyneis* y *Tryblionella*. El índice

de similitud de Jaccard (10.2 y 21.1 % de similitud) indicó que existe poca afinidad entre las zonas muestreadas. El Análisis de Factores reveló que la diferencia entre las dos áreas (BC y PM) de estudio se debe a la presencia de 21 familias, 28 géneros y 55 especies para PM y 22 familias, 29 géneros y 79 especies para BC, principalmente del grupo de las Bacillariophyceae. BC presentó mayor riqueza específica que PM. Las zonas de ventilas hidrotermales en ambas áreas (BC y PM) presentaron una mayor riqueza de especies que las zonas de control.

Las clonas analizadas permitieron describir 10 Phyla: Alpha-, Delta-, Epsilon- y Gamaproteobacterias, Aquificae, Chloroflexi, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes y Heterokontophyta (el cloroplasto de una eucariota). La zona de control en PM se caracterizó por solo presentar Alpha-proteobacterias, entre ellas a *Ahrensia* sp. y en la zona de las ventilas se identificaron a *Chloroflexi* sp., además de *Hydrogenivirga* sp. y una bacteria aún no cultivada, estas dos últimas relacionadas con ventilas hidrotermales. La zona de control en BC se caracterizó por estar representada sólo por el Phylum Firmicutes con cuatro especies: *Bacillus* sp., *B. taeanensis*, *B. flexus* y *B. megaterium*. En la zona de la ventila se reconocieron siete grupos filogenéticos: una bacteria de la familia Rhodobacteraceae, *Phaeobacter* sp., *Paracoccus denitrificans*, *Flavobacterium* sp., una cianobacteria no identificada, *Desulfosarcina* sp., además se registró la secuencia genómica del cloroplasto de *Phaeodactylum tricornutum*. Las bacterias relacionadas con ventilas hidrotermales fueron *Sulfurospirillum* sp., un endosimbionte (no identificado) y una bacteria sulfuro-oxidante. Estos resultados son los primeros que se obtienen en ventilas someras no asociadas a vulcanismo activo.

ABSTRACT

The effects of geochemical variations on microorganisms in two shallow hydrothermal vents (< 15 m under sea level) were determined throughout five sampling campaigns: three in Bahía Concepción (BC) in the Mapachitos Cove, Baja California Sur submarine hydrothermal vents in October 2006, February 2008 and January 2009, and two in Punta de Mita (PM) vents, Nayarit in April 2007 and January 2009. Water and sediment samples were collected in two zones (with venting influence and in a not influence-control area). Physicochemical parameters were determined (temperature, pH, salinity and nutrients). Were analyzed the taxonomic composition of phytoplankton and phytobenthos and performed a comparative analysis of 16S rRNA gene sequencing of bacterial communities in sediments from both study areas.

Salinity was 34 ± 2 in BC and ranged from 30 to 31 in PM. The overall temperature ranged from 17 to 27 ° C in both study areas, being BC the coldest one. pH was 8.1 in both study areas; however a pH of 6.6 was found at the vent area in BC. We found an eutrophic state for silicates and phosphates in both study areas, and nitrogen was the limiting nutrient. The t-student ($\alpha = 0.05$) statistical analysis indicated that there were no significant differences between the samples from the vent area and control area in PM and BC.

The group of what with the highest phytoplankton density in the two study areas was the Bacillariophytas. In BC, 215 taxa (63 families) were obtained in the vent area and 189 taxa in the control area (56 families). In PM 162 taxa (49 families) were obtained in the vent area and 155 taxa in the control area (48 families). In both study areas significant differences were observed between different sampling periods ($X^2 \alpha = 0.05$). There were 33 toxic or harmful species, showing a bloom of *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* in both areas of PM in 2007 and *Trachyneis aspera* in 2009. Chlorophyll-*a* value in the vent area of BC ranged from 0.60 to 1.85 mg Chl-*a* m⁻³, and in the control area from 0.96 to 0.33 mg Chl-*a* m⁻³, while in PM venting area it ranged from 0.74 to 4.03 mg Chl-*a* m⁻³, and at the control area from 0.14 to 0.80 mg Chl-*a* m⁻³. MANOVA statistical analysis ($\alpha = 0.05$, $p \leq 0.001$) yielded $\lambda = <0.001$, indicating the existence of a large difference between the study areas with regards to the richness, density and physicochemical parameters. The salinity, phytoflagellates, picoplankton, diatoms and bacterioplankton variables account for this difference.

Were identified 151 species of benthic diatoms in BC, 101 taxa recorded in the vent area, and two silico-flagellates: *Dictyocha calida* and *D. fibula*, and in the control area there were 75 taxa. Both areas had 26 taxa in common that belong to the genera *Achnanthes*, *Actinoptychus*, *Amphora*, *Anorthoneis*, *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Dimeregramma*, *Diploneis*, *Fragilariopsis*, *Lyrella*, *Navicula*, *Paralia* and *Petroneis*. In PM there were 120 taxa, 77 taxa in the vent area and 68 in the control area. Both areas had 27 species in common, which belong to the genera *Actinocyclus*, *Amphora*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Fallaci*, *Fragilariopsis*, *Lyrella*, *Navicula*, *Paralia*, *Plagiogramma*, *Psammodictyon*, *Psammodiscus*, *Surirella* *Thalassiosira*, *Trachyneis* and *Tryblionella*. The Jaccard similarity index (10.2 and 21.1% similarity) indicated that there is little similarity between the sampled areas. Factor Analysis revealed that the difference between the two study areas (BC and PM) is due to the presence of 21 families, 28 genera and 55 species for PM and 22 families, 29 genera and 79 species in BC, primarily of the Bacillariophyceae group. BC had higher species richness than

PM. Hydrothermal vents in both areas (BC and PM) had higher species richness than control areas.

Analyzed clones allowed describing ten phyla: Alpha-, Delta-, Epsilon- and gamma-proteobacteria, Aquificae, Chloroflexi, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes and Heterokontophyta (the chloroplast of a eukaryote). PM control areas were characterized by Alpha-proteobacteria, including *Ahrensia* sp., and at the vent area *Chloroflexi* sp. were identified, as well as *Hydrogenivirga* sp., in addition several not yet cultivated bacteria, the latter two related to hydrothermal vents. The control area in BC is characterized by being represented only by the phylum Firmicutes with four species: *Bacillus* sp., *B. taeianensis*, *B. flexus* and *B. megaterium*. In the vent area, seven phylogenetic groups were recognized: a bacterium of the Rhodobacteraceae family, *Phaeobacter* sp., *Paracoccus denitrificans*, *Flavobacterium* sp., an unidentified cyanobacterium, *Desulfosarcina* sp. and the *Phaeodactylum tricornerutum* chloroplast genome sequence was also identified. The bacteria associated with hydrothermal vents were *Sulfurospirillum* sp., an endosymbiont (unidentified) and a sulfur-oxidizing bacterium. These results are important because they are the first characterization of bacteria associated with shallow vents that are not associated with active volcanism.

CAPÍTULO UNO

INFORMACIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN

Según [Canet y Prol-Ledesma \(2007\)](#) la importancia del estudio de los sistemas hidrotermales que se han encontrado en el fondo marino desde ya hace más de 30 años, es que han proporcionado una gran cantidad de información acerca de la depositación de metales en las condiciones de temperatura y presión existentes a grandes profundidades ([Graham et al., 1988](#); [Rona, 1988](#); [Humphris et al., 1995](#); [Parson et al., 1995](#); [Scott, 1997](#)), así como de la composición y estructura de la corteza oceánica y las propiedades físicas del basamento oceánico ([Shanks et al., 1995](#)). De igual manera, la circulación del agua marina a través de la corteza oceánica tiene grandes efectos en el transporte de calor; se cree que a través de los sistemas hidrotermales se desprende alrededor del 30% del calor perdido en la corteza oceánica ([Alt, 1995](#)). También, han permitido entender aspectos relacionados al ciclo de los elementos en los océanos ([Gamo et al., 2001](#)) y al metabolismo de los organismos extremófilos y de las comunidades quimiosintéticas ([Jannash, 1984](#)). Así mismo, se les ha establecido como un sitio potencial para el lugar donde se originó la vida ([Holm, 1992](#)).

Las ventilas hidrotermales se localizan desde la zona intermareal hasta la abisal. Algunas se encuentran a grandes profundidades (500 a 4,000 m) y sus fluidos presentan altas temperaturas, de hasta de 405 °C, como las que se hallan en zonas de expansión oceánica en las dorsales oceánicas. También, a diversas profundidades, se encuentran las ventilas frías (*cold-seeps*), que por lo regular se observan a lo largo de la plataforma. Sus emanaciones son de baja temperatura (principalmente de metano) y están asociadas a la presencia de hidrocarburos; las características geoquímicas de los fluidos descargados por estas ventilas frías generan la presencia de un ecosistema quimiosintético similar al de las ventilas hidrotermales ([Canet y Prol-Ledesma, 2010](#)).

Tarasov *et al.* (2005), con base en un criterio faunístico a nivel de familias y géneros, dividieron a los sistemas hidrotermales en dos tipos: profundos y someros. Los autores observaron que el cambio brusco de la fauna obligada a un tipo de sistema hidrotermal se da a los 200 m de profundidad. Esta profundidad, coincide con el cambio brusco de la pendiente de la curva de ebullición del agua de mar, registrada a una presión de 20 bares (Bischoff y Rosenbauer, 1984), así como con el límite entre la plataforma y talud continental, y con las diferencias en la estructura y composición de las comunidades de organismos (Tarasov *et al.*, 2005).

Las ventilas hidrotermales de mar profundo han sido relativamente bien estudiadas. Sin embargo a las ventilas hidrotermales someras se les ha prestado menos atención. La relevancia del estudio de estos sistemas reside en el hecho de que, además de ser los análogos actuales de algunos depósitos metalíferos de interés económico (Canet y Prol-Ledesma, 2007), éstos soportan ecosistemas especializados, caracterizados por la coexistencia y competencia de organismos fotosintéticos y quimiosintéticos (Tarasov *et al.*, 2003).

GENERALIDADES DE VENTILAS HIDROTERMALES SOMERAS

DISTRIBUCIÓN: Las ventilas hidrotermales someras tienen una amplia distribución, siendo especialmente numerosas en el oeste del Océano Pacífico (Tarasov *et al.*, 1985, 1990, 1991; Sarano *et al.*, 1989; Kamenev *et al.*, 1993). Estos sistemas se encuentran en diversos escenarios tectónicos relacionados con las márgenes de las placas tectónicas. Frecuentemente, las ventilas someras están asociadas con islas volcánicas, arcos de islas o cadenas montañosas submarinas poco profundas como en Ambitle y Lihir, Papúa Nueva Guinea (Pichler *et al.*, 1999a, 1999b), en la isla de Milos, mar Egeo (Dando *et al.*, 1999, 2000) y en las islas Eólias, Italia (Gugliandolo *et al.*, 2006), por mencionar algunas. Las ventilas hidrotermales someras también están localizadas en la zona de influencia de “Hot-spotts” (puntos calientes), en zonas de intraplaca. Se han registrado en la Dorsal Kolbeinsey, Islandia (Botz *et al.*, 1999), y en el monte submarino João de Castro, en las islas Azores (Cardigos *et al.*, 2005). Las ventilas someras también se encuentran en márgenes continentales afectados por extensión tectónica; como los localizados en la Península de Baja California, particularmente en Bahía Concepción (Prol-Ledesma *et al.*, 2004; Canet *et al.*, 2005a) y en Punta Banda, cerca de Ensenada (Vidal

et al., 1978); también se han registrado en Punta de Mita, Nayarit (Prol-Ledesma *et al.*, 2002a, 2002b; Canet *et al.*, 2003) y en White Point, California, E.U.A. (Stein, 1984) (Fig. 1).

Las ventilas hidrotermales someras también se encuentran en lagos relacionados con grábenes desarrollados en zonas continentales con tectónica extensional, como en los lagos Baringo y Tanganyika, Kenia y en el lago Baikal, Rusia; o bien en lagos de cráteres de volcanes activos como en el lago Taupo, Nueva Zelanda y el lago Cráter, Oregon E. U. A. (Dymond *et al.*, 1989; Crane *et al.*, 1991; Barrat *et al.*, 2000; Renaut *et al.*, 2002; de Ronde *et al.*, 2002).

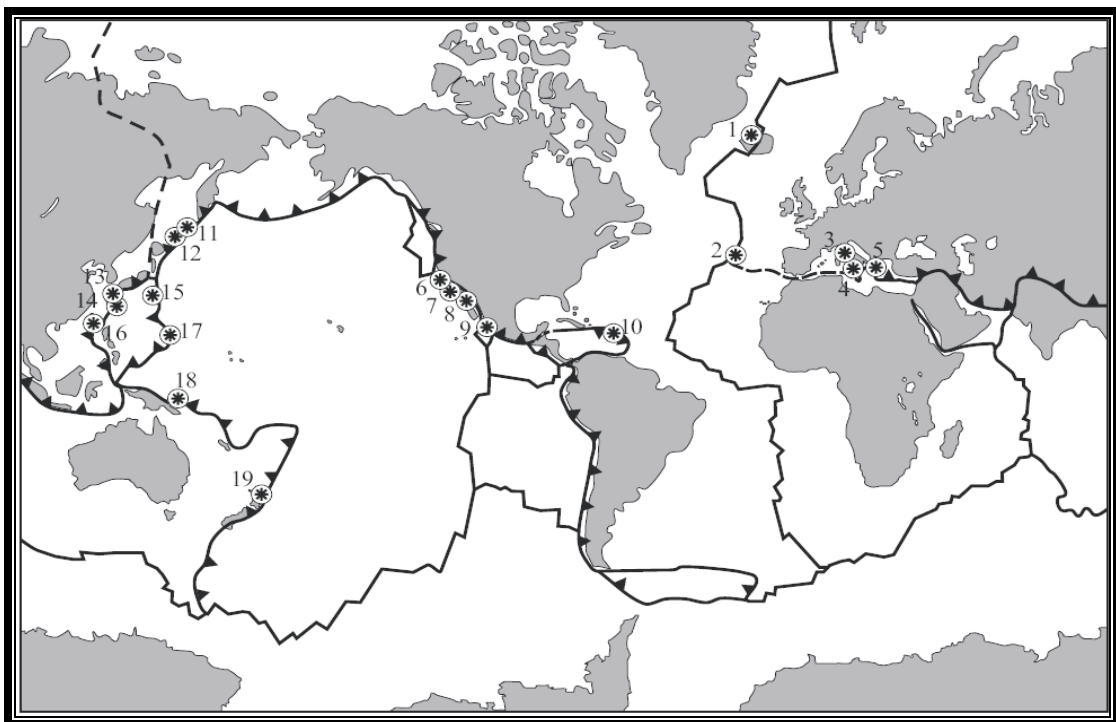


Figura 1. Distribución global de sistemas hidrotermales submarinos someros (<200 m de profundidad) (Canet y Prol-Ledesma, 2007). 1) Kolbeinsey, Islandia; 2) Azores, Portugal; 3) Palinuro y Cabo Messino, Mar Tirreno, Italia; 4) Islas Vulcano y Eólias, Italia; 5) Islas Santorini y Milos, Mar Egeo, Grecia; 6) White Point, California, E. U. A.; 7) Punta Banda, Baja California, México; 8) Bahía Concepción, Baja California Sur, México; 9) Punta de Mita, Nayarit, México; 10) Isla Dominica; 11) Ensenada de Kraternaya, Rusia; 12) Islas Kunashir y Kuriles, Rusia; 13) Bahía Kagoshima, Japón; 14) Islas Tokora e Iwo, Japón; 15) Isla Nishino, Japón; 16) Isla Kueishantao, Taiwan; 17) Volcán Banco Esmeralda, Islas Marianas; 18) Islas Matupi Harbour, Ambitle y Lihir, Papúa Nueva Guinea; 19) Bahía de Plenty, Nueva Zelanda.

FORMACIÓN: Las condiciones de formación de un sistema hidrotermal varían dependiendo del ambiente tectónico en que se desarrollen. Una sistema hidrotermal se forma a partir de la interacción entre una fuente de calor, un cuerpo rocoso permeable y un fluido, en donde se establece una celda convectiva que consta de un sistema de recarga, circulación y descarga (Fig. 2). Al penetrar en la corteza, los fluidos están sujetos al gradiente geotérmico, que incrementa su temperatura y los lleva a reaccionar con las rocas con las que tienen contacto durante su recorrido, cambiando las propiedades químicas del fluido original, dando así origen a los fluidos hidrotermales. Estos fluidos hidrotermales son expulsados de la roca huésped, como resultado de la flotabilidad de éstos por ser menos densos, a través de fallas o fracturas (Gudmundsson, 1999).

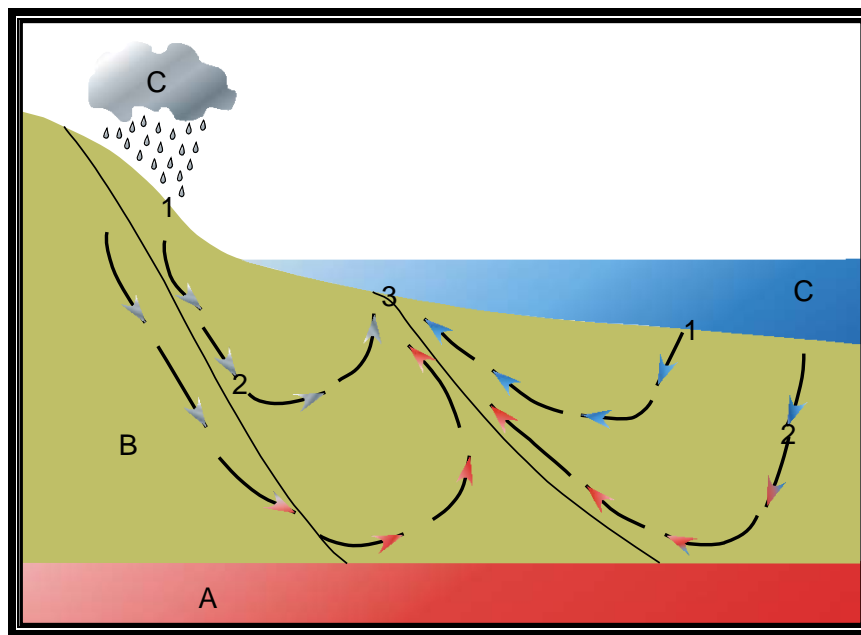


Figura 2. Representación esquemática general de un sistema hidrotermal submarino somero. A) Fuente de calor, B) cuerpo rocoso permeable y C) fluido. La celda de convección se forma por: 1) zona de recarga, 2) circulación y 3) zona de descarga.

GEOQUÍMICA: Los fluidos que se descargan en las ventilas hidrotermales someras tienen temperaturas más bajas (entre 10° y 119° C) que en las dorsales centro-oceánicas (hasta 400° C) y, a pesar de las bajas temperaturas, pueden transportar metales disueltos suficientes para producir depósitos de óxidos y sulfuros metálicos, así como metales nativos (Stoffers *et*

al., 1999; Canet *et al.*, 2005a; Prol-Ledesma *et al.*, 2002a, 2002b). Por lo general, están enriquecidos con elementos biogénicos (como el nitrógeno y fósforo), además de sílice y boro (Tarasov *et al.*, 1999) y elementos como el bario, manganeso, hierro, cobre y el zinc, además de litio y rubidio disueltos (Dando *et al.*, 1999) con respecto al agua de mar. Los fluidos hidrotermales someros en áreas cubiertas de sedimentos están enriquecidos también en calcio y yodo con respecto al agua de mar (Prol-Ledesma, 2003). La composición química de los fluidos descargados por algunas de las ventilas someras registradas se muestra en la **Tabla 1**.

El agua que constituye el fluido hidrotermal puede ser agua meteórica (ausente en las ventilas profundas) o agua de mar. Otras fuentes podrían ser agua connata, aguas magmáticas y aguas metamórficas (Nicholson, 1993). Por ejemplo, Dando *et al.* (1999 y referencias incluidas) comentan que en el caso del hidrotermalismo submarino somero del mar Mediterráneo, el origen del agua va desde agua puramente meteórica hasta las ventilas que emanan sólo agua marina, aunque en algunas se libera agua connata ya que el flujo hidrotermal atraviesa sedimentos con esta agua atrapada en ellos. Debido a esto, la salinidad y la densidad de los fluidos hidrotermales pueden ser menores o mayores (según sea el caso) que las del agua de mar debido a la mezcla en diferentes proporciones de las diversas fuentes de agua.

Una característica típica de las ventilas hidrotermales someras es la presencia de una fase gaseosa libre en el fluido (actividad “gasohidrotermal”), ausente en las ventilas profundas porque están expuestas a presiones más altas que evitan la separación de fases por ebullición o efervescencia; estos procesos provocan que, al ser descargados los gases en flujos discretos junto con el agua termal, se produzca un burbujeo prominente (Dando *et al.*, 1995). Otra característica del fluido de las ventilas someras es que presentan un enriquecimiento mucho mayor de oxígeno en comparación con los sistemas profundos (Tarasov *et al.*, 2005).

La composición de la fase gaseosa varía de un sistema a otro (**Tabla 1**) (Dando *et al.*, 1995, 2000). Generalmente está compuesta por CO₂ (>90% por volumen) y H₂S con cantidades menores de hidrógeno, metano, nitrógeno, helio, oxígeno y argón (Arnórsson *et al.*, 2006).

Tabla 1. Descripción de algunas ventilas hidrotermales submarinas someras.

Lugar	Prof. (m)	T de descarga (°C)	Composición del líquido	Composición de la fase gaseosa
Azores, Portugal (Cardigos <i>et al.</i> , 2005)	20	35-61	El líquido es rico en Pb, Ba, Fe y Mn.	Los gases están dominados por CO ₂ . El H ₂ S, H ₂ y CH ₄ . y se encuentran en cantidades menores.
Islas Eólias, Italia (Gugliandolo <i>et al.</i> , 2006)	30	48-95	Na, Cl, Mg y SO ₄ se encuentran en menor proporción al compararlos con el agua de mar, mientras que la concentración del K y Ca es más alta.	Los gases emitidos están compuestos de CO ₂ principalmente, y tienen en menor proporción H ₂ S, H ₂ , N ₂ , He, Ar, CH ₄ y CO.
Isla de Milos, Mar Egeo, Grecia (Dando <i>et al.</i> , 1999)	10	23-110	El líquido descargado es rico en Fe, Mn, Co, Li, Ba, Si y Rb.	La fase de gas es rica en CO ₂ con cantidades significativas de H ₂ S, CH ₄ y H ₂
Punta Banda, Baja California, Mexico (Vidal y Vidal, 1981)	40	105	El líquido es rico en SiO ₂ , HCO ₃ , Ca, K, Li, B, Ba, Rb, Fe, Mn, As y Zn, con respecto al agua de mar.	Los gases descargados están compuestos por proporciones similares de N ₂ y CH ₄ .
Kraternaya, Rusia (Zhirmunsky y Tarasov, 1990)	45	100	El agua termal tiene concentraciones elevadas de Mn, Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Si, H ₂ S, otros compuestos de azufre y P.	Las muestras de gas contienen CO ₂ , N ₂ He, CH ₄ ; H y H ₂ S.
Puerto Matupi , Papúa Nueva Guinea (Tarasov <i>et al.</i> , 1999)	24-65	85-90	El líquido es rico en Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Si, H ₂ S y NH ₄ .	Los gases principales son CO ₂ , CH ₄ y H ₂
Isla Lihir ,Papúa Nueva Guinea (Pichler <i>et al.</i> , 1999a)	3-10	60-96	<i>No se muestreó el líquido</i>	En la fase gaseosa están CO ₂ , N ₂ y H ₂ S.
Isla Ambitle, Papua Nueva Guinea (Pichler <i>et al.</i> , 1999b)	5-10	88 y 89	El líquido está enriquecido con HCO ₃ , B, Si, Li, Mn, Rb, Cs, Sb, Tl y As.	El CO ₂ es predominante con trazas de N ₂ , O ₂ , CH ₄ y He.
Bahía Plenty, Nueva Zelanda (Stoffers <i>et al.</i> , 1999)	179	200	El líquido es rico en Au, Ag, As, Sb y Hg.	La fase gaseosa es principalmente CO ₂ y algunos hidrocarburos ligeros.
Manantial termal Champagne, Isla Dominica, Antillas Menores (McCarthy <i>et al.</i> , 2005)	1-5	41-71.4	El agua está enriquecida en B, Fe, As, Mn, Si y Li.	El gas está compuesto de CO ₂ , N ₂ , H ₂ S, CH ₄ , HCL, O ₂ y Ar. Se tienen pequeñas cantidades de He, H ₂ y CO.

MINERALOGÍA: Las asociaciones de minerales formadas por la descarga de fluidos en el fondo marino somero son similares a las típicas observadas en los sistemas hidrotermales profundos de temperatura media y baja (Canet y Prol-Ledesma, 2007). Los sistemas hidrotermales submarinos someros, potencialmente, generan depósitos metalíferos con óxidos, sulfuros y metales nativos en el área de descarga. Stoffers *et al.* (1999), Canet *et al.* (2005a, 2005b) y Pichler *et al.* (1999a) reportaron minerales producidos en algunas ventilas someras, las cuales pueden contener sulfatos como la anhidrita (CaSO_4), el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la barita (BaSO_4); fosfatos como la hidroxilapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), azufre y mercurio nativos, además de óxidos de manganeso y oxihidróxidos de hierro.

El tipo de minerales depositados va a depender principalmente de la temperatura, el pH y el potencial redox, los cuales son determinados por procesos tales como el enfriamiento, la mezcla con otro tipo de agua (p. e. marina o subterránea). También debe incluirse entre ellos a la actividad bacteriana (Tarasov *et al.*, 2005), ya que algunas de las características texturales, mineralógicas y geoquímicas de las asociaciones minerales de las ventilas sugieren que muchos procesos de mineralización están en mayor o menor grado influenciados por esta actividad (Canet *et al.*, 2003, 2005a, 2005b; Alfonso *et al.*, 2005). De este modo, la actividad microbiana puede inducir la precipitación de oxihidróxidos de hierro (Juniper y Tebo, 1995). Asimismo, Mita *et al.* (1994) demostraron que los microorganismos intervienen activamente en la precipitación de óxidos de Mn en algunas fuentes termales subaéreas del Japón. La actividad microbiana puede provocar, en algunos casos, la precipitación de sílice en los sínTERS (Hinman y Lindstrom, 1996) y, además, puede influir en la fábrica y textura de los depósitos (Canet *et al.*, 2005b).

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En general, los procesos geoquímicos en el área de las ventilas hidrotermales someras en la Ensenada de Mapachitos, Bahía Concepción, Baja California Sur (Forrest y Melwani, 2003; Forrest 2004; Prol-Ledesma *et al.*, 2004; Forrest *et al.*, 2005; Canet *et al.*, 2005a, 2005b; Villanueva-Estrada *et al.*, 2005; Canet y Prol-Ledesma, 2007) y Punta de Mita, Nayarit (Prol-Ledesma *et al.*, 1999, 2002a; Canet *et al.*, 2003) han sido estudiados recientemente; no obstante, no se cuenta con datos biológicos suficientes que permitan establecer la relación

biología-geoquímica que tiene lugar en estos sistemas. Sin embargo, se ha visto que las descargas de las ventilas hidrotermales en Bahía Concepción y Punta de Mita parecen tener efecto a pequeña escala en la biota circundante (Chávez-Dagostino *et al.*, 2000; López-Cortés *et al.*, 2001; Forrest y Melwani, 2003; Prol-Ledesma *et al.*, 2003; Forrest, 2004; Melwani y Kim, 2008).

Por lo expuesto anteriormente, y dado que tampoco se conoce lo suficiente acerca de la biota asociada con las ventilas someras en general, sobre todo si se compara con el conocimiento generado para las ventilas profundas, el objetivo de este estudio es analizar el efecto del hidrotermalismo en las comunidades planctónicas y bentónicas de dos ventilas someras en la costa oeste de México.

OBJETIVOS

- Establecer el efecto de las variaciones geoquímicas causadas por la presencia de ventilas submarinas sobre algunos microorganismos en dos sistemas de ventilas hidrotermales someras. Se selecciona como puntos de control sitios cercanos poco fuera de la influencia de las ventilas, tanto en Bahía Concepción como en Punta de Mita.

Para ello se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- Analizar los siguientes parámetros fisicoquímicos de la columna de agua en dos zonas de ventilas hidrotermales someras de Bahía Concepción y Punta de Mita: pH, temperatura, salinidad, nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos y amonio.
- Calcular el estado trófico y la relación de Redfield N:P.
- Conocer la composición taxonómica del fitoplancton de las dos áreas de estudio.
- Analizar la densidad del fitoplancton con base en la concentración de clorofila-*a* y la densidad de organismos del picoplancton y bacterioplancton en ambos sistemas hidrotermales.
- Determinar la dominancia de las especies del fitoplancton.

- Analizar la distribución del fitoplancton y la clorofila-*a* en la columna de agua.
- Comparar los valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos (fitoplancton y la clorofila-*a*) entre los dos sistemas hidrotermales.
- Conocer la composición taxonómica del fitobentos de las ventilas hidrotermales en las dos áreas de estudio.
- Analizar las diferencias de presencia/ausencia del fitobentos entre las ventilas y los controles de las dos áreas de estudio y entre estas.
- Describir las clonas ambientales de bacterias obtenidas de las muestras de sedimentos en las dos zonas de estudio (control y ventila) para cada área de estudio utilizando secuencias del gen 16S rRNA.

ANTECEDENTES

Las ventilas hidrotermales someras relacionadas con actividad volcánica ya eran conocidas mucho antes del descubrimiento de las ventilas de mar profundo en las Galápagos a mediados de la década de los setentas (Lonsdale, 1977); sin embargo, las investigaciones sobre estos sistemas se han enfocado principalmente en las ventilas profundas que normalmente están relacionadas con las cadenas submarinas de las dorsales centro-oceánicas y con cuencas de trasarco.

Las primeras publicaciones de los sistemas someros fueron sobre las comunidades bióticas que colonizan este ambiente (Gallardo *et al.*, 1977; Tarasov *et al.*, 1985, 1990, 1991, 1993). De estos estudios y de los subsiguientes (Kamenev *et al.*, 1993, 2004; Hoaki *et al.*, 1995; Tarasov, 2002; Sorokin *et al.*, 1998, 2003; Robinson, 2000; Cardigos *et al.*, 2005; Rusch *et al.*, 2005; Tarasov *et al.*, 2005; Melwani y Kim, 2008) se desprende que la biota de procariontes especializada en esos ambientes es muy diversa, siendo similar a la descrita en las ventilas hidrotermales de los fondos oceánicos.

Posteriormente, algunos autores efectuaron estudios geoquímicos que proporcionan información acerca de los mecanismos de depósito de metales (Pichler *et al.*, 1999b; Stoffers *et al.*, 1999; Prol-Ledesma *et al.*, 2002a) y de los depósitos de sulfuros masivos

vulcanogénicos (VMS) (Rona, 1988; Herzig y Hannington, 1995; Humphris *et al.*, 1995; Parson *et al.*, 1995; Scott, 1997). Canet *et al.* (2003, 2005a, 2005b) y Alfonso *et al.* (2005) señalaron la importancia decisiva de los procesos biogeoquímicos en el depósito de los precipitados hidrotermales en dichos ambientes.

Después de una serie de investigaciones, las ventilas hidrotermales someras se han considerado laboratorios naturales para el estudio de la interacción entre los fluidos hidrotermales (agua y gas), el sedimento y las rocas del fondo marino y el agua de mar (Fitzimons *et al.*, 1997; Botz *et al.*, 1999; Pichler *et al.*, 1999a; Prol-Ledesma *et al.*, 2004; Chen-Tung *et al.*, 2005; Forrest *et al.*, 2005; Villanueva-Estrada *et al.*, 2005); esto ha permitido elucidar cuestiones referentes al ciclo de los elementos en los océanos (Gamo *et al.*, 2001), al metabolismo de los organismos extremófilos y de las comunidades quimiosintéticas (Karl *et al.*, 1980; Jannasch, 1984), y a la distribución, composición y abundancia de bacterias mediante métodos moleculares (Gugliandolo y Maugeri, 1993, 1998; Kalanetra *et al.*, 2004; Maugeri *et al.*, 2010a, 2010b).

En el Pacífico mexicano existe actividad hidrotermal somera en los márgenes continentales afectados por extensión tectónica, como los que se localizan en la parte central y al noroeste de México, particularmente en la Península de Baja California (Canet *et al.*, 2003). Esta actividad ha sido registrada a lo largo de la costa oeste del Golfo de California en San Felipe, Punta Estrella, El Coloradito y Puertecitos (Barragán *et al.*, 2001), así como en Punta Banda, cerca de Ensenada (Vidal *et al.*, 1978), y más recientemente en Bahía Concepción (Prol-Ledesma *et al.*, 2004; Canet y Prol-Ledesma, 2007) y en Punta de Mita, Nayarit (Núñez-Cornú *et al.*, 2000; Prol-Ledesma *et al.*, 2002a, 2002b).

En Bahía Concepción, se ha visto que las descargas de las ventilas hidrotermales parecen tener efecto a pequeña escala en la biota circundante. La diversidad y la abundancia de la biota que habita las rocas adyacentes a los sitios de manantiales difusos parecen aumentar, particularmente en peces e invertebrados filtradores de la epifauna (Forrest y Melwani, 2003). No obstante, Forrest (2004) encontró una diversidad y abundancia de infauna significativamente más baja en el área de circulación termal a través de sedimentos no cosolidados, que en las áreas que no están afectadas por la actividad de la descarga, debido principalmente al efecto de la temperatura, pero Melwani y Kim (2008) observaron que

también la salinidad, el pH y las concentraciones de H₂S en los sedimentos, pueden tener efecto en la estructura de la infauna. Además, el sedimento arenoso de las ventilas se encuentra localmente tapizado por una biopelícula microbiana de color amarillento. Los análisis microscópicos revelaron que esta capa contiene diatomeas, silicoflagelados, cianobacterias y diversos tipos de bacterias (Forrest, 2004). López-Cortés *et al.* (2001) realizaron estudios filogenéticos del tapete bacteriano mediante el análisis comparativo de la secuenciación del gen 16s RNA en Cianobacterias, encontrando un nuevo morfotipo (*Geitlerinema* sp.).

En cuanto a los estudios biológicos realizados en las ventilas hidrotermales localizadas en Punta de Mita, Chávez-Dagostino *et al.* (2000) emitieron un reporte preliminar de observaciones directas e indirectas de macroinvertebrados bentónicos, macroalgas y peces. Prol-Ledesma *et al.* (2003) observaron densidades elevadas de algunos organismos alrededor de las ventilas (la esponja amarilla *Cynachrella* sp., la almeja *Cardita* cf. *Radiata* y el alga clorofita *Cladophora* sp.). Además, las muestras de sedimentos revelaron concentraciones bastante bajas de macrofauna, con la disminución en la densidad conforme se acercan a la fuente de agua caliente. Los nemátodos y anfípodos fueron los organismos más abundantes.

CAPÍTULO DOS

ÁREAS DE ESTUDIO

BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR

MARCO GEOGRÁFICO

El área de estudio es una zona distribuida a lo largo de un tramo de 700 m de costa rocosa en la Ensenada de Mapachitos, donde se han descubierto manifestaciones hidrotermales submarinas (Prol-Ledesma *et al.*, 2004) ubicadas en 26° 43' 12'' N y 111° 51' 36'' W. La Ensenada de Mapachitos se encuentra ubicada dentro de la Bahía Concepción, que es una cuenca de origen tectónico que está localizada en Baja California Sur. La bahía está delimitada por las coordenadas: 26° 33' y 26° 53' N y 111° 42' y 111° 56' W y tiene una extensión de aproximadamente 40 km de longitud, su parte más ancha tiene 10 km de longitud, y cubre un área de 275 km² (McFall, 1968). Es una bahía semicerrada que se comunica por la parte norte al Golfo de California y se caracteriza por ser un cuerpo de agua somero con un canal principal de 37 metros de profundidad localizado en la porción noroeste (Ledesma-Vázquez y Johnson, 2001). La costa noroccidental de la bahía está delimitada por abanicos aluviales y cerros de hasta 300 m de altura sobre el nivel del mar y hacia el sur hay mesetas hasta de 1,000 m de altura sobre el nivel del mar. La costa sur de la bahía es una planicie aluvial extensa. Al oriente, la bahía limita con la Península Concepción, de aproximadamente 40 km de largo y 17 km en su porción más ancha (McFall, 1968) (Fig. 3).

El clima de la región es muy seco y cálido. La temperatura media en el verano varía de 32° a 35° C y en invierno la mínima es de 20° C (el promedio anual está entre 28° a 32° C). El régimen de lluvias es estacional, casi siempre en forma de chubascos torrenciales. La mayor parte de la precipitación se distribuye entre los meses de julio a octubre y un período mínimo entre los meses de diciembre a febrero (de 50 a 400 mm total anual) (McFall, 1968;

Bustamante-García, 1999). Las corrientes de marea en la bahía presentan un carácter semidiurno, dado que se tienen dos flujos y dos reflujos en un periodo de 22.45 hrs, con un intervalo de 59 cm y 75 cm, respectivamente, con la secuencia pleamar superior-bajamar inferior (Obeso y Jiménez, 1995; Obeso *et al.*, 1996).

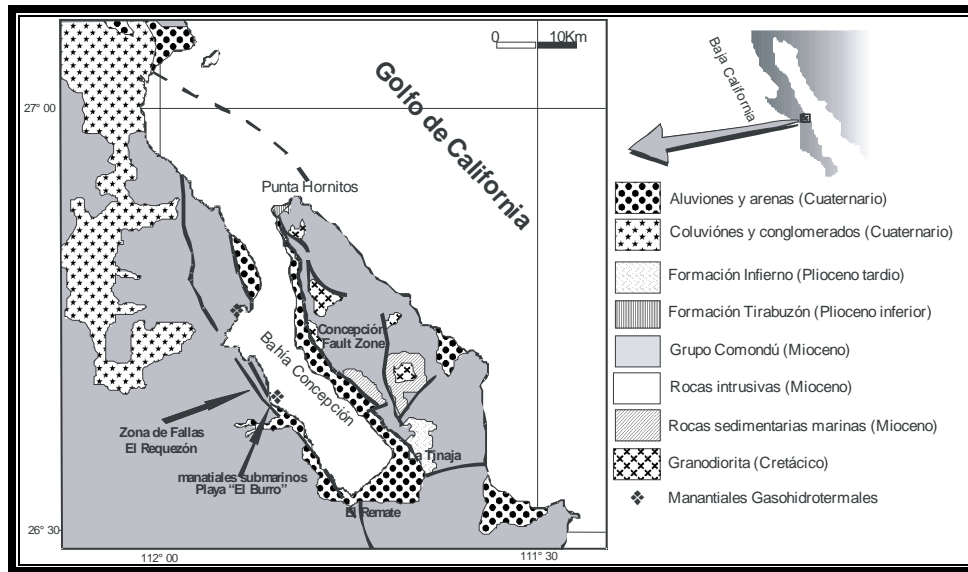


Figura 3. Geología superficial y estructuras principales de Bahía Concepción. Localización de las ventilas hidrotermales (modificado de Prol-Ledesma *et al.*, 2004).

MARCO GEOLÓGICO

La zona de la Bahía Concepción se compone de la serie volcánica del Grupo Comondú, constituido básicamente de rocas volcánicas y volcanoclásticas del Oligoceno Superior y Mioceno Medio, pero también están expuestos algunos fragmentos de un basamento granodiorítico del Cretácico (Ledesma-Vázquez y Johnson, 2001). La mayoría de los afloramientos de rocas están constituidos de areniscas, tobas, lavas andesíticas, brechas volcánicas y basaltos; también hay rocas subvolcánicas, intrusiones graníticas, rocas sedimentarias marinas y flujos de lava, domos y rocas piroclásticas relativamente recientes (Bustamante-García, 1999) (Fig. 3).

En la parte norte, el Mioceno Tardío y Plioceno Temprano están representados por unidades sedimentarias fluviales y eólicas, mientras que en la parte central están expuestos los

depósitos marinos de la Formación Tirabuzón (Morán-Zenteno, 1984). En la región sur, en las inmediaciones del Cerro Mancenares y la Isla Coronado, afloran flujos de lava, domos y rocas piroclásticas del Plioceno. Tanto al sur como al norte de donde aflora esta formación, se tienen depósitos clásticos marinos, calizas y derrames piroclásticos del Pleistoceno-Plioceno, que probablemente se correlacionan con la Formación Infierno (McFall, 1968). La secuencia del Plioceno Tardío está representada por calizas con fósiles de aguas someras, conglomerados y pedernales de la Formación Infierno (Ledesma-Vázquez *et al.*, 1997) (Fig. 3).

VENTILAS HIDROTERMALES

Bahía Concepción es una de las bahías más grandes de Baja California, está delimitada por fallas y tiene una configuración de semigraben con dirección NW–SE debido a la extensión tectónica que afectó el área del Golfo de California durante el Mioceno Tardío (Ledesma-Vázquez y Johnson, 2001). Regionalmente, se observan varios sistemas de fallas que afectan a las rocas presentes en el área donde se alberga un sistema hidrotermal que consiste en dos tipos de manifestaciones: 1) un grupo de filtraciones submarinas difusas de gas y agua caliente (Fig. 4, y 2) un grupo de manantiales y sitios de burbujeo situados en la zona intermareal (Prol-Ledesma *et al.*, 2004; Canet *et al.*, 2005a, 2005b) (Fig. 5).

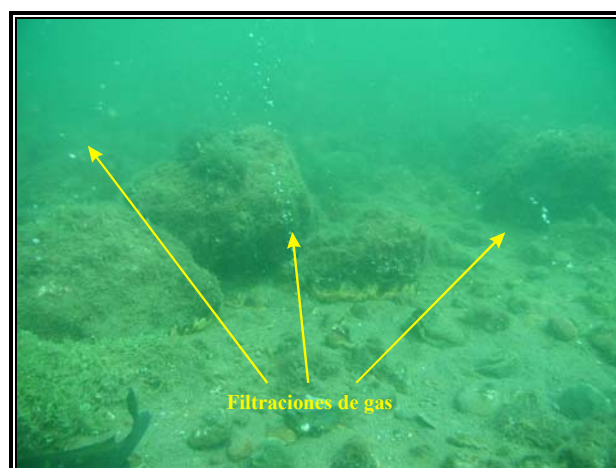


Figura 4. Descarga gasohidrotermal difusa submarina a 5 m de profundidad en la Ensenada de Mapachitos, Bahía Concepción (fotografía tomada por Prol-Ledesma, R. M.).

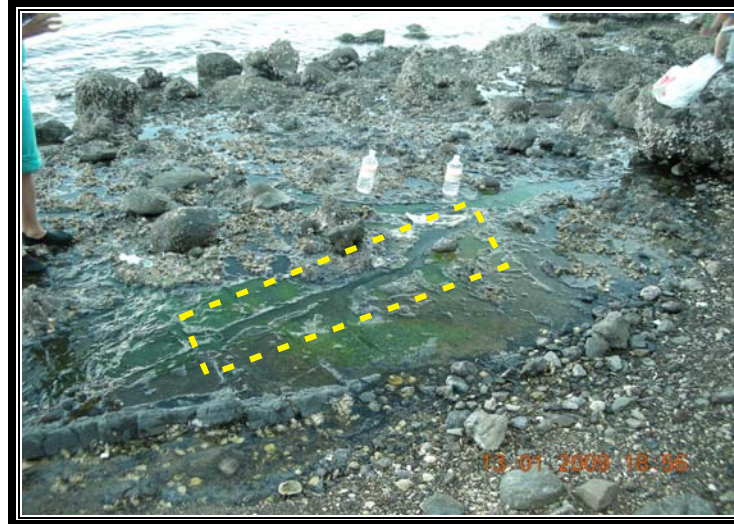


Figura 5. Descarga hidrotermal en la zona intermareal localizada en la playa de Los Sueños, en las cercanías de Santispac, Bahía Concepción. La descarga se encuentra señalada dentro del recuadro punteado.

El área con actividad hidrotermal se encuentra a una distancia aproximada de 40 m de la línea de costa, a una profundidad de 5 a 15 m (Prol-Ledesma *et al.*, 2004), y se encuentran distribuidas a lo largo de una línea con dirección NW-SE que coincide con la dirección de la falla El Requesón (McFall, 1968). Las ventilas forman dos grupos con una separación de 20 m y presentan emanaciones difusas de gas y agua hidrotermal a través de sedimentos marinos no consolidados (Prol-Ledesma *et al.*, 2004; Canet *et al.*, 2005b). La temperatura de la descarga de agua es de 45° C y el pH es de ~6.2. Al interior de los sedimentos del fondo marino la temperatura aumenta hasta 87° C a una profundidad de 15 cm. La temperatura del reservorio geotermal, calculada aplicando geotermómetros químicos (Na/Li, Na-K-Ca y Si) a la composición del miembro final termal, es de aproximadamente 200° C (Prol-Ledesma *et al.*, 2004).

Los análisis de la composición isotópica del miembro final ($\delta^{18}\text{O}_{\text{vsmow}} = -3.5 \text{ ‰}$ y $\delta\text{D}_{\text{vsmow}} = -30.7 \text{ ‰}$) y del agua hidrotermal (entre -0.3 ‰ y -3.1 ‰ para $\delta^{18}\text{O}_{\text{vsmow}}$ y entre -0.3 ‰ y -25.5 ‰ para $\delta\text{D}_{\text{vsmow}}$) realizados por Prol-Ledesma *et al.* (2004) sugieren que el fluido hidrotermal es una mezcla de agua meteórica y agua de mar. Los cálculos del modelo de mezcla muestran que la descarga de agua termal en el fondo marino está constituida por el 60 % de agua marina y el 40 % por el miembro termal final, con una salinidad menor a la

del agua de mar (2.6 % en peso). El agua descargada por las ventilas submarinas difusas es del tipo sódico-clorurada y está enriquecida en: calcio, manganeso, sílice, bario, boro, arsénico, mercurio, yodo, hierro, litio, carbonatos (HCO_3), y estroncio. Presenta concentraciones bajas en cloro, sodio, magnesio, sulfatos (SO_4) y bromo con respecto al agua de mar. Además presentan un enriquecimiento en europio y no muestran ninguna anomalía negativa para cerio (Prol-Ledesma *et al.*, 2004), lo cual indica que prevalece un ambiente reductor para este tipo de sistemas (Michard, 1989). La concentración de los elementos traza, de los iones mayores y tierras raras en el agua termal de Bahía Concepción es similar a las observadas en ventilas profundas (Prol-Ledesma *et al.*, 2004).

En el fondo marino no hay ningún tipo de montículo o chimenea, sólo se forman costras muy finas de oxihidróxidos de hierro de color rojo y amarillo acompañadas por una mineralización de mercurio y pirita. Las costras de oxihidróxidos de hierro están compuestas por ferrihidrita pobremente cristalizada, asociada a cantidades accesorias de pirita y cinabrio (Canet *et al.*, 2005b) (Fig. 6). Los precipitados en la zona de actividad hidrotermal presentan altas concentraciones de arsénico; sin embargo, no se observan minerales compuestos a partir de este elemento, ya que al parecer es adsorbido en los oxihidróxidos de hierro (Canet *et al.*, 2005a).

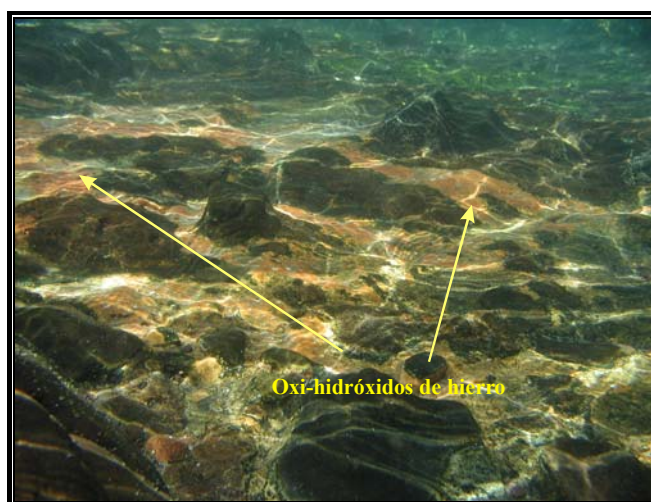


Figura 6. Manifestación hidrotermal submarina somera de aproximadamente 5 metros de profundidad en la Ensenada de Mapachitos, Bahía Concepción, en la que se observan las costras de color rojo y amarillas formadas por oxihidróxidos de hierro (fotografía tomada por Prol-Ledesma, R. M.).

Los gases termales se componen principalmente de nitrógeno (54 %) y bióxido de carbono (44 %), con menores cantidades de metano (2.2 %), argón (0.7 %), oxígeno (0.2 %), helio (0.04 %) e hidrógeno (0.007 %). El valor $\delta^{13}\text{C}$ para el bióxido de carbono es de -6 ‰ y para el metano es de -34.3 ‰, estos valores son congruentes con un origen termogénico del metano. Por otro lado, la composición isotópica del nitrógeno con un valor 1.7 ‰ $\delta^{15}\text{N}$ promedio, sugiere que este gas también se produce térmicamente a partir de materia orgánica en sedimentos inmaduros (Forrest *et al.*, 2005).

PUNTA DE MITA, NAYARIT

MARCO GEOGRÁFICO

La zona de estudio cubre un área de 700 m² aproximadamente, cerca de la costa de Punta Pantoque en el área de Punta de Mita, que se localiza en la Bahía de Banderas en el Pacífico central mexicano, en el estado de Nayarit. Esta bahía tiene una superficie de 778 km². Sus coordenadas geográficas son 21° 03' y 20° 44' N y 104° 58' y 105° 32' W. El municipio de Bahía de Banderas representa el 5.1 % de la superficie total del estado. Limita al norte y noreste con el municipio de Compostela, al este y al sur con el estado de Jalisco, al noroeste y oeste con el océano Pacífico (Fig. 7).

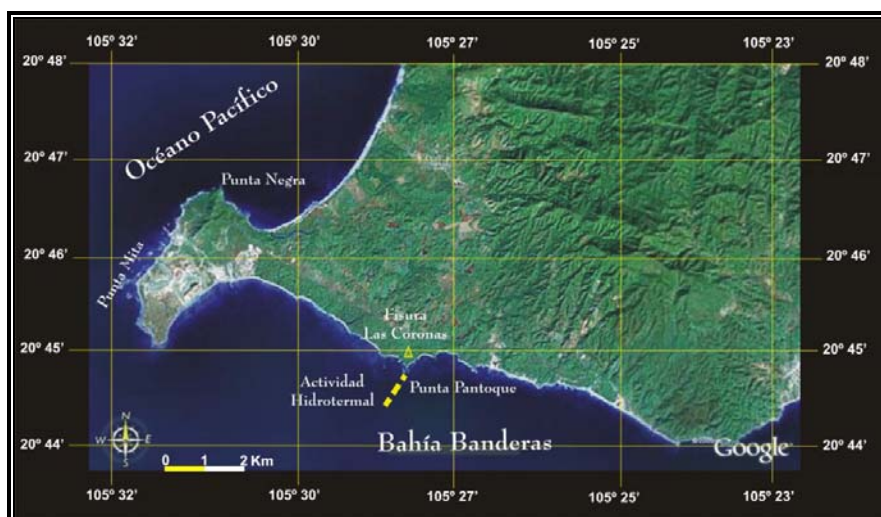


Figura 7. Área de Punta de Mita, Nayarit, México (Tomado y modificado de Google Earth).

El clima que prevalece en la zona de Punta de Mita es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 22° C y con una precipitación pluvial media anual de 1,200 a 1,500 mm. Los vientos predominantes tienen dirección suroeste durante el día de mar hacia tierra, y por la noche, cambian soplando del este con velocidades de 5 a 10 km/hora. Durante la temporada de ciclones los vientos dominantes son del sur (Cárdenas-Vargas, 1994). La corriente de marea es predominantemente semidiurna, con una amplitud media de 30 cm (Salas-Pérez y Cupul-Magaña, 2005). La circulación dentro de la Bahía de Banderas es hacia el noroeste con una circulación anticiclónica de febrero a julio, con una velocidad de 1 a 1.3 nudos y tiene salida por la parte sur; de agosto a diciembre la circulación es ciclónica (Salas-Pérez y Cupul-Magaña, 2005).

MARCO GEOLÓGICO

El estado de Nayarit, está comprendido dentro de cuatro provincias fisiográficas que son: la Sierra Madre Occidental, la Llanura Costera del Pacífico, el Arco Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, que es donde se ubica Punta de Mita (Cárdenas-Vargas, 1994). Punta de Mita está situada en la frontera NW de bloque de Jalisco, el cual es un elemento tectónico delimitado por grandes fracturas y fallas, en el extremo occidental del Cinturón Volcánico Trans-mexicano. El área se caracteriza por la tectónica extensional que genera un sistema de grábenes (Allan *et al.*, 1991).

El área de Punta de Mita contiene tres unidades litográficas principales: 1) granitos, 2) basaltos, y 3) areniscas y conglomerados recientes. La parte este del área está dominada por cuerpos intrusivos de composición granítica.

Las rocas que afloran en la península de Punta de Mita tienen una edad que va del Paleozoico al Cuaternario (Prol-Ledesma *et al.*, 2003). Las rocas basálticas del área de estudio pueden ser el resultado de la tectónica extensional reciente (Allan *et al.*, 1991; Ferrari, *et al.*, 1994). Estos afloramientos son menos alcalinos que los de la parte norte y tienen un origen relacionado con la zona de subducción (Ferrari, *et al.*, 2000).

VENTILAS HIDROTERMALES

Se ha identificado una intensa actividad hidrotermal cerca de Punta Pantoque, en el área de Punta de Mita. En ésta área se encuentra la fisura “Las Coronas” (un dique del Terciario) con una orientación de N 70° E. Un flujo basáltico en la parte SW está afectado linealmente con dirección N 42° E, N 20° E y N 68° E, siendo ésta última la que coincide con una fisura que se encuentra a una distancia de 400 m aproximadamente de la línea de costa (Núñez-Cornú *et al.*, 2000). En esta fisura se encuentran las ventilas hidrotermales, localizadas a los 20° 44' 53.40'' N y a los 105° 28' 40.8'' W, frente a la playa denominada Punta de Mita, que cubren un área de 300 m² y tienen una alineación de 400 m de longitud, con una profundidad de hasta 13 m. Los manantiales están separados por algunos metros y se identifican por el burbujeo proveniente del fondo marino. En los centros de descarga se forman pequeños montículos de hasta 2 m de diámetro y 50 cm de alto como acumulaciones de tobas calizas y sedimentos cementados (Canet *et al.*, 2003). Las chimeneas hidrotermales no están bien desarrolladas, debido probablemente a la inmadurez del depósito, así como a la destrucción de las chimeneas, que se pudieran haber formado, por eventos explosivos recurrentes o por procesos de erosión durante las tormentas (Fig. 8).



Figura 8. Fotografía de una pequeña chimenea de calcita de Punta de Mita. La escala es de 50 cm aproximadamente (Canet *et al.*, 2003).

En el fondo marino los manantiales producen varios montículos de calcita acompañados por mineralización de bario, mercurio y talio. Las rocas basálticas que hospedan la fisura hidrotermalmente activa están parcialmente cubiertas por sedimentos detríticos,

aunque pueden reconocerse fragmentos de rocas sedimentarias detríticas en las muestras alteradas recogidas en los manantiales. La mineralogía de los basaltos es simple y consiste en clinopiroxeno euhedral y fenocristales de plagioclasa incluidos en una matriz compuesta de plagioclasas como cristales de microlita y vidrio volcánico densamente vesiculares, las cuales son redondas y de menos de un centímetro de diámetro. La magnetita y la illita son minerales accesorios y de alteración respectivamente (Prol-Ledesma *et al.*, 1999).

GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS DE DESCARGA

El fluido hidrotermal alcanza temperaturas mayores a los 87° C (Núñez-Cornú *et al.*, 2000). Mediciones preliminares de pH muestran valores de 4.5 a 6.7 (Prol-Ledesma *et al.*, 1999).

Prol-Ledesma *et al.* (2002a) estudiaron la química y la composición isotópica de los fluidos y algunos minerales. Los datos obtenidos revelaron que el fluido hidrotermal es más diluido que el agua de mar y, de acuerdo con su composición isotópica, es probable que tenga un origen meteórico. El fluido tiene una salinidad de 1.51 % en peso (calculado para el miembro hidrotermal final), y los valores isotópicos del miembro final ($\delta^{18}\text{O}_{\text{vsmow}} = -8.2 \text{ ‰}$ y $\delta\text{D}_{\text{vsmow}} = -30.7 \text{ ‰}$) y del agua hidrotermal (entre -3.5 ‰ y -1.9 ‰ para $\delta^{18}\text{O}_{\text{vsmow}}$ y entre -16.2 y -11.2 ‰ para $\delta\text{D}_{\text{vsmow}}$) indican que es el resultado de una mezcla de agua de mar y agua meteórica local infiltrada en una área de recarga localizada en la sierra de Punta de Mita a una elevación de aproximadamente 500 m (Villanueva-Estrada, 2007). El agua meteórica se calienta por gradiente geotérmico y la mezcla con el agua de mar puede darse aún antes de que el agua termal sea descargada en el piso marino (Prol-Ledesma *et al.*, 2002b).

La concentración de los elementos traza en el agua termal están por debajo de los límites detectables, excepto la de manganeso (1.87 $\mu\text{mol/kg}$), bario (5.84 $\mu\text{mol/kg}$), cesio (6.55 $\mu\text{mol/kg}$) y yodo (17.35 $\mu\text{mol/kg}$), que junto con el sílice (2.23 $\mu\text{mol/kg}$) y el calcio (51.27 $\mu\text{mol/kg}$) esencialmente provienen de la componente termal y son significativamente más abundantes que en el agua de mar. El sodio (110.36 mmol/kg), potasio (3.17 mmol/kg), cloro (283.9 mmol/kg) sulfatos (SO_4 2.81 mmol/kg) carbonatos (HCO_3 0.0 mmol/kg) y el

bromo (0.38 mmol/kg) son componentes adicionados al fluido hidrotermal al mezclarse éste con el agua de mar (Prol-Ledesma *et al.*, 2002a).

Los gases de las ventilas muestran una predominancia del nitrógeno (88 %) y metano (12 %). El dióxido de carbono, argón, helio e hidrógeno se encuentran en pequeñas cantidades y solamente se observan trazas de sulfuro de hidrógeno.

MINERALIZACIÓN

Las manifestaciones hidrotermales están situadas en roca basáltica en el fondo marino y dan lugar a la sustitución de minerales de la roca original por minerales hidrotermales, así como la precipitación directa de carbonatos (calcita, aragonita), sulfatos (barita), sulfuros (pirita, cinabrio y sulfuro de talio), fosfatos (hidroxilapatita). Los minerales hidrotermales que se forman por precipitación directa del fluido se encuentran en vesículas y vetas, los sulfuros típicamente se encuentran en la parte interior de los montículos y los carbonatos en la parte externa (Prol-Ledesma *et al.*, 1999). Los depósitos hidrotermales están enriquecidos en antimonio, arsénico, bario, mercurio, talio, cesio y molibdeno (Prol-Ledesma *et al.*, 2002b).

Prol-Ledesma *et al.* (2002b) observaron cinabrio en estrecha asociación con la pirita y sulfuro de talio en agregados de hasta 10 µm. Los agregados están diseminados entre las capas de pirita y llenan las fracturas perpendiculares a las capas de pirita. La barita está presente como un producto de relleno de finas vetas (hasta 10 µm de ancho) o como cristales tabulares llenando espacios abiertos.

CAPÍTULO TRES

METODOLOGÍAS

MUESTREO

Para este estudio se realizaron cinco muestreos: tres se efectuaron en las ventilas hidrotermales submarinas ubicadas en Bahía Concepción, Baja California Sur ($26^{\circ} 43' 12''$ N y a $111^{\circ} 51' 36''$ W) en octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009; y dos en Punta de Mita, Nayarit ($20^{\circ} 44' 53.40''$ N y a los $105^{\circ} 28' 40.8''$ W) en abril de 2007 y enero de 2009. Las ventilas en ambas áreas de estudio fueron localizadas mediante el burbujeo producido en la superficie del mar por los gases que emanan estos sistemas (Fig. 9).

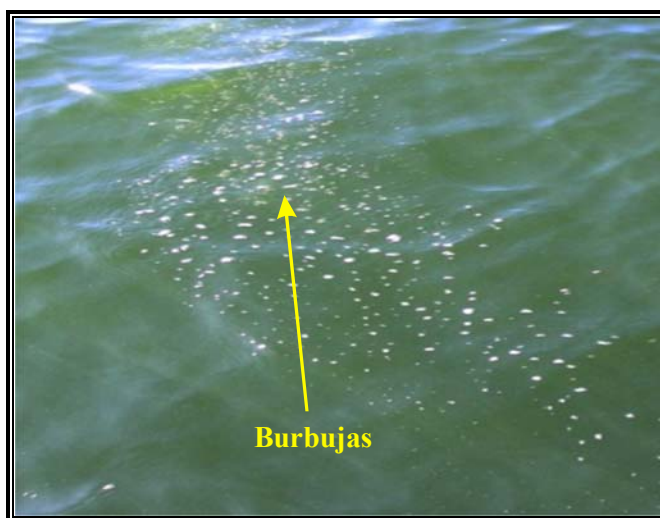


Figura 9. Burbujeo producido por los gases de las ventilas localizadas en Punta de Mita, Nayarit.

En cada localidad, las muestras se obtuvieron mediante buceo autónomo en dos zonas, una dentro de la zona de las ventilas y otra en un sitio cercano fuera de la influencia de éstas, el cual se consideró como zona de control. Para las dos primeras salidas (Oct. 06 y Feb. 08), el sitio de control se situó a $26^{\circ} 43' 26.47''$ N y $111^{\circ} 54' 28.18''$ W frente a la playa denominada

“El Burro”, aproximadamente a 70 m de la costa, con una profundidad de cinco m. En enero de 2009, el punto de control se localizó a $20^{\circ} 43' 22.2''$ N y $111^{\circ} 53' 6.6''$ W en la parte oeste de la Isla Coyote, con una profundidad también de cinco m (Fig. 10). En Punta de Mita el sitio de control se localizó hacia el oeste, en las coordenadas $20^{\circ} 44' 55.2''$ N y $105^{\circ} 29' 12.6''$ W, aproximadamente a un km de distancia de las ventilas (Fig. 11).

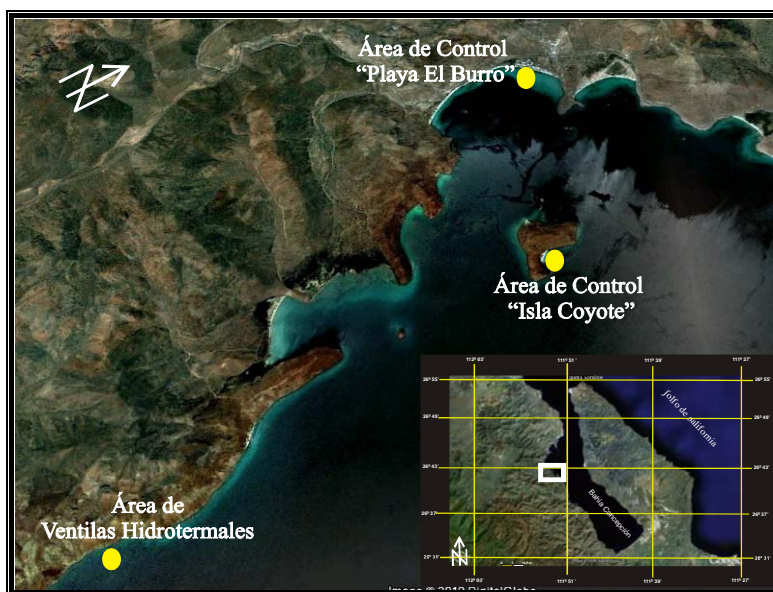


Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo localizados en Bahía Concepción, Baja California Sur, México (tomado y modificado de Google Earth).

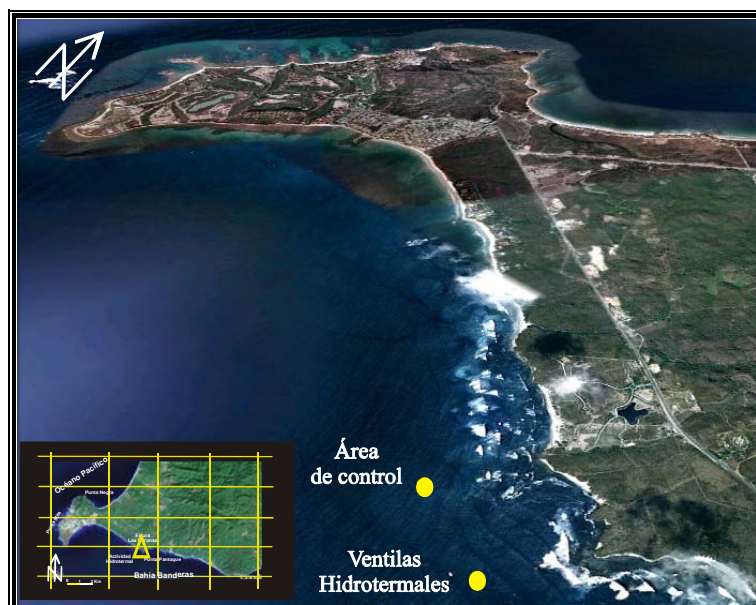


Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo frente a la playa “Punta de Mita” localizada en Punta de Mita, Nayarit, México (tomado y modificado de Google Earth).

En Bahía Concepción, en la ensenada de Mapachitos (octubre 2006, febrero 2008 y enero 2009) se obtuvieron muestras de agua de 5 l en cada una de las siguientes profundidades: 0 (superficie), 3 y 5 m (fondo), tanto en la ventila como en la zona de control. Además se tomaron muestras de sedimento (250 ml), con excepción del muestreo del 2008 debido a la presencia de fuertes marejadas. Para realizar los muestreos se utilizó una embarcación tipo “barcaza” de 25 pies de largo adaptada para turismo.

Para Punta de Mita (abril de 2007) se recolectaron 10 l de agua de mar sobre la ventila a las siguientes profundidades: superficie, 2, 5, 8 y 10 m (fondo), además muestras de sedimento (250 ml) y un trozo de roca de la boca de la “chimenea”. Cabe mencionar que las muestras para los análisis químicos obtenidas en la zona de control se perdieron por causas ajenas al equipo de trabajo, por lo cual se realizó un segundo muestreo en enero de 2009, donde las muestras de agua de mar se tomaron con una botella Niskin de 2 l sobre el área de la ventila a las siguientes profundidades: superficie, 3, 6 y 10 m (fondo), además de muestras de sedimentos mediante buceo autónomo, tanto en la zona de ventila así como en la de control. La embarcación utilizada en estos muestreos fue una lancha tipo “panga” de 20 pies de largo con motor fuera de borda.

PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS

TRABAJO DE CAMPO

La determinación de algunos parámetros fisicoquímicos se realizó *in situ*. Se recolectaron muestras de agua y se depositaron en frascos de plástico (Nalgene) de 125 ml. La temperatura, el pH y la salinidad se determinaron con un multiparámetro portátil *sensION156* marca HACH. El pH se determinó con un electrodo de vidrio combinado, el cual se calibró con soluciones *buffers* de pH 4 y 7, obteniéndose una pendiente de -58.1 mV. Para determinar la salinidad se utilizó un electrodo de conductividad, y para calibrar dicho electrodo se utilizó una solución estándar de referencia de la marca HACH.

Para los análisis de nutrientes (nitratos, nitritos, fosfatos, amonio y silicatos), las muestras de agua fueron almacenadas en frascos de 50 ml, a los que se añadieron dos gotas de cloroformo para evitar el consumo de los nutrientes por microorganismos. Posteriormente, las

muestras de agua se filtraron con filtros de 0.22 μm de diámetro de poro y se almacenaron en congelación para su posterior análisis.

TRABAJO DE LABORATORIO

El análisis químico de los nutrientes se realizó en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM utilizando la metodología propuesta por [Strickland y Parsons \(1972\)](#) y adaptada por [Kirkwood \(1994\)](#) a un sistema auto-analizador 151 Skalar San-plus de flujo segmentado continuo. Se calculó el estado trófico del área de estudio mediante la escala propuesta por [Iganatiades et al. \(1992\)](#).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para establecer alguna diferencia significativa de cada nutriente entre la zona de la ventila y la de control en las áreas de estudio y entre las dos ventilas (Bahía Concepción y Punta de Mita), se realizaron pruebas de *t-student* utilizando el programa SPSS ver. 15, donde se establecieron las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula = no existen diferencias significativas entre las concentraciones de los nutrientes en el área de ventilas y el área de control, así como entre las ventilas y los controles (ambos grupos pertenecen a la misma población) $\alpha = 0.05$.

Hipótesis experimental = existen diferencias significativas entre las concentraciones de los nutrientes en el área de ventilas y el área de control, así como entre las ventilas y los controles (ambos grupos pertenecen a distintas poblaciones) $\alpha = 0.05$.

FITOPLANCTON

TRABAJO EN CAMPO

Para realizar un análisis cualitativo del fitoplancton presente en las zonas de estudio, se efectuó un arrastre vertical para cada punto de muestreo (4), con una red de luz de malla de

64 μm (Kennish, 2001). El material recolectado fue depositado en frascos de vidrio de 250 ml con contratapa y fue fijado con una solución de formaldehído hasta obtener una concentración final del 4 % en la muestra. Este material se utilizó como apoyo para la identificación de los organismos mediante la captura de imágenes fotográficas. Asimismo, se recolectó un litro de agua para cada profundidad señalada con anterioridad para realizar un análisis cuantitativo. Además, se tomó una muestra del agua saliente de las ventilas para los mismos propósitos. Estas muestras fueron fijadas con 5 ml de Lugol, el cual es una solución acuosa concentrada de yodo-ioduro potásico (Ferrario *et al.*, 1995).

TRABAJO DE LABORATORIO

Para realizar los análisis cuantitativos de células del fitoplancton se utilizó la técnica propuesta por Utermöhl (1958) con una pequeña modificación. Esta modificación consistió en no utilizar columnas de sedimentación, sino que se utilizaron los mismos recipientes donde fue almacenada la muestra en campo, dejándola sedimentar durante cinco días. Pasado este tiempo, se redujo el volumen de la botella a 100 ml por medio de goteo lento con una manguera de un milímetro de diámetro interno registrando el volumen desechado. Este volumen, contenido en probetas de 100 ml, se dejó sedimentar durante 24 horas y se redujo a 5 ml de la misma forma antes explicada. Este volumen final se dejó sedimentar en una cámara de sedimentación de 5 ml y se observó con un microscopio invertido de la marca Zeiss modelo ICM 405, mediante el barrido de transectos diametrales a 400 aumentos. El método de conteo de las células utilizado en este estudio fue con un número mínimo de 300 células. Para hacer el cálculo de la concentración celular se utilizaron las ecuaciones propuestas por Villafañe y Reid (1995).

Se determinaron los especímenes a nivel de especie o taxón más cercano. La determinación de los organismos se realizó con base en las descripciones existentes en la literatura especializada para cada grupo:

- Diatomeas (Peragallo y Peragallo, 1908; Cupp, 1943; Cleve-Euler, 1951, 1953; Hendey, 1964; Simonsen, 1974; Moreno *et al.*, 1996; Hasle y Syversten, 1997; Round *et al.*, 1990).

- Dinoflagelados (Shiler, 1930; Wood, 1965; Taylor, 1976; Balech, 1988; Licea *et al.*, 1995; Throndsen, 1997; Steindinger y Tangen, 1997; Bernard-Therriault *et al.*, 1999).
- Cianofitas (Hum y Wicks, 1980; Dawes, 1986).
- Silicoflagelados (Throndsen, 1997).

Los organismos flagelados nanoplanctónicos (< 20 µm) no identificados se agruparon bajo la denominación de “fitoflagelados”.

Con los resultados cualitativos y cuantitativos se elaboró una lista de especies. El sistema taxonómico adoptado para el grupo de las diatomeas fue el propuesto por Round *et al.* (1990), para los dinoflagelados por Taylor (1976), para los silicoflagelados por Throndsen (1997) y para las cianofitas el de Dawes (1986).

Para jerarquizar la dominancia de las especies fitopláncticas se realizó el análisis bidimensional de Olmstead-Tuckey (Sokal y Rohlf, 1981).

BACTERIAS Y PICOPLANCTON AUTÓTROFOS

TRABAJO DE CAMPO

Para la toma de muestras de bacterias y picoplancton autótrofo, se utilizaron botellas de plástico color ámbar de 60 ml a las que se les añadió 2 ml de formaldehído al 40 % y fueron aforadas a 50 ml con la muestra de agua de mar en la que quedó una concentración final de formaldehído del 1-2 %. Una vez fijadas las muestras, se almacenaron en refrigeración a 4° C, y resguardadas de la luz para evitar que la fluorescencia natural del picoplancton autótrofo disminuyera.

TRABAJO DE LABORATORIO

Para realizar un análisis cuantitativo del picoplancton autótrofo contenido en las muestras de agua, se utilizó la metodología propuesta por Weisse (1988a), y para el bacterioplancton se utilizó la metodología propuesta por Hobbie *et al.* (1997).

Para el conteo celular se utilizó un microscopio de luz fluorescente reflejada Olympus modelo IX71 con una lámpara de mercurio USH102 (marca Ushio Electric) y una lámpara halógena de 12 V, 100 W HAL (Philips 7724), equipado con un “set” de excitación de 400-550 nm. Se contaron tantos campos como fuera necesario para llegar a un total de 400 células para cada filtro y se anotó el número de campos leídos (el campo será el área visual total del ocular) (Fig. 12).

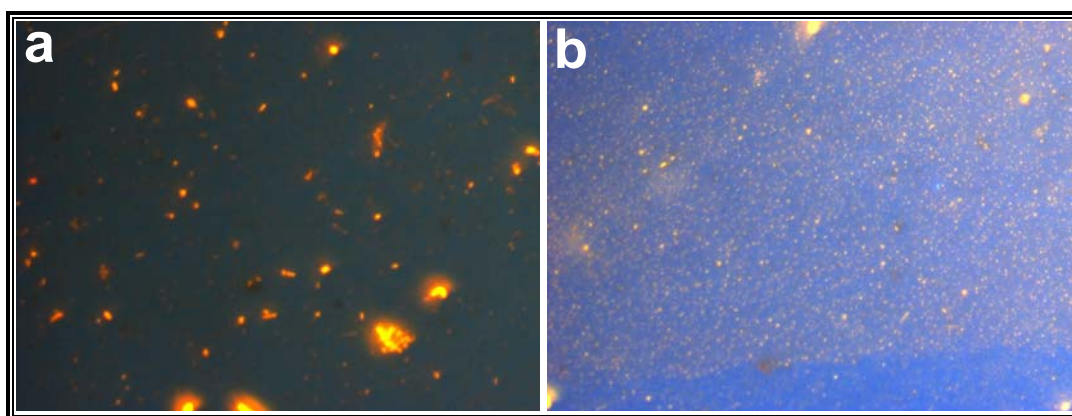


Figura 12. Imagen que muestra parte del campo observado en el microscopio de epifluorescencia: a) picoplancton, y b) bacterioplancton, para las muestras de Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción, B.C.S.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

X^2 (DISTRIBUCIÓN JI-CUADRADA DE PEARSON). Con el fin de establecer si existen diferencias significativas entre las densidades y especies del fitoplancton en las áreas de control y las ventilas, se realizó una prueba de X^2 utilizando el programa de Excel de Microsoft Office 2007.

Para llevar a cabo el estadístico X^2 se elaboraron tablas de contingencia, en donde los renglones representan los diversos niveles de uno de los criterios y las columnas representan los diversos niveles del segundo criterio. Se establecieron las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula = no existen diferencias significativas entre la composición y la densidad entre el área de las ventilas y el área de control (ambos grupos pertenecen a la misma población) $\alpha = 0.05$.

Hipótesis experimental = existen diferencias significativas entre la composición y la densidad entre el área de las ventilas y el área de control (ambos grupos pertenecen a distintas poblaciones) $\alpha = 0.05$.

ANÁLISIS COMPONENTES PRINCIPALES. Para identificar las variables abióticas y bióticas que se relacionan linealmente se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el programa estadístico SPSS ver. 15.

Nota: En el muestreo del 2007 en Punta de Mita, solo se realizó el análisis en el área de la ventila debido a que no hubo registros de parámetros ambientales para la zona de control.

MANOVA (ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LA VARIANZA). Parta establecer las diferencias significativas de un área de estudio con respecto a la otra, se realizó una prueba MANOVA utilizando el programa estadístico SPSS ver. 15.

ANÁLISIS DISCRIMINANTE. Una vez obtenidos los resultados significativos de las MANOVA se realizó un Análisis Discrimínate utilizando el programa estadístico SPSS ver. 15 para estudiar la importancia de las variables dependientes.

CLOROFILA-*a*

TRABAJO DE CAMPO

Para cada nivel de profundidad en ambas áreas de estudio se tomaron muestras de agua de mar de 500 ml para cuantificar el contenido de clorofila-*a* en ellas. [Boney \(1989\)](#) menciona que la cantidad de agua filtrada depende de la cantidad de material en suspensión y que el volumen adecuado para aguas costeras es de 500 ml.

Con anterioridad, se preparó un sistema de filtrado al vacío con filtros de nitrocelulosa Millipore de 0.45 μm de luz de malla y 47 mm de diámetro, a los cuales se les agregó previamente un mililitro de una solución de MgCO_3 (1 g de carbonato de magnesio en 100 ml de agua destilada) con la finalidad de: 1) detener material particulado, y 2) contrarrestar cualquier acidez que pueda formarse durante la extracción. Una vez filtrado el volumen total,

los filtros fueron doblados y retirados del sistema de filtrado con pinzas de punta plana y fueron colocados en papel aluminio, etiquetados y almacenados a 4° C para su posterior análisis.

TRABAJO EN LABORATORIO

Para el análisis del contenido de clorofila-*a* en las muestras, se utilizó la metodología propuesta por [Strickland y Parsons \(1972\)](#). El coeficiente de extinción de los pigmentos extraídos se determinó en un espectrofotómetro modelo Perkin-Elmer Lambda 3a UV/VIS. El contenido de clorofila-*a* en las muestras fue calculado con las formulas propuestas por [Strickland y Parsons \(1972\)](#).

De los tres muestreos realizados, sólo se presentan en este trabajo los datos de clorofila-*a* para el muestreo de enero del 2009. También el ciliado autótrofo obligado *Myrionecta rubra* (Lohmann) Jankowski 1976 (antes *Mesodinium rubrum*) fue considerado en el conteo de fitoplancton, ya que contiene cloroplastos de criptofitas endosimbióticas ([Gustafson et al., 2000](#)) y por tanto, también fue cuantificado en los análisis de clorofila-*a*.

DIATOMEAS BENTÓNICAS

TRABAJO EN CAMPO

Para conocer la composición taxonómica de las diatomeas existentes en ambas zonas de estudio, se tomaron muestras de sedimento en los primeros 5 cm de profundidad sin cuantificar el volumen y se depositaron en frascos de plástico a los que se les añadió una solución de formaldehído al 5 % hasta cubrir el sedimento para preservarlo.

TRABAJO EN LABORATORIO

Para realizar un análisis cualitativo del contenido de diatomeas en el sedimento obtenido en cada uno de los puntos de muestreo, se utilizó el método descrito por [Battarbee \(1986\)](#) ligeramente modificado, el cual consistió en remover solo tres tipos de material sedimentario, evitando colocar las muestras en la fuente de calor como lo indica la metodología, ya que las frústulas de las diatomeas se dañan:

1. *Sales solubles en ácido clorhídrico*: Se pesaron aproximadamente 2.5 g de sedimento en un vaso de precipitado, al cual se le añadió ácido clorhídrico al 10 % hasta cubrir la muestra, con el fin de eliminar carbonatos, óxidos y otras sales encontradas en la muestra dejándolo el tiempo necesario para concluir la digestión. Una vez terminada la digestión, la muestra se lavó tres veces cuidadosamente con agua destilada para eliminar los solutos. Entre cada lavada, la muestra se dejó reposar al menos 24 horas.
2. *Materia orgánica*: La materia orgánica se removió por oxidación; para esto se resuspendió la muestra en peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 10 % en un vaso de precipitado, dejándolo el tiempo necesario para concluir la digestión. El material se lavó tres veces con agua destilada y se dejó reposar por 24 horas.
3. *Material de origen mineral*: Para reducir el material mineral se utilizaron tamices de entre 75 y 10 µm de luz de malla. Las diatomeas se capturaron en la malla de 10 µm, la mayoría de las partículas de arcillas y limos quedan capturadas por encima de las 75 µm y por debajo de las 10 µm, respectivamente. La muestra capturada por encima de las 10 µm se puso en baño de ultrasonido y se recuperó el sedimento en suspensión.

Una vez removido el material sedimentario, a las muestras se les agregó una solución de etanol al 70 % para su posterior identificación, utilizando un fotomicroscopio óptico. La determinación de los organismos se realizó con base en las descripciones existentes en la literatura especializada para este grupo ([Peragallo y Peragallo, 1908](#); [Cupp, 1943](#); [Cleve-Euler, 1951, 1953](#); [Hendey, 1964](#); [Simonsen, 1974](#); [Moreno et al., 1996](#); [Hasle y Syversten, 1997](#); [Round et al., 1990](#)). Se elaboró un listado de especies de acuerdo con la clasificación adoptada y propuesta por [Round et al. \(1990\)](#), que divide a las diatomeas en: Centrales (Coscinodiscophyceae) y Penales, que estas a su vez se dividen en Rafide (Bacillariophyceae)

y Arafide (Fragilariophyceae). Además, se realizó un registro fotográfico de las especies encontradas con fines de identificación y la elaboración de láminas ilustrativas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si existe o no diferencia entre las áreas de estudio y los puntos de muestreo, éstas se compararon entre sí aplicando el índice de similitud de Jaccard (J), el cual se basa en la presencia o ausencia de las especies (Magurran, 1988).

Una vez determinada la existencia de diferencias entre las áreas de estudio, se realizó un Análisis de Factores con el fin de determinar cuáles familias, grupos y/o especies hacen esta diferencia. El objetivo del Análisis de Factores es tratar de explicar los datos en términos de un conjunto relativamente pequeño de componentes llamados factores o variables latentes.

BACTERIAS

TRABAJO DE CAMPO

Para conocer la composición taxonómica de las bacterias existentes en las ventilas hidrotermales, se tomaron muestras de sedimento de los primeros 5 cm de profundidad, y se depositaron en frascos de plástico (Nalgene) de 125 ml esterilizadas, además de un trozo de la “boca” de la chimenea de la ventila localizada en Punta de Mita. Las muestras fueron congeladas a -70° C hasta su posterior análisis en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del Instituto de Biotecnología de la UNAM.

TRABAJO EN LABORATORIO

EXTRACCIÓN TOTAL Y PURIFICACIÓN DEL ADN DE LA FRACCIÓN BACTERIANA DE LAS MUESTRAS: A cada muestra de sedimento y roca recolectados en ambas áreas de estudio se le realizó una extracción directa de ADN de los microorganismos

con el “kit” “Power Soil™ DNA Isolation” (Mo Bio Lab. Inc), de acuerdo al protocolo proporcionado por el fabricante ([Anexo 1](#)) utilizando de 0.4 a 1.0 gramos de sedimento o roca maceradas en un mortero. Se realizó el análisis de calidad mediante electroforesis en forma rutinaria utilizando un gel de agarosa al 1 % con buffer TBE (Tris/Borato/EDTA) a 80 mV, utilizando 10 µl del ADN extraído, 2 µl de colorante y 3 µl de marcador 1 Kb plus DNA Ladder (Invitrogen™) y teñido con bromuro de etidio.

AMPLIFICACIÓN POR PCR DE LOS RRNA 16S PRESENTES: Posteriormente, se realizó un PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa, por sus siglas en inglés) del 16s rRNA (16s RNA ribosomal) con el objetivo de obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular, partiendo de un mínimo, utilizando un termo-reciclador Robo Cycler 40 Stratagene en las condiciones mostradas en la [Tabla 2](#) y una Taq polimerasa recombinante del proveedor Invitrogen. El gen que codifica para el 16s rRNA se amplificó con los oligonucleótidos universales para bacterias:

515F (5'-GCGGATCCTCTAGACTGCAGTGCCAGCAGCCGC GGTA-3') y
1492R (5'-GGCTCGAGCGGCCCGCCGGGTTACCTTGTTACGA CTT-3')

Tabla 2. Condiciones del PCR 16s DNAr y ciclos programados para el termorreclador.

Condiciones		Programa		
Reactivo	Cantidad en µl	Temperatura °C	Tiempo (m)	Ciclos
Agua	54	95	3	1
Buffer 10x	10	94	1	
MgCl ₂ 25 mM	10	45	1	5
dNTPs 10 mM	10	72	1	
515F	5	94	0:45	
1492R	5	50	1	25
ADN	5	72	2	
TAQ polimerasa (ABI) 5 U/µl	1.5	72	10	1

Para observar la calidad de los PCR se realizaron electroforesis con geles de agarosa (descritas con anterioridad) y para aquellos PCR que resultaron satisfactorios, se purificaron y se extrajeron las bandas de ADN del tamaño correspondiente utilizando la solución buffer QG con el “kit” Qiaquick gel extraction kit, marca Quiagen de ROCHE Applied Science ([Anexo 2](#)).

REACCIÓN DE LIGACIÓN A UN VECTOR DE CLONACIÓN: La clonación de los productos del PCR, se hizo en el vector pCR[®]2.1-TOPO[®] de acuerdo con las indicaciones del “set” “TOPO TA[®] Cloning” de Invitrogene (Tabla 3) que contiene un gen de resistencia a la kanamicina y a la ampicilina, además este inserto interrumpe la secuencia del gen lacZα permitiendo la elección entre colonias blancas y azules en presencia de X-gal.

Para realizar la ligación, se utilizaron cuatro µl del la reacción de ligación en 10 µl de células electrocompetentes de una colonia aislada de la cepa TOP10 de *Escherichia coli* (Anexo 3). La electrotransformación se efectuó en celdas de 0.1 cm de la marca BIO RAD utilizando un electroporador de la marca MicroPulser a 1.8 Kv ~ 0.5 ms. Una vez realizada la transformación se resuspendieron en 800 µl de medio LB (Luria-Bertoni) y se dejaron incubar a 37° C en agitación constante durante una hora.

Tabla 3. Condiciones utilizadas para realizar la ligación a las células de *E. coli*.

Reactivos	Electrocomponente <i>E. coli</i>
Producto PCR	4 µl
Solución salina diluida	1 µl
TOPO [®] vector	1 µl
Volumen final	6 µl

Una vez realizada la ligación, el producto se vertió en cajas de Petri (300 µl en una y el resto en otra caja) preparadas con medio LB con 250 µl de Kanamicina, 200 µl de Ampicilina, 150 µl de X-gal (5-bromo-4-chloro-3-indolyl-beta-D-galactopiranosido) y 25 µl de IPTG 0.1 mM (isopropyl-β-D-tiogalactopiranosido), dejándolas incubar por 12 horas a 37° C. Transcurrido el tiempo, las cajas petri fueron colocadas en refrigeración por dos horas para después “picar” las colonias que se formaron (se pican las colonias de color blanco), y se colocaron en tubos de ensaye con tapón con 100 ml de LB y 250 µl de kanamicina dejándolas incubar a 37° C durante 12 horas y en agitación a 300 rpm.

EXTRACCIÓN DEL PLÁSMIDO: Para la extracción del plásmido inserto en la cepa de *E. coli* se realizó por el método de lisis alcalina utilizando el “kit” High pure Plasmid Isolation de Roche Applied Science siguiendo el protocolo descrito por el fabricante (Anexo 4). El inserto se introdujo en ese plásmido empleando secuencias de

corte específicas para la enzima de restricción EcoRI. Las clonas con inserto se seleccionaron de acuerdo con el tamaño del plásmido observado en un gel de agarosa al 1 %.

SECUENCIACIÓN DE LOS ADN_R 16S CLONADOS: Una vez seleccionadas las muestras que contenían el inserto, se mandaron a secuenciar a la Unidad de Síntesis y Secuenciación del Instituto de Biotecnología de la UNAM, en un equipo Perkin Elmer/Applied Biosystems modelo 3730 con capacidad para procesar 96 muestras, utilizando el método Taq FS Dye Terminator Cycle Sequencing Fluorescence-Based Sequencing.

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS PARCIALES ADN_R 16S CLONADOS: Las secuencias que se obtuvieron fueron editadas y alineadas en el programa BioEdit Sequence Alignment Editor ver. 7.0.9.0, para después compararlas con secuencias registradas en la base de datos del GenBank utilizando el programa BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> y así conocer las clonas que se encuentran en las dos áreas de estudio.

El programa BLAST despliega en orden descendiente las secuencias más parecidas que se encuentran en su base de datos, por lo que se trabajó principalmente con aquellas que presentaron arriba del 90 % de máxima identidad para género y arriba del 97 % para especie (Janda y Abbott, 2007).

CONSTRUCCIÓN DE ÁRBOLES FILOGENÉTICOS: Para la reconstrucción de las relaciones filogenéticas, se utilizó el método de Agrupamiento de Vecinos (Neighbor-Joining) (Saitou y Nei, 1987). Este método tiene como fundamento principal que los organismos más parecidos deben de ser los más emparentados (se considera que representan la historia evolutiva de los taxones analizados). Para este alineamiento se utilizó un “bootstrap” de 1,000 réplicas (Felsenstein, 1985). El árbol se dibuja a escala, y las longitudes de las ramas tienen las mismas unidades que las de las distancias evolutivas utilizadas para inferir el árbol filogenético. Estas distancias evolutivas se calcularon utilizando el método de Máxima Verosimilitud Compuesto (Tamura *et al.*, 2004) y se encuentran en las unidades del número de sustituciones de bases por sitio. Todas las posiciones con “gaps” y datos faltantes fueron

eliminados del conjunto de datos (Opción de Borrado Completo). Los análisis filogenéticos se realizaron con el paquete MEGA4 ([Tamura *et al.*, 2007](#)).

CAPÍTULO CUATRO

RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

BAHÍA CONCEPCIÓN

A lo largo de la columna de agua, las salinidades registradas en los tres muestreos fueron homogéneas, tanto en la zona de ventilas, como en la zona de control. En octubre de 2006 los valores fueron de 34.2, en febrero de 2008 oscilaron entre 33.8 y 33.9, ligeramente más bajos que el muestreo anterior. Por último, los valores en enero de 2009 variaron de 33.9 a 34.1 (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos registrados en el área de Bahía Concepción en los años 2006, 2008 y 2009.

Octubre 2006				Febrero 2008				Enero 2009										
Ventila		Control		Ventila		Control		Ventila		Control								
Prof. m	Temp. °C	Sal.	pH	Temp. °C	Sal.	pH	Temp. °C	Sal.	pH	Temp. °C	Sal.	pH						
0	27.5	34.2	8.4	27.5	34.2	8.4	17.9	33.8	8.4	17.0	33.9	8.6	18.8	34.1	8.4	18.9	34.1	8.3
3	27.4	34.2	7.4	27.3	34.2	8.4	17.9	33.8	8.4	17.5	33.9	8.5	19.5	33.9	8.4	18.8	34.0	8.3
5	27.3	34.2	6.6	27.4	34.2	8.1	17.4	33.8	8.0	17.3	33.8	8.4	19.0	33.9	8.4	18.4	34.0	8.3

La temperatura en octubre de 2006 fue de 27° C con pequeñas variaciones de dos décimas de grado en toda la columna de agua, tanto en la zona de control como en la de la ventila. En febrero de 2008, la temperatura en la zona de la ventila fue ligeramente más alta en la superficie (17.9° C) que en el fondo (17.4° C), mientras que en la zona de control la temperatura más fría fue en la superficie (17.0° C). En enero de 2009 oscilaron entre 18.8 y 19.5° C, siendo la zona de la ventila ligeramente más cálida que la zona de control (Fig. 13).

Con respecto al pH, en las muestras provenientes de la zona de la ventila en octubre de 2006, el valor de este parámetro varió de 8.4 en la superficie a 6.6 en el fondo y en la zona de control de 8.4 a 8.1. Asimismo, en febrero de 2008 en la zona de la ventila bajó ligeramente de la superficie al fondo, de 8.4 a 8.0 y en la zona de control de 8.6 a 8.4. Por último, en enero de 2009, tanto en la zona de la ventila como en la zona control, presentó una distribución homogénea a lo largo de la columna de agua, con valores de 8.4 y 8.3, respectivamente (Fig. 13).

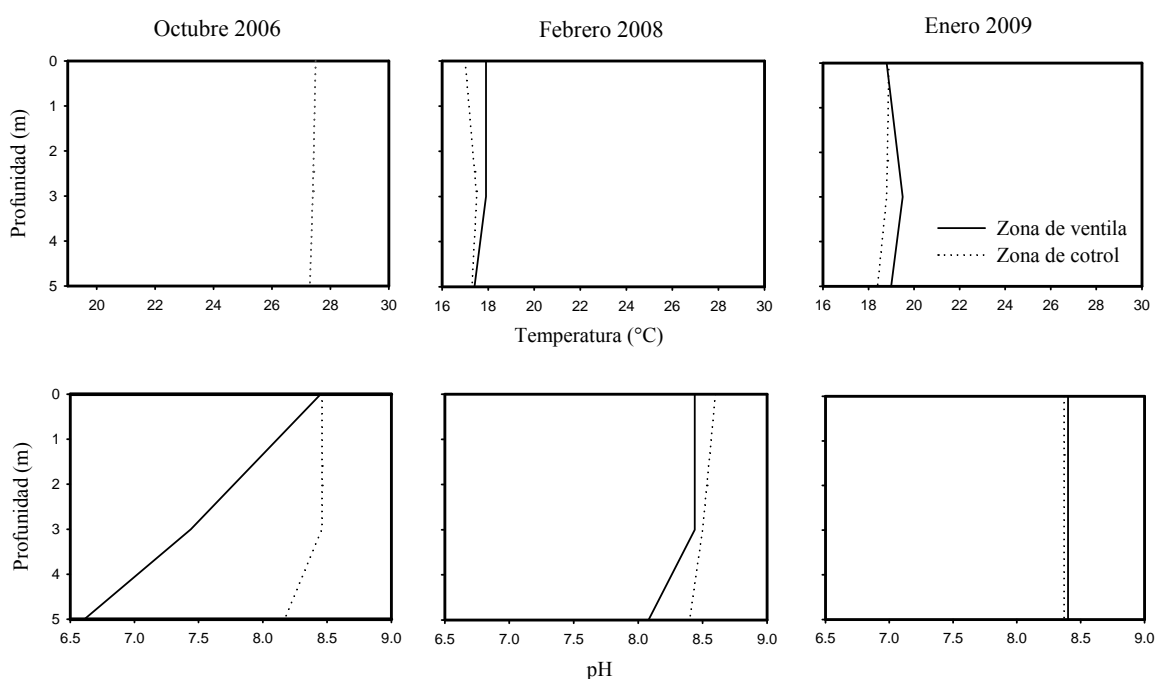


Figura 13.- Perfiles de temperatura y pH de los muestreos efectuados en 2006, 2008 y 2009 en la zona de ventilas hidrotermales y la zona de control en Bahía Concepción, B. C. S.

NUTRIENTES. Amonio. En febrero de 2008, las concentraciones de amonio en la zona de control variaron de 0.43 a 0.49 μM , y en la zona de la ventila de 0.47 μM en la superficie a 0.60 μM en el fondo. En enero de 2009, en la zona de control, el valor máximo (4.09 μM) se registró en la superficie, y el mínimo (0.82 μM) a 3 m de profundidad. En la zona de la ventila los valores variaron de 0.51 μM (superficie) a 0.64 μM a 5 m de profundidad (Tabla 5).

Fosfatos. En la zona de control (febrero 2008), presentaron una concentración casi homogénea a lo largo de la columna de agua, mientras que en la zona de la ventila varió de

1.65 a 2.87 μM , mientras que en enero de 2009, las concentraciones en la zona de la ventila la variación fue de 1.56 μM en superficie a 3.33 μM en el fondo. En la zona de control los valores fueron más altos que con un máximo de 8.35 μM (Tabla 5).

Silicatos. En febrero de 2008, los valores más altos se presentaron en la zona de la ventila con un máximo de 10.08 μM a 5 m de profundidad, y en la zona de control los valores fluctuaron entre 3.76 y 5.34 μM . En enero de 2009, en la zona de control se registró una variación de 6.69 a 8.23 μM . En la zona de la ventila de 5.30 a 8.48 μM (Tabla 5).

Nitratos. En febrero de 2008, en la zona de la ventila el valor máximo se registró a 5 m de profundidad con un valor de 1.99 μM , y en la zona de control los valores variaron de 1.04 a 1.29 μM . En enero de 2009, la concentración en la zona de la ventila varió de 0.12 a 0.46 μM , mientras que en la zona de control la variación fue de 0.10 a 0.34 μM (Tabla 5).

Nitritos. En la zona de control (febrero 2008), los valores variaron de 2.99 a 4.29 μM , y en la zona de la ventila de 3.85 a 5.39 μM . En enero de 2009, en la zona de control fueron más altos que los registrados en la zona de la ventila ya que la variación fue de 3.71 a 11.85 μM , y en la zona de la ventila fueron de 2.15 a 2.77 μM (Tabla 5).

La relación de Redfield (N:P, 16:1) en estos resultados no se cumplen, ya que en febrero de 2008 la relación fue, en la zona de control, 2.9:1 y en la zona de ventilas de 2.8:1. Asimismo, en enero de 2009 la relación en la zona de control fue de 1.8:1 y en la de ventilas fue de 1.24:1.

Tabla 5. Resultados de los nutrientes registrados en 2008 y 2009 en el área de la Ensenada de Mapachitos y áreas de control (Bahía Concepción, B. C. S.). La concentración está dada en μM y la profundidad en metros.

	Prof.	Febrero 2008					Enero 2009				
		NH_4	PO_4	SiO_2	NO_3	NO_2^-	NH_4	PO_4	SiO_2	NO_3	NO_2
Ventila	0	0.47	2.63	7.15	0.8	3.85	0.51	1.56	8.48	0.12	2.37
	3	0.49	1.65	4.66	0.76	4.44	0.6	2.36	5.3	0.25	2.15
	6	0.6	2.87	10.08	1.99	5.39	0.64	3.33	7.14	0.46	2.77
Control	0	0.43	1.89	5.34	1.29	4.29	4.09	8.35	6.69	0.1	5.66
	3	0.49	1.8	3.76	1.04	4.19	0.82	2.98	8.19	0.11	11.9
	6	0.42	1.93	3.97	1.23	2.99	0.93	4.04	8.23	0.34	3.71

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: Los resultados del análisis de la *t-student* muestran que los valores de la probabilidad calculados son mayores a la probabilidad de 0.05 con cuatro grados de libertad (Tabla 6), lo que significa que hay muy pocas probabilidades de que las muestras vengan de diferentes poblaciones. Dicho de otra manera, no hubo diferencias significativas entre la zona de la ventila y la zona de control en los muestreos realizados en 2008 y 2009, por lo que se rechaza la hipótesis experimental que dice “ambos grupos pertenecen a distintas poblaciones, $\alpha = 0.05$ ”.

Tabla 6. Resultados del análisis *t-student* realizado a los datos de nutrientes en Bahía Concepción en los años 2008 y 2009 entre la zona de ventilas y la zona de control. t_c = t calculada y p =valor de la probabilidad en el valor *t* calculado.

		t_c	p			t_c	p
Bahía Concepción 2008 (Ventila vs Control)	SiO ₂	1.79	0.15	Bahía Concepción 2009 (Ventila vs Control)	SiO ₂	-0.69	0.53
	PO ₄	1.36	0.30		PO ₄	-1.57	0.19
	NO ₂	1.20	0.30		NO ₂	-1.89	0.19
	NO ₃	-0.01	0.99		NO ₃	0.74	0.50
	NH ₄	1.60	0.19		NH ₄	-1.27	0.33
	NID	0.83	0.45		NID	-2.58	0.06

PUNTA DE MITA

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el área de estudio se muestran en la Tabla 7. La salinidad registrada en la zona de la ventila en abril de 2007 fue de 30.3. La temperatura mostró una ligera variación que fue de 26.3 a 26.7° C. El pH en la superficie fue de 7.26 y en el resto de la columna de agua varió entre 8.12 y 8.15. Cabe recordar, que en la zona de control no se obtuvieron resultados en los parámetros fisicoquímicos. En enero de 2009 la salinidad en ambas zonas (control y ventila) fue de 31, con una variación de temperatura que fue de los 22.4 a 23.5° C. El pH fue de 8.1 en toda la columna de agua en ambas zonas.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos registrados en el área de Punta de Mita en 2007 y 2009.

Abril 2007				Enero 2009									
Ventila				Control									
Prof. m	Temp. °C	Sal.	pH	Temp. °C	Sal.	pH	Prof. m	Temp. °C	Sal.	pH	Temp. °C	Sal.	pH
0	26.7	30.3	7.26	-	-	-	0	23.5	31.1	8.1	23.1	31.0	8.1
2	26.4	30.2	8.15	-	-	-	3	22.7	31.4	8.1	23.0	31.0	8.0
5	26.3	30.3	8.15	-	-	-	6	23.4	31.0	8.1	22.4	31.0	8.0
8	26.4	30.3	8.14	-	-	-	10	23.0	30.8	8.1	22.9	31.0	8.1
10	26.6	30.3	8.12	-	-	-							

NUTRIENTES. Amonio. En enero de 2009, en la zona de la ventila el máximo se presentó en superficie (0.98 μM) y el mínimo a tres m (0.13 μM), mientras que en la zona de control el mínimo fue en la superficie (0.31 μM) y el máximo a en el fondo (1.49 μM) (Tabla. 8).

Fosfatos. En la zona de la ventila oscilaron entre 3.10 y 4.46 μM , y en la zona de control las concentraciones fueron menores con una variación de 1.22 a 3.71 μM (Tabla 8).

Silicatos. Las concentraciones en la zona de la ventila tuvieron una variación de 5.12 a 9.57 μM . En la zona de control las concentraciones más altas se registraron a 10 m de profundidad con un valor de 15.04 μM (Tabla 8).

Nitratos. En la zona de la ventila la concentración varió de 0.13 a 0.98 μM . En la zona de control las concentraciones más altas se registraron a los 10 m de profundidad, con valores de 1.49 μM (Tabla 8).

Nitritos. La concentración máxima de nitritos en la zona de las ventilas se registró en el fondo con 4.98 μM ; en la zona de control la variación fue de 3.31 (superficie) a 6.81 μM (fondo) (Tabla 8).

Al igual que en Bahía Concepción, la relación de Redfield (N:P, 16:1) en estos resultados no se cumplen, ya que la relación fue, en la zona de control, 3.1:1 y en la zona de ventilas de 1.3:1.

Tabla 8. Resultados de los nutrientes registrados en 2009 en el área de Punta de Mita. La concentración está dada en μM y la profundidad en metros.

		Ene-09					
		Prof.	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	NO ₃	NO ₂
Ventila	0		0.81	3.49	9.57	0.98	3.91
	3		0.73	3.10	5.12	0.13	2.57
	6		0.55	3.26	6.98	0.65	2.73
	10		0.69	4.46	5.09	0.21	4.98
Control	0		0.49	2.20	7.06	0.31	3.31
	3		0.58	1.73	7.06	0.45	4.21
	6		1.25	1.22	10.54	0.90	6.74
	10		0.90	3.71	15.04	1.49	6.81

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: Los resultados de los análisis de la *t-student* indican que los valores de la probabilidad calculada son mayores que la probabilidad de 0.05 con seis grados de libertad en las muestras de Punta de Mita (ventila y control) y cinco grados de libertad en las muestras de las ventilas y las áreas de control de ambas zonas de estudio (Punta de Mita y Bahía Concepción), todas en el 2009. Esto significa que las probabilidades de que las muestras provengan de diferentes poblaciones son muy pocas; esto es, no hubo diferencias significativas entre las muestras de la zona de las ventilas y la zona de control en Punta de Mita, así como entre las ventilas de Punta de Mita y Bahía Concepción, así como entre sus áreas de control; por lo que se rechaza la hipótesis experimental (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados del análisis *t-student* realizados a los datos de nutrientes en Punta de Mita entre la zona de ventilas y la zona de control, entre las ventilas de Punta de Mita y Bahía Concepción y sus áreas de control en el año 2009. gl= grados de libertad, $t_c = t$ calculada y p =valor de la probabilidad en el valor t calculado.

		gl	t	p			gl	t	p			gl	t	p
Punta de Mita 2009 (Ventila vs Control)	SiO ₂	6	-1.49	0.19	Ventilas 2009 (PM vs BC)	SiO ₂	5	-0.19	0.86	Controles 2009 (PM vs BC)	SiO ₂	5	0.98	0.37
	PO ₄	6	2.21	0.07		PO ₄	5	2.07	0.09		PO ₄	5	-1.92	0.11
	NO ₂	6	-1.64	0.15		NO ₂	5	1.64	0.16		NO ₂	5	-0.78	0.47
	NO ₃	6	-0.88	0.41		NO ₃	5	0.87	0.42		NO ₃	5	1.87	0.12
	NH ₄	6	-0.61	0.57		NH ₄	5	1.53	0.19		NH ₄	5	-1.24	0.27
	NID	6	-1.49	0.19		NID	5	1.88	0.12		NID	5	-0.96	0.38

FITOPLANCTON

En este estudio se identificaron 311 especies de fitoplancton y una especie de ciliado repartidos en 75 familias, abarcando siete grupos, las cuales se mencionan en la siguiente lista taxonómica:

Bacillariophyta

Bacillariophyceae

Achnanthes

Achnantheaceae

Achnanthe sp.

Achnanthes curvirostrum Brun, 1895

Cocconeidaceae

Cocconeis placentula Ehrenberg, 1838

Cocconeis scutellum Ehrenberg, 1838

Cocconeis sp.

Surirellales

Entomoneidaceae

Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg, 1845

Entomoneis paludosa (Smith) Reimer, 1975

Campylodiscus clypeus Ehrenberg, 1840

Surirella fastuosa var. *recedens* (Schmidt) Cleve, 1878

Bacillariales

Bacillariaceae

Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann y Lewin, 1964

Fragilariopsis doliolus (Wallich) Medlin y Sims, 1993

Neodenticula seminae (Simonsen y T. Kanaya) Akiba y Yanagisawa, 1986

Nitzschia bicapitata Cleve, 1901

Nitzschia gandersheimiensis Krasske, 1927

Nitzschia longissima (Brébisson) Grunow, 1861

Nitzschia sicula (Castracane) Hustedt, 1958

Nitzschia sigma (Kützing) Wm. Smith, 1853

Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) Wm. Smith, 1853

Nitzschia sp.

Psammodictyon panduriforme (Gregory) Mann, 1990

Pseudoguinaridia recta von Stosch, 1986

Pseudo-nitzschia delicatissima (Cleve) Heiden, 1928

Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle, 1993

Pseudo-nitzschia pungens (Grunow ex Cleve) Hasle, 1965

Pseudo-nitzschia subfraudulenta (Hasle) Hasle, 1965

Tryblionella sp.

Thalassionemataceae

Lioloma elongatum (Grunow) Hasle, 1997

Lioloma pacificum (Cupp) Hasle, 1997

Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Tempère y Peragallo ex Hallegraeff, 1986

Thalassionema nitzschiodes (Grunow) Hustedt, 1932

Thalassiothrix lomgissima Cleve y Grunow, 1880

Eupodiscaceae

Odontella aurita (Lyngbye) Agardh, 1832

Climascopheniales

Climascopheniaceae

- Climacosphenia moniligera* Ehrenberg, 1843
- Lyrellales
- Lyrellaceae
- Petroneis grannulata* (Bailey) Mann in Round, 1990
- Naviculales
- Diploneidaceae
- Diploneis obliqua* (Brun) Hustedt, 1937
- Diploneis* sp.
- Naviculaceae
- Haslea frauenfeldii* (Grunow) Simonsen, 1974
- Haslea gigantea* (Hustedt) Simonsen, 1974
- Haslea wawrikan* (Hustedt) Simonsen, 1974
- Lyrella clavata* (Gregory) Mann, 1990
- Lyrella lyra* (Ehrenberg) Karayeva, 1978
- Lyrella* sp.
- Meuniera membranaceus* (Cleve) Silva, 1996
- Navicul* sp.
- Navicul* sp. 1
- Navicula* sp. 2
- Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve, 1894
- Pinnulariaceae
- Pinnularia* sp.
- Pleurosigmataceae
- Donkinia recta* (Donkin) Carruthers, 1864
- Gyrosigma balticum* (Ehrenberg) Rabenhorst, 1853
- Gyrosigma* sp.
- Pleurosigma diverse-striata* Meister, 1935
- Pleurosigma normanii* Ralfs, 1861
- Pleurosigma rhombeum* Grunow, 1880
- Pleurosigma* sp.
- Coscinodiscophyceae
- Melosiriales
- Stephanopyxidaceae
- Stephanopyxis palmeriana* (Greville) Grunow, 1884
- Stephanopyxis turris* (Arnott) Ralfs, 1861
- Lithodesmiales
- Lithodesmiaceae
- Ditylum brightwellii* (West) Grunow, 1885
- Helicotheca tamesis* (Shrubsole) Ricard, 1987
- Lithodesmium undulatum* Ehrenberg, 1839
- Biddulphiales
- Biddulphiaceae
- Biddulphia biddulphiana* (Smith) Boyer, 1901
- Eucampia cornuta* (Cleve) Grunow, 1882
- Eucampia zodiacus* Ehrenberg, 1839
- Chaetocerotales
- Chaetocerotaceae
- Bacteriastrum comosum* Pavillard, 1916
- Bacteriastrum delicatulum* Cleve, 1897
- Bacteriastrum elegans* Pavillard, 1916
- Bacteriastrum elongatum* Cleve, 1897
- Bacteriastrum furcatum* Shadbolt, 1854
- Bacteriastrum hyalinum* Lauder, 1864
- Chaetoceros affinis* Lauder, 1864
- Chaetoceros anastomosans* Grunow, 1882
- Chaetoceros atlanticus* Cleve, 1873

- Chaetoceros brevis* Schütt, 1895
Chaetoceros coarctatus Lauder, 1864
Chaetoceros compressus Lauder, 1864
Chaetoceros curvisetus Cleve, 1889
Chaetoceros danicus Cleve, 1889
Chaetoceros debilis Cleve, 1894
Chaetoceros decipiens Cleve, 1873
Chaetoceros didymus Ehrenberg, 1845
Chaetoceros difficilis Cleve, 1900
Chaetoceros lacinosus Schütt, 1895
Chaetoceros lorenzianus Grunow, 1863
Chaetoceros messanensis Castracane, 1875
Chaetoceros perpusillus Cleve, 1897
Chaetoceros peruvianus Brightwell, 1856
Chaetoceros pseudocurvisetus Mangin, 1910
Chaetoceros radicans Schütt, 1895
Chaetoceros rostratus Lauder, 1864
Chaetoceros simplex Ostenfeld, 1901
Chaetoceros socialis Lauder, 1864
Chaetoceros sp.
Chaetoceros teres Cleve, 1896
Chaetoceros throndsenii Marino, Montresor y Zingone, 1991
Chaetoceros tortissimus Gran, 1900
Chaetoceros wighamii Brightwell, 1856
- Corethrales
- Corethraceae
- Corethron hystrix* Hensen, 1887
- Asterolamprales
- Asterolampraceae
- Asteromphalus arachne* (Brébisson) Ralfs, 1861
Asteromphalus heptactis (Brébisson) Ralfs, 1861
Asteromphalus petterssonii (Kolbe) Thornington-Smith, 1970
- Coscinodiscales
- Coscinodiscaceae
- Coscinodiscus concinnus* Smith, 1856
Coscinodiscus gigas Ehrenberg, 1841
Coscinodiscus granii Gough, 1905
Coscinodiscus perforatus Ehrenberg, 1844
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg, 1839
Coscinodiscus sp.
- Heliopeltacea
- Actinoptychus campanulifer* Schmidt, 1875
Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843
- Hemidiscaceae
- Actinocyclus curvatulus* Janisch, 1878
Actinocyclus octonarius Ehrenberg, 1838
Actinocyclus octonarius var. *tenellus* (Brébisson) ex Villareal y Fryxell, 1983
Azpeitia nodulifera (Schmidt) Fryxell y Sims, 1986
Hemidiscus cuneiformis Wallich, 1860
- Hemiaulales
- Hemiaulaceae
- Cerataulina pelagica*(Cleve) Hendey, 1937
Climacodium frauenfeldianum Grunow, 1868
Hemiaulus hauckii Grunow, 1882
Hemiaulus membranaceus Cleve, 1873
Hemiaulus sinensis Greville, 1865

- Bellerocheaceae
 - Bellerochea malleus* (Brightwell) Van Heurck Emend. von Stosch, 1977
- Leptocylindrales
 - Leptocylindraceae
 - Leptocylindrus danicus* Cleve, 1889
 - Leptocylindrus mediterraneus* (Peragallo) Hasle, 1975
 - Leptocylindrus minimus* Gran, 1912
- Enliales
 - Enliaceae
 - Enlia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, 1873
- Rhizosoleniales
 - Rhizosoleniaceae
 - Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle, 1996
 - Dactyliosolen phuketensis* (Sundström) Hasle, 1997
 - Guinardia delicatula* (Cleve) Hasle, 1996
 - Guinardia flaccida* (Castracane) Peragallo, 1892
 - Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle, 1997
 - Neocalyptrella robusta* (Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril y Meave del Castillo, 1997
 - Proboscia alata* (Brightwell) Sundström, 1986
 - Proboscia alata f. gracillima* (Cleve) Licea y Moreno-Ruiz, 1996
 - Proboscia alata f. indica* (Peragallo) Licea y Moreno, 1996
 - Proboscia indica* (Peragallo) Hernández-Becerril, 1996
 - Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundström, 1981
 - Rhizosolenia acuminata* (Peragallo) Peragallo, 1892
 - Rhizosolenia bergonii* Peragallo, 1892
 - Rhizosolenia clevei* Ostefeld, 1902
 - Rhizosolenia crassa* Schimper, 1905
 - Rhizosolenia debyana* Peragallo, 1892
 - Rhizosolenia hyalina* Ostefeld, 1901
 - Rhizosolenia imbricata* Brightwell, 1858
 - Rhizosolenia pungens* Cleve-Euler, 1937
 - Rhizosolenia setigera* Brightwell, 1858
 - Rhizosolenia styliformis* Brightwell, 1858
 - Rhizosolenia temperei* Peragallo, 1888
- Thalassiosirales
 - Skeletonemaceae
 - Skeletonema pseudocostatum* Medlin, 1991
 - Stephanodiscaceae
 - Cyclotella af. Caspia* Grunow, 1878
 - Cyclotella meneghiniana* Kützing, 1844
 - Thalassiosiraceae
 - Thalassiosira diporocyclus* Hasle, 1972
 - Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, 1904
 - Thalassiosira mala* Takano, 1965
 - Thalassiosira minima* Gaarder, 1951
 - Thalassiosira rotula* Meunier, 1910
 - Thalassiosira subtilis* (Ostefeld) Gran, 1900
 - Thalassiosira* sp
 - Detonula pumila* (Castracane) Gran, 1900
 - Planktoniella sol* (Wallich) Schütt, 1892
 - Triceratiaceae
 - Triceratium favus* Ehrenberg, 1839
 - Catenulaceae
 - Amphor* sp.
 - Amphora arenaria* Donkin, 1858

- Amphora ovalis* (Kützing) Kützing, 1844
- Amphora proteus* Gregory, 1857
- Amphora veneta* Kützing, 1844
- Lauderiaceae
 - Lauderia annulata* Cleve, 1873
- Fragilariophyceae
 - Thalassionematales
 - Thalassionemataceae
 - Thalassionema bacillares*
 - Thalassionema frauendeldii* (Grunow) Tempere y Perigallo, CF
 - Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Husted CF
 - Thalassionema nitzschioides* var *claviformis* (Shrader) Moreno-Ruiz i: Moreno-Ruiz y Carreño CF, MEB
 - Thalassiothrix longissima*. Cleve y Grunow in: Cleve y Möller, 1878.
 - Striatellales
 - Striatellaceae
 - Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing, 1844
 - Striatella unipunctata* (Lyngbye) Agardh, 1832
 - Licmophorales
 - Licmophoraceae
 - Licmophora flabellata* (Greville) Agardh, 1831
 - Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow, 1867
 - Flagillareceae
 - Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, 1990
 - Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, 1990
- Pyrophytophyta
 - Dinophyceae
 - Actinisciales
 - Actiniscaceae
 - Achradina pulchra* Lohmann, 1902.
 - Actiniscus pentasterias* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1854
 - Dinophysiales
 - Dinophysiaceae
 - Dinophysis caudata* Saville Kent, 1881
 - Dinophysis doryphora* (Stein) Abé, 1967
 - Dinophysis fortii* Pavillard, 1923
 - Dinophysis mitra* (Schütt) Abé, 1967
 - Dinophysis operculata* (Stein) Balech, 1967
 - Dinophysis porodictyum* (Stein) Balech, 1967
 - Dinophysis pusilla* Jörgensen, 1923
 - Histioneis striata* Kofoid y Michener, 1911
 - Amphisoleniaceae
 - Oxyphysis oxytoxoides* Kofoid, 1926
 - Gonyaulacales
 - Calciodinellaceae
 - Scrippsiella* sp.
 - Scrippsiella trochoidea* (Stein) Steidinger y Balech, 1977
 - Ceratiaceae
 - Neoceratium arietinum* (Cleve) Gómez, Moreira y López-García, 2009
 - Neoceratium balechii* (Meave del Castillo, Okolodkov y Zamudio) Gómez, Moreira y López-García, 2009
 - Neoceratium breve* (Ostenfeld y Schmidt) Gómez, Moreira y López-García, 2009

- Neoceratium breve* var. *Enllemum* (Schmidt) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium candelabrum* (Ehrenberg) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium contortum* (Gourret) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium falcatiforme* (Jørgensen) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium falcatum* (Kofoid) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium furca* (Ehrenberg) Claparède y Lachmann, 1859
- Neoceratium furca* (Ehrenberg) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium furca* var. *eugrammum* (Ehrenberg) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium furca* var. *hircus* (Schröder) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium fusus* (Ehrenberg) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium gibberum* (Gourret) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium horridum* (Cleve) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium kofoidii* (Jørgensen) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium lineatum* (Ehrenberg) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium macroceros* (Ehrenberg) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium massiliense* (Gourret) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium minutum* (Jørgensen)
- Neoceratium pentagonum* (Gourret) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium tripos* (Müller) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Neoceratium vultur* (Cleve) Gómez, Moreira y López-García, 2009
- Pyrocystaceae
- Pyrocystis noctiluca* Murray ex Haeckel, 1890
- Pyrocystis robusta* Kofoid, 1907
- Goniodomataceae
- Goniodoma polyedricum* (Pouchet) Jørgensen, 1899
- Gonyaulacaceae
- Amphidoma caudatum* Halldal, 1953
- Gonyaulax jolliffei* Murray y Whitting, 1899
- Gonyaulax polygramma* Stein, 1883
- Gonyaulax spinifera* (Claparède et Lachmann) Diesing, 1866
- Gonyaulax turbynei* Murray y Whitting, 1899
- Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge, 1989
- Protoceratium spinulosum* (Murray y Whitting) Schiller, 1937
- Oxytoxaceae
- Oxytoxum sceptrum* (Stein) Schröder, 1900
- Pyrophacaceae
- Pyrophacus horologium* Stein, 1883
- Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall y Dale, 1971
- Protoperidinaceae
- Protoperidinium abei* (Paulsen) Balech, 1974
- Protoperidinium bipes* (Paulsen) Balech, 1974
- Protoperidinium brochii* (Kofoid y Swezy) Balech, 1974
- Protoperidinium conicum* (Gran) Balech, 1974
- Protoperidinium depressum* (Bailey) Balech, 1974
- Protoperidinium divergens* (Ehrenberg) Balech, 1974
- Protoperidinium grande* (Kofoid) Balech, 1974
- Protoperidinium granii* (Ostenfield) Balech, 1974
- Protoperidinium hirobis* (Abé) Balech, 1974
- Protoperidinium latispinum* (Mangin) Balech, 1974
- Protoperidinium latissimum* (Kofoid) Balech, 1974
- Protoperidinium mite* (Pavillard) Balech, 1974
- Protoperidinium oceanicum* (Vanhöffen) Balech, 1974

- Protoperidinium oviforme* (Dangeard) Balech, 1974
Protoperidinium ovum (Schiller) Balech, 1974
Protoperidinium pentagonum (Gran) Balech, 1974
Protoperidinium pyriforme (Paulsen) Balech, 1974
Protoperidinium quarnerense (Schröder) Balech, 1974
Protoperidinium sp.
Protoperidinium venustum (Matzenauer) Balech, 1974
Diplopelta asymmetrica (Mangin) Lebour, 1925
Diplopsalopsis bomba (Stein ex Jörgensen) Dodge y Toriumi, 1993
- Gymnodiniales
- Gymnodiniaceae
- Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) Hansen y Moestrup, 2000
Alexandrium catenella (Whedon y Kofoid) Balech, 1985
Alexandrium sp.
Amphidinium sphenoides Wulff, 1916
Gymnodinium catenatum Graham, 1943
Gymnodinium galeatum Larsen, 1994
Gymnodinium gelbum Kofoid, 1931
Gymnodinium gracile Bergh, 1881
Gymnodinium mirabile Pénard, 1891
Gymnodinium mitratum Schiller, 1932
Gymnodinium sp.
Gyrodinium aciculatum Hansen y Larsen, 1992
Gyrodinium acutum (Schütt) Kofoid y Swezy, 1921
Gyrodinium falcatum Kofoid y Swezy, 1921
Gyrodinium fusiforme Kofoid y Swezy, 1921
Gyrodinium sp.
Gyrodinium spirale (Bergh) Kofoid y Swezy, 1881
Katodinium glaucum (Lebour) Loeblich III, 1965
Torodinium robustum Kofoid et Swezy, 1921
- Warnowiaceae
- Nematodinium torpedo* Kofoid y Swezy, 1921
- Brachidiniaceae
- Brachidinium capitatum* Taylor, 1963
- Prorocentrales
- Prorocentraceae
- Prorocentrum compressum* (Bailey) Abé, 1967
Prorocentrum dentatum Stein, 1883
Prorocentrum gracile Schütt, 1895
Prorocentrum lima (Ehrenberg) Dodge, 1975
Prorocentrum micans Ehrenberg, 1833
Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller, 1931
Prorocentrum rhathymum Loeblich III, Sherley y Schmidt, 1979
Prorocentrum rostratum Stein, 1883
Prorocentrum sigmoides Böhm, 1933
Prorocentrum sp.
Prorocentrum triestinum Schiller, 1918
Mesoporos perforatus (Gran) Lillick, 1937
- Peridinales
- Peridiniaceae
- Ensiculifera angulata* Balech, 1988
Heterocapsa triqueta (Ehrenberg) Stein, 1883
Zygabikodinium lenticulatum Loeblich Jr. y Loeblich III, 1970
- Podolampaceae
- Blepharocysta splendormaris* (Ehrenberg) Stein, 1883

Podolampas elegans Schütt, 1895
Podolampas palmipes Stein, 1883
 Pollykrikaceae
Polykrykos kofoidii Chatton, 1914
Polykrykos schawrtzii Bütschli, 1873
 Noctilucales
 Kofoidiniaceae
Spatulodinium pseudonociluca (Pouchet) Cachon y Cachon, 1968
 Noctilucaceae
Noctiluca scintilans (Maccartney) Kofoid
Pronociluca pelagica Fabre-Domerguer, 1889
Pronociluca rostrata Taylor, 1976
 Ptychodiscales
 Ptychodiscaceae
Balechina coerulea (Dogiel) Taylor, 1976

 Chlorophycota
 Chlorophyceae
 Chlorococcales
Chlorophyta sp.

 Monera
 Cyanophyceae
 Chlorococcales
Cianofita sp.
 Merismopediaceae
Gomphosphaera sp.
Merismopedia punctata Meyen, 1939
 Microcystaceae
Microcystis aeruginosa Kützing
 Nostocaceae
Nostoc pruniforme (Linnaeus) Mohr, 1806
 Phormidiaceae
Trichodesmium erythraeum Ehrenberg ex Gomont, 1893

 Haptophyta
 Prymnesiophyceae
 Prymnesiales
Cocolitoforido sp. 1

 Ochrophyta
 Synurophyceae
 Ochromonadales
 Dinobryaceae
Dinobryon faculiferum (Willén) Willén, 1992

 Ciliophora
 Ciliatea
 Rhabdophorina
 Didiniidae
Myrionecta rubra (Lohmann) Jankowski, 1976

Especies agrupadas como “fitoflageladas”

Parvicorbicula manubriata Tong, 1997
Chattonella ovata Hara y Chihara, 1994
Chattonella sp.
Chroomonas sp.
Criptophyceae sp. 1
Crisophyceae sp. 1
Ebria tripartita (Schum.) Lemmermann, 1899
Octactis octonaria (Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyocha calida Poelchau, 1976
Dictyocha fibula Ehrenberg, 1837
Dictyocha fibula var. *robusta* Ehrenberg, 1839
Prasinophyceae sp. 1
Primnesiophyceae sp. 1
Crysochromulina sp.
Raphidophyceae sp. 1

BAHÍA CONCEPCIÓN

FITOPLANCTON Y OTROS GRUPOS AUTÓTROFOS: El análisis cualitativo en los tres muestreos (octubre 2006, febrero 2008 y enero 2009) indicó la presencia de 215 taxa incluidos en 63 familias en la zona de las ventilas, y en la zona de control 189 taxa en 56 familias. Los grupos que se registraron principalmente fueron el de las bacilariofitas, las dinofitas, las cianofitas, las flageladas y una especie de ciliado, aunque también se reconoció un cocolitofórido en octubre de 2008 y unas clorofitas en enero de 2009.

El análisis cuantitativo mostró un amplio intervalo en los valores de la densidad de organismos, el cual fluctuó entre 13 y 2.4×10^6 células l^{-1} en la zona de control y en la zona de las ventilas la fluctuación fue de 10 a 5.1×10^5 células l^{-1} . En general, el grupo dominante en el área de estudio fue el de las bacilariofitas, ya que en la zona de control representaron el 53 % del total de los organismos determinados, seguida por las dinofitas con un 36 %, las fitoflageladas con el 9 %, las cianofitas y el ciliado autótrofo con el 1 %. En la zona de las ventilas las bacilariofitas representaron el 47 %, seguida de las dinofitas con el 40 %, las fitoflageladas con el 10 %, las cianofitas con el 1 %, el ciliado autótrofo y el cocolitofórido con el 0.8 % y las clorofitas figuraron con tan solo 0.3 %.

DENSIDAD POR MUESTREO: En agosto de 2006, en la zona de control, las bacilariofitas fueron el grupo con mayor densidad, registrándose un florecimiento de *Ch. curvisetus* con 2.6×10^6 células l^{-1} (Fig. 14a), además de un aumento considerable en

la densidad de las fitoflageladas con 4.5×10^4 células l^{-1} y cianofitas 10.7×10^3 células l^{-1} (Tabla 10). El fluido hidrotermal se caracterizó por presentar una densidad mayor de cianofitas (5.1×10^5 células l^{-1}), cuyas especies con mayores densidades fueron *N. pruniforme* (Fig. 14b) y *T. erythraeum* (Fig. 14c).

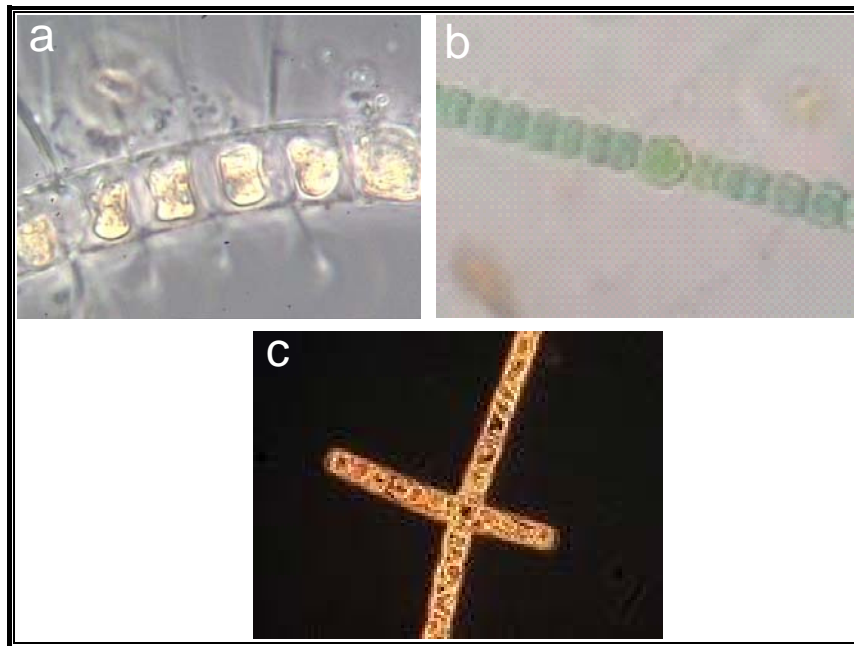


Figura 14. Fotografías en microscopio óptico de las especies que presentaron un florecimiento y altas densidades en el área de estudio en Bahía Concepción B. C. S. a) *Chaetoceros curvisetus*, b) *Nostoc pruniforme*, y c) *Tricodesmium erythraeum*.

En febrero de 2008, las fitoflageladas presentaron mayores densidades en la zona de control, con el 66 % de la densidad total, mientras en la ventila no hubo registros de este grupo. El grupo de las diatomeas registró mayor densidad en la zona de las ventilas (2.5×10^5 células l^{-1}) que el grupo de los dinoflagelados (1.5×10^5 células l^{-1}); mientras que en la zona de control, los dinoflagelados presentaron mayores densidades (3.2×10^5 células l^{-1}) que las diatomeas (1.0×10^5 células l^{-1}). Las cianofitas, el cocolitofórido y la clorofita solo se registraron en la zona de las ventilas (Tabla 10).

En enero de 2009, en general, la zona de control presentó mayor densidad de organismos que en la zona de las ventilas. El grupo con mayor densidad fue el de las bacilariofitas (3.6×10^6 células l^{-1}), seguida por las fitoflageladas (1.1×10^6 células l^{-1}) y del

picoplancton (1.0×10^4 células l^{-1}). El cocolitofórido solo se registró en la zona de las ventilas a tres metros de profundidad con 2,445 células l^{-1} (Tabla 10)

Tabla 10. Resultados del análisis cuantitativo del fitoplancton de la Ensenada de Mapachitos octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 (Bahía Concepción, B. C. S.). Las unidades de la densidad son células l^{-1} .

	Prof	Diatom	Dinos	Fitoflag	Cianof	Zoo	Cocol	Clorof	PicoP	BacterioP
Octubre 2006										
Ventila	0	1,652,778	1,091	5,855	624	39	-	-	-	-
	3	174,966	3,492	51	1,080	0	-	-	-	-
	6	940,644	679	226	0	0	-	-	-	-
Control	0	106,516	483	0	655	0	-	-	-	-
	3	222,239	2,831	189	10,708	775	-	-	-	-
	6	6,532,306	1,333	45,677	2,000	0	-	-	-	-
		9,629,450	9,909	51,999	15,066	814	0	0	0	0
Febrero 2008										
Ventila	0	85,445	42,820	222,247	-	2,752	0	0	1,050	151,679
	3	108,416	72,225	61,681	-	6,392	799	0	1,665	12,964
	6	81,934	44,420	53,708	-	2,614	2,614	653	1,340	14,351
Control	0	29,147	292,738	-	-	3,570	-	-	650	14,141
	3	39,159	399,591	-	-	2,659	-	-	595	4,965
	6	41,226	460,424	-	-	0	-	-	630	25,735
		385,327	1,312,219	337,637	0	17,987	3,413	653	5,930	223,836
Enero 2009										
Ventila	0	223,748	35,256	125,889	41,879	0	0	-	796	34,734
	3	497,035	50,042	105,481	53,780	2,445	2,445	-	878	25,113
	6	396,333	35,883	61,912	43,513	1,813	0	-	1,280	25,783
Control	0	849,718	134,363	266,870	21,022	10,622	-	-	1,665	41,742
	3	1,157,583	87,916	497,708	307,023	0	-	-	2,022	19,521
	6	561,740	48,813	106,731	105,041	3,382	-	-	3,868	21,533
		3,686,156	392,273	1,164,593	572,257	18,261	2,445	0	10,509	168,425

Del total de las especies del fitoplancton analizadas, se registraron 33 potencialmente tóxicas o nocivas. De estas 33 especies, 19 fueron diatomeas (*C. closterium*, *P. delicatissima*, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *Ch. atlanticus*, *Ch. coarctatus*, *Ch. curvicsetus*, *Ch. danicus*, *Ch. debilis*, *Ch. peruvianus*, *Ch. rostratus*, *Ch. socialis*, *C. concinnus*, *C. pelágica*, *L. danicus*, *L. minimus*, *T. diporicyclus*, *T. mala* y *T. subtilis*), 10 dinoflagelados (*N. fusus*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. mitra*, *G. poligrama*, *A. acatenela*, *G. catenatum*, *N. scintilans*, *P. lima* y

P. mínimum), dos cianofitas (*M. aeruginosa* y *T. erythraeum*), una primnesiofitas (*Chatonella* sp.) y un ciliado autótrofo (*M. rubra*). En Bahía Concepción no se presentaron las siguientes especies: *C. concinnus*, *D. mitra*, y *P. lima*; y en Punta de Mita las especies que no se registraron fueron: *Ch. debilis*, *T. diporicyclus*, *T. subtilis* y *D. fortii*. Las especies nocivas y tóxicas se establecieron con base en Taylor *et al.* (1995), Meostrup y Thomsen (1995), Hasle y Fryxell (1995) y Carpenter y Carmichael (1995).

El análisis Olmstead-Tuckey reveló, en general, que la mayoría de las especies dominantes en las dos áreas de estudio fueron las diatomeas, seguidas de los dinoflagelados (Tabla 11). Los demás grupos taxonómicos (cianofitas, fitoflageladas, ciliado autótrofo, crisofitas, criptofitas, prasinofieceas, primnesiofitas y rafidofieceas) estuvieron representados por lo menos con una especie. Asimismo, las especies raras cuyo porcentaje fue mayor a las demás agrupaciones (ocasionales y frecuentes) estuvieron representadas principalmente por diatomeas seguidas por los dinoflagelados. En las otras dos agrupaciones estuvieron representadas por algunas especies de diatomeas, dinoflagelados y fitoflageladas. En el Anexo 5 se presenta el listado de especies con esta clasificación.

Tabla 11. Resultados obtenidos de las agrupaciones de las especies de acuerdo a su densidad en las muestras obtenidas en octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 en Bahía Concepción. Se muestra el número de especies en cada agrupación y sus porcentajes.

Grupos	Octubre 2006				Febrero 2008				Enero 2009			
	Control		Ventila		Control		Ventila		Control		Ventila	
	No. spp	%	No. spp	%	No. spp	%	No. spp	%	No. spp	%	No. spp	%
Dominantes	19	28.78	31	33.33	30	37.03	38	37.25	49	37.12	50	38.46
Frecuentes	15	22.72	16	17.20	7	8.64	9	8.82	17	12.87	12	9.23
Ocasionales	10	15.15	10	10.75	7	8.64	11	10.78	22	16.66	25	19.23
Raras	22	33.33	36	38.70	37	45.67	44	43.13	44	33.33	43	33.07

X² (DISTRIBUCIÓN JI-CUADRADA DE PEARSON). Los resultados del análisis estadístico X² ($\alpha = 0.05$) realizado a la composición y densidad de los organismos del fitoplancton se muestran en la Tabla 12, donde se observa que los valores calculados son mucho mayores a los valores críticos, lo que indica que las muestras pertenecen a diferentes poblaciones. Dicho de otra manera, las diferencias significativas entre la zona de las ventilas y

la zona de control en el muestreo son extremadamente altas, por lo que se rechaza la hipótesis nula propuesta que dice “ambos grupos pertenecen a la misma población”.

Tabla 12. Resultados obtenidos del análisis estadístico X^2 en la composición y densidad del fitoplancton analizado en la Ensenada de Mapachitos B. C. S. en octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009.

	Octubre 2006	Octubre 2006	Febrero 2008	Enero 2009
	Control vs Ventila	Control vs Fluido	Control vs Fluido	Control vs Fluido
X^2 calculada	2.5×10^{11}	1.0×10^{11}	2.1×10^9	2×10^{10}
Grados de libertad	238	92	246	356
Alfa	0.05	0.05	0.05	0.05
X^2 tablas	275	115	284	401
Probabilidad	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rechaza Ho	si	si	si	si

RELACIÓN FITOPLANCTON-AMBIENTE: El análisis de componentes principales de los parámetros ambientales con los grupos del fitoplancton permitió identificar, en octubre de 2006, dos factores con eigenvalores mayores a 2.76, describiendo el 72 % de la varianza total de los datos. El primer factor agrupó las variables profundidad, diatomeas, dinoflagelados, fitoflageladas y al ciliado autótrofo. El segundo agrupó al pH, la salinidad, dinoflagelados, cianofitas y fitoflageladas. En febrero de 2008, el análisis permitió reconocer dos factores con eigenvalores mayores a 5.14, describiendo el 69.5 % de la varianza total de los datos. En el primer factor agrupa al pH, amonio, fosfatos, sílice, nitritos, diatomeas, dinoflagelados, fitoflagelados, clorofitas y al picoplancton. El segundo factor agrupa a la temperatura, los fosfatos, diatomeas, al ciliado autótrofo, al cocolitofórido, cianofitas, clorofitas y al picoplancton. Por último, en enero de 2009 el análisis permitió reconocer dos factores con eigenvalores mayores a 4.58, describiendo el 64.5 % de la varianza total de los datos. El primer factor agrupa la profundidad, la salinidad, el pH, el amonio, los fosfatos, nitratos, nitritos, diatomeas, dinoflagelados y al ciliado autótrofo. El segundo factor agrupa la temperatura, el amonio, el sílice, nitritos, fitoflageladas, cianofitas, ciliado autótrofo, picoplancton y bacterioplancton (Fig. 15).

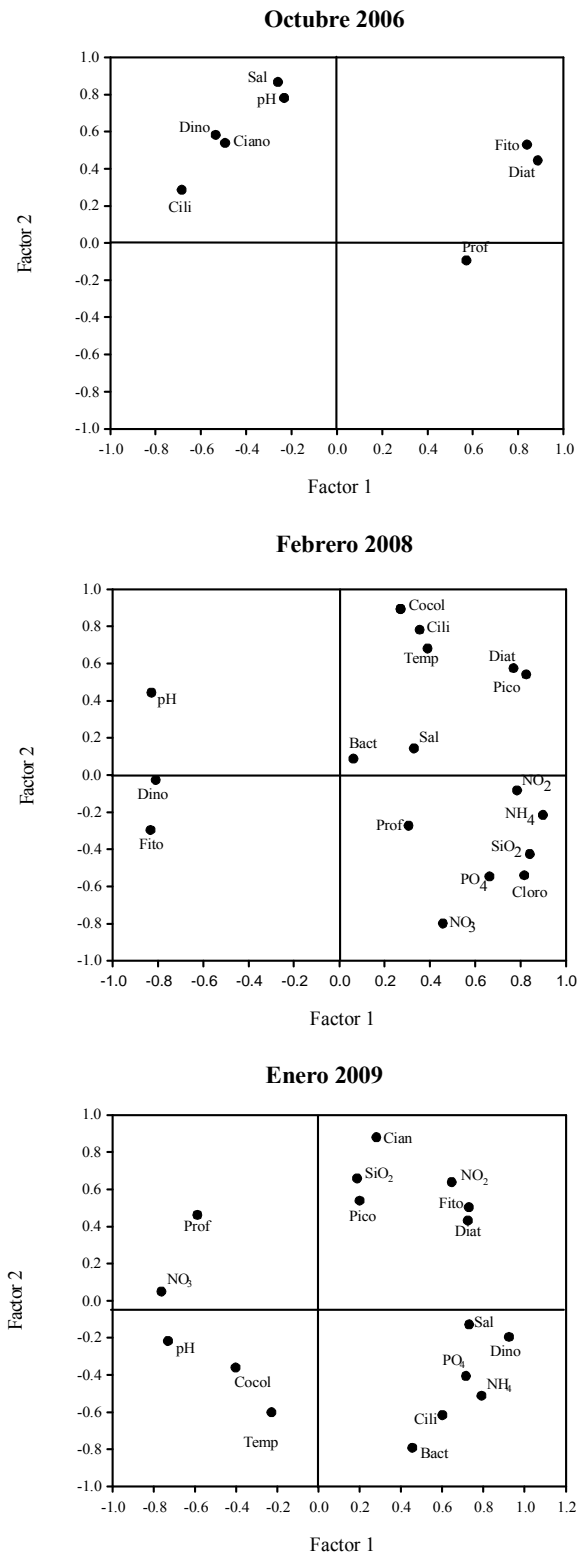


Figura 15. Ordenación en los dos ejes principales (ACP) de los parámetros ambientales y los grupos de fitoplancton correspondientes a las muestras de octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 (Bahía Concepción, B. C. S.).

CLOROFILA-*a*: La clorofila-*a* en la zona de las ventilas (enero de 2009), registró en la superficie un máximo de 1.85 mg Chl-*a* m⁻³, en disminuir con la profundidad a 0.60 mg Chl-*a* m⁻³; en la zona de control el valor máximo se presentó a los tres metros de profundidad (0.96 mg Chl-*a* m⁻³) y un mínimo a los cinco metros de profundidad (0.33 mg Chl-*a* m⁻³) (Fig. 16).

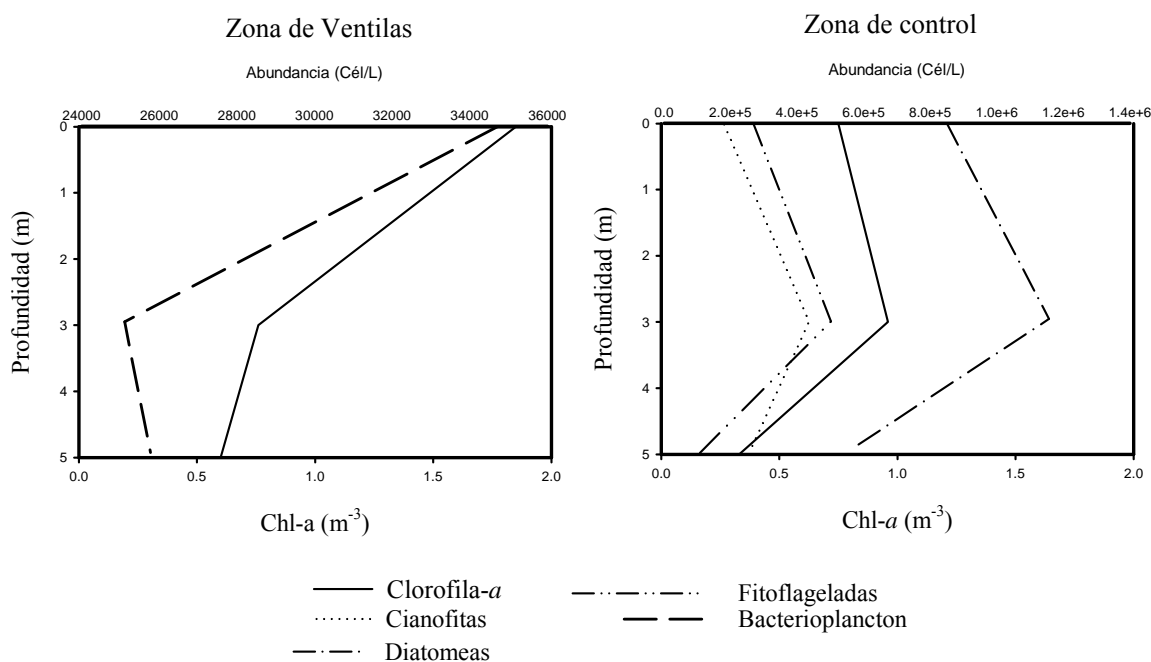


Figura 16. Distribución vertical de la clorofila-*a* y de la densidad por grupos en la Ensenada de Mapachitos en enero de 2009 (Bahía concepción B. C. S.).

PUNTA DE MITA

FITOPLANCTON Y OTROS GRUPOS AUTÓTROFOS: Con los dos muestreos (abril 2007 y enero 2009) en Punta de Mita se obtuvieron 162 taxa incluidos en 49 familias en la zona de las ventilas, y 155 taxa en 48 familias en la zona de control. Los grupos que se registraron principalmente fueron: bacilariofitas, dinofitas, cianofitas y un ciliado autótrofo. El

análisis cuantitativo mostró un amplio intervalo en los valores de la densidad, el cual fluctuó entre 19 y 1.2×10^6 células l^{-1} en la zona de control y 74 a 1.8×10^6 células l^{-1} en la zona de las ventilas (Tabla 13).

En general, el grupo con mayor densidad en el área de estudio fue el de las bacilariofitas, ya que en la zona de control representaron el 66 % del total de los organismos determinados, seguida por las dinofitas con un 30 %, las fitoflageladas con el 4 % y el autótrofo ciliado con el 1 %. En la zona de las ventilas las bacilariofitas representaron el 60 %, seguida de las dinofitas con el 35 %, las fitoflageladas con el 4 %, y el ciliado autótrofo con el 1 %.

Tabla 13. Resultados del análisis cuantitativo del fitoplancton de Punta de Mita en abril de 2007 y enero de 2009. Las unidades de la densidad son células l^{-1} .

	Prof	Diatom	Dinos	Fitoflag	Cianof	Zoo	Cocol	Clorof	PicoP	BacteP
Abril 2007										
Ventila	0	196,439	7,263	591	-	0	-	-	221	137,396
	2	704,640	38,836	127,878	-	2,902	-	-	1,412	65,789
	5	1,579,614	52,303	55,991	-	0	-	-	941	18,431
	8	617,367	30,113	0	-	618	-	-	2,100	136,803
	10	394,005	6,486	0	-	0	-	-	459	14,010
Control	0	457,321	17,461	114	-	1,726	-	-	670	88,717
	2	798,602	41,431	21,677	-	228	-	-	-	-
	5	1,182,734	155,175	0	-	0	-	-	1,499	48,660
	8	27,801	10,705	0	-	58	-	-	32,877	8,923
	10	799,241	9,942	5,847	-	2,923	-	-	-	-
Enero 2009										
Ventila	0	1,203,171	18,826	30,442	-	0	-	-	923	201,644
	3	562,090	20,785	8,135	-	1,595	-	-	1,346	31,343
	6	812,299	30,914	705	-	0	-	-	1,218	16,065
	10	519,141	3,117	19,709	-	84	-	-	2,860	9,492
Control	0	1,880,101	21,923	47,272	0	0	-	-	8,762	4,389
	3	1,354,122	22,482	122,925	1,842	0	-	-	4,351	9,378
	6	1,488,973	29,654	22,952	7,010	2,550	-	-	12,111	406,527
	10	608,339	13,970	21,405	1,913	1,487	-	-	7,395	14,683

DENSIDAD POR MUESTREO: En abril de 2007, las bacilariofitas representaron la mayor densidad en ambos sitios de muestreo, ya que en la zona de las ventilas su densidad alcanzó 5.2×10^6 células l^{-1} y en la zona de control fueron 3.2×10^6 células l^{-1} , mientras que los demás grupos no excedieron las 2.3×10^5 células l^{-1} . En el caso de *P. pseudodelicatissima* (Fig. 17a), en las áreas de las ventilas y de control, se registraron 9.1×10^5 y 9.5×10^5 células l^{-1} , respectivamente. El segundo grupo en importancia con respecto a la densidad fueron los dinoflagelados; sin embargo, destaca el aumento considerable de las fitoflageladas (1.8×10^5 células l^{-1}) en la zona de las ventilas (Tabla 13).

En enero de 2009, el grupo de las bacilariofitas también registró la mayor densidad, tanto en la zona de las ventilas como en la zona de control, además en esta última área se detectó un florecimiento de *T. aspera* (Fig. 17b) con 3.0×10^6 células l^{-1} , asimismo, en la zona de las ventilas se registró el florecimiento de *L. danicus* con 4.9×10^6 (Fig. 17c). El segundo grupo con mayor densidad, después de las diatomeas, fueron los dinoflagelados con el 21 % en la zona de control y el 28 % en la zona de las ventilas. Las cianofitas solo fueron registradas en la zona de las ventilas, con una densidad de 1.0×10^5 células l^{-1} . Las fitoflageladas tuvieron una mayor densidad en la zona de las ventilas (2.1×10^5 células l^{-1}) que en la zona de control (2.7×10^4 células l^{-1}). Por último, el ciliado autótrofo en ambas áreas de muestreo presentó menos del 1 % del total de los organismos (Tabla 13).

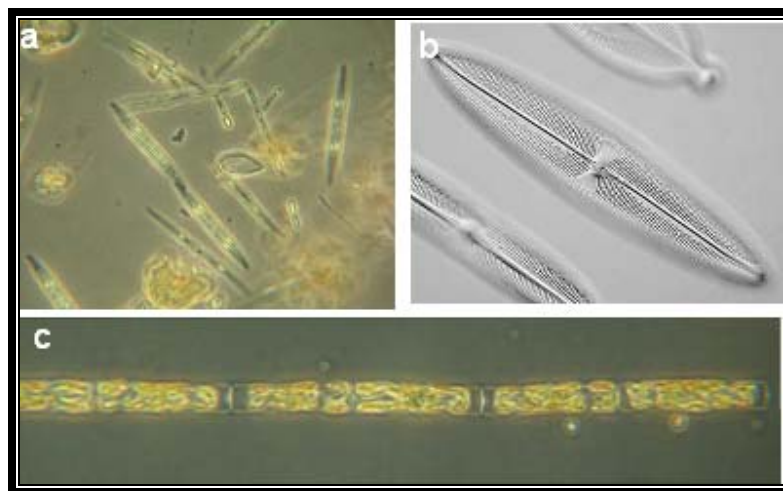


Figura 17. Fotografías en microscopio óptico de las especies que presentaron un florecimiento en el área de estudio en Punta de Mita, Nayarit. a) *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, b) *Trachyneis aspera* (<http://eol.org/pages/917182>), y c) *Leptocylindrus danicus*.

En abril de 2007 las especies dominantes representaron el 30 % en la zona de control mientras que en la zona de ventilas fue el 30 %. En enero de 2009 el 22 % en la zona de control y el 34 % en la zona de ventilas. Las especies raras registraron porcentajes mayores al de las especies dominantes, tanto en las dos zonas de muestreo como en los periodos muestreados (Tabla 14).

Tabla 14. Resultados obtenidos de las agrupaciones de las especies de acuerdo a su densidad en las muestras obtenidas en abril de 2007 y enero de 2009 en Punta de Mita, Nayarit.

Grupos	Abril 2007				Enero 2009			
	Área de control		Área de ventilas		Área de control		Área de ventilas	
	No. spp	%	No. spp	%	No. spp	%	No.spp	%
Dominantes	32	30.18	29	29.89	24	22.42	39	33.62
Frecuentes	6	5.66	1	1.03	3	2.80	12	10.34
Ocasionales	25	23.58	25	25.77	32	29.90	25	21.55
Raras	43	40.56	42	34.29	48	44.85	40	34.48

X² (Distribución Ji-cuadrada de Pearson): Los resultados del análisis estadístico X² con un $\alpha = 0.05$ en abril de 2007 y enero de 2009 con gl= 544 y 462, respectivamente, arrojaron que el valor calculado es mucho más grande que el valor crítico, lo que indica que las muestras pertenecen a diferentes poblaciones. Dicho de otra manera, las diferencias significativas entre la zona de las ventilas y la zona de control en el muestreo son extremadamente altas, por lo que se rechaza la hipótesis nula propuesta que dice “ambos grupos pertenecen a la misma población” (Tabla 15).

Tabla 15. Resultados obtenidos del análisis estadístico X² en la composición y densidad del fitoplancton analizado en Punta de Mita, Nayarit en abril de 2007 y enero 2009.

	Abril 2007	Enero 2009
	Control vs Ventila	Control vs Ventila
Ji 2 calculada	7.6x10 ⁷	1.4x10 ¹⁰
Grados de libertad	544	462
Alfa	0.05	0.05
Ji 2 tablas	599	513
Probabilidad	0.00E+00	0.00E+00

RELACIÓN FITOPLANCTON-AMBIENTE: El análisis de componentes principales de los parámetros ambientales con los grupos del fitoplancton permitió identificar, en abril de 2007, dos factores con eigenvalores mayores a 3.3, describiendo el 74.9 % de la varianza total de los datos. En el primer factor agrupa a la temperatura, la salinidad, el pH, diatomeas, dinoflagelados, fitoflageladas, ciliado autótrofo y al picoplancton. El segundo factor agrupa a la profundidad, la salinidad, las fitoflageladas y al ciliado autótrofo (Fig. 18). En enero de 2009, el análisis permitió reconocer dos factores con eigenvalores mayores a 3.4, describiendo el 60.7 % de la varianza total de los datos. En el primer factor se agrupan la temperatura, el pH, los fosfatos, los nitritos, las cianofitas, el ciliado autótrofo, el picoplancton y el bacterioplancton. En el segundo factor se agrupan la profundidad, la salinidad, las diatomeas y las fitoflageladas. (Fig. 18).

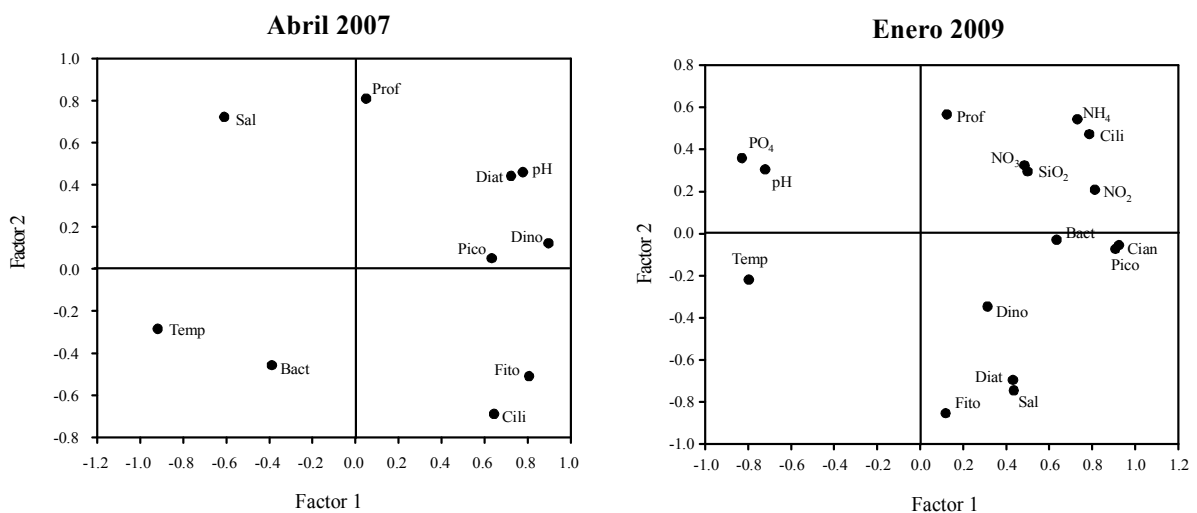


Figura 18. Ordenación en los dos ejes principales (ACP) de los parámetros ambientales y los grupos de fitoplancton correspondientes a las muestras de de 2007 y enero de 2009 (Punta de Mita, Nayarit).

CLOROFILA-*a*: Al igual que en Bahía Concepción, en este trabajo solo se presentan los datos de clorofila-*a* en el muestreo realizado en enero de 2009, con el fin de poder hacer una comparación entre los dos sistemas hidrotermales. En enero de 2009, la distribución vertical de la clorofila-*a*, en la zona de las ventilas, presentó un aumento con la profundidad (de 0.74 a 0.96 mg Chl-*a* m⁻³), registrándose el máximo a los 10 metros de profundidad con 4.03 mg Chl-*a* m⁻³. En la zona de control, la distribución vertical de la clorofila-*a* osciló entre 0.14 y 0.80 mg Chl-*a* m⁻³, presentándose el máximo en el fondo (Fig. 19).

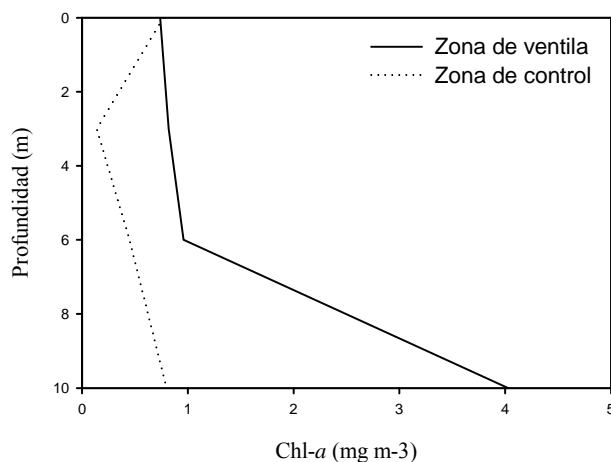


Figura 19. Distribución vertical de la clorofila-*a* y en Punta de Mita, Nayarit en abril de 2007 y enero de 2009.

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DOS ÁREAS DE ESTUDIO

Con el análisis multivariado MANOVA ($\alpha=0.05$, $p \leq 0.001$) dio como resultado una $\lambda < 0.001$, lo que significa la existencia de una gran diferencia entre las áreas de estudio (Tabla 16).

Tabla 16. Resultados del análisis MANOVA aplicados a los datos obtenidos en Punta de Mita y Bahía Concepción en enero de 2009.

Variable	F	Significación
Prof	.241	.866
Temp	167.292	.000
Sal	445.641	.000
pH	73.358	.000
SiO ₂	1.520	.269
NO ₂	2.405	.128
NO ₃	.687	.580
PO ₄	1.736	.223
NH ₄	1.889	.195
Diatom	4.011	.041
Dinos	8.293	.005
Fitoflag	5.626	.016
Cianof	3.441	.060
Zoo	1.707	.228
PicoP	11.326	.001
BacteP	.363	.781

En el análisis discriminante, con un valor estadístico de $p < 0.05$, se hicieron varias combinaciones de cada punto muestreado, obteniéndose así las variables que hacen la diferencia, tanto en las dos áreas de estudio como sus puntos de muestreo. Entre la zona de ventila y control de Punta de Mita, las variables que las hace diferentes fueron las fitoflageladas y el picoplancton. Para Punta de Mita las variables fueron la salinidad, las diatomeas, picoplancton y las bacterias. Entre las dos áreas las variables fueron las fitoflageladas y el picoplancton. Entre las ventilas: la salinidad, los nitritos y el cilado autótrofo. Y por último entre los dos controles las variables fueron: la temperatura y la salinidad. Resumiendo, los resultados indican que las variables que hacen la diferencia son: la salinidad, las fitoflageladas el picoplancton, las diatomeas y el bacterioplancton (Tabla 17).

Tabla 17. Resultados del análisis discriminante realizado a los datos obtenidos en Punta de Mita y Bahía Concepción en enero de 2009. PMv=Punta de Mita ventila, PMc=Punta de Mita control, BCv= Bahía Concepción ventila, BCc= Bahía Concepción control, PMvc=Punta de Mita ventila y control, y BCvc= Bahía Concepción ventila y control.

Combinación	Función discriminante	λ	p
PMv vs PMc	5.6×10^{-5} Fito + 8.9×10^{-4} Pico - 1.8 = 0	0.093	0.003.
BCv vs BCc	217921 Sal + 0.24 Diat + 72.93 Pico + 3.45 Bact - 3831205 = 0	< 0.000	0.003
PMvc vs BCvc	1.3×10^{-5} Fito + 6.0×10^{-3} Pico - 1.4 = 0	0.236	< 0.000
PMv vs BCv	31838.7 Sal - 3002.12 NO ₂ - 3.67 Cil + 482983 = 0	< 0.000	< 0.000
PMc vs BCc	77.68 Tem + 759.53 Sal + 12689.6 = 0	0.005	< 0.000

Fito=Fitoflageladas, Pico=Picoplancton, Sal=Salinidad, Diat=Diatomeas, Bact=Bacterioplancton

DIATOMEAS BENTÓNICAS

En general, el análisis cualitativo de diatomeas en los sedimentos recolectados en ambas áreas de estudio indicó la presencia de 216 taxa (entre especies, variedades y formas). De éstas, 214 fueron diatomeas (55 centrales y 159 penales) y dos silicoflageladas, y están incluidas en 33 familias y 59 géneros. De las 216 especies, se registraron cuatro de agua dulce, 171 bentónicas marinas y 41 planctónicas marinas. Los géneros más representativos fueron:

Amphora, *Cocconeis*, *Lyrella*, *Diploneis*, *Thalassiosira*, *Navicula*, *Fallacia*, *Nitzchia* y *Achnanthes* (Anexo 6).

En Bahía Concepción se registró un total de 151 taxa, que representa el 70 % del total de las especies analizadas en este estudio. De acuerdo a la clasificación propuesta por Round *et al.* (1990), en este trabajo se recolectaron 39 especies de diatomeas centrales (DC) que pertenecen a Coscinodiscophyceae incluidas en 12 familias y 13 géneros; de las diatomeas penales Rafide (PR) se obtuvieron 103 de Bacillariophyceae contenidas en 14 familias y 24 géneros, y de las penadas Arafide (PA) pertenecientes a Flagilariophyceae fueron 15 especies incluidas en cinco familias y 10 géneros. Asimismo, se identificaron dos especies de silicoflageladas (Dictyochhyceae), de una familia y un género.

En la zona de la ventila de la Bahía Concepción se registraron 101 taxa, que representan el 57 % de las especies, repartidas de la siguiente forma: 19 (19 %) especies de DC, 12 (12 %) de PA y 68 (67 %) de PR, además de dos (1.9 %) silicoflageladas: *Dictyocha calida* y *Dictyocha fibula*, mientras que en la zona de control fueron 75 taxa, con el 43 % de representatividad en la zona, repartidas en: 19 (25 %) de DC, tres (4 %) de PA y 53 (71 %) de PR, siendo esta área la que presentó un menor número de especies en comparación con la zona de la ventila (Fig. 20). Ambas zonas de muestreo presentaron 26 taxa en común pertenecientes a los géneros *Achnanthes*, *Actinoptychus*, *Amphora*, *Anorthoneis*, *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Dimeregramma*, *Diploneis*, *Fragilariopsis*, *Lyrella*, *Navicula*, *Enlia* y *Petroneis*.

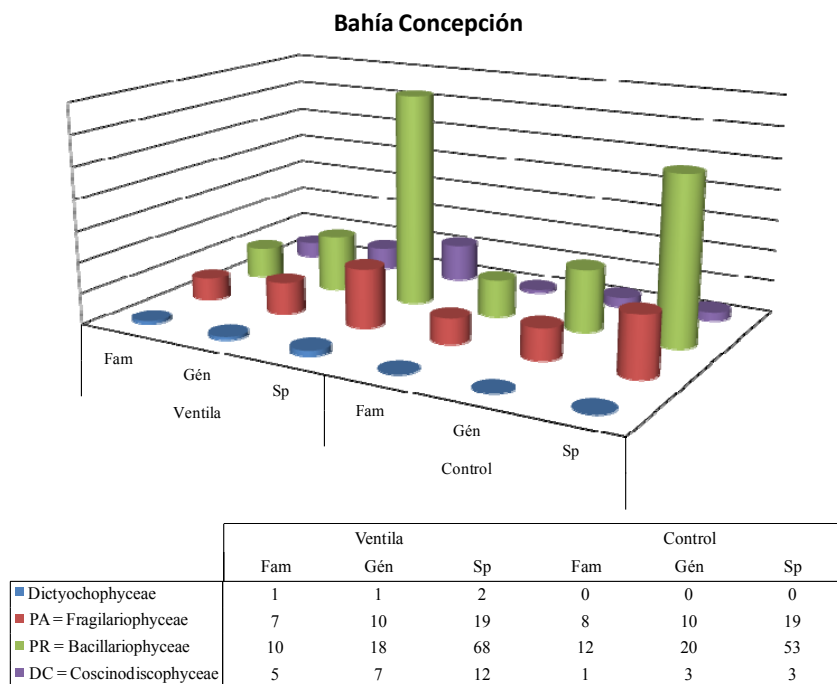


Figura 20.-Número de familias, géneros y especies en la zona de la ventila y de control en Bahía Concepción, B. C. S. DC= Diatomeas centrales, PR= Penales Rafide, PA = Penales Arafide.

En Punta de Mita se reconoció un total de 120 taxa, que representa el 55 % del total de las especies analizadas. La clasificación de las especies conforme a Round *et al.* (1990) fueron: 42 especies de DC contenidas en 10 familias y 17 géneros, 16 especies de PA, en cuatro familias y ocho géneros, y 62 especies de PR de 12 familias y 17 géneros. En la zona de la ventila se registraron 77 taxa que representa el 53 % de las especies: 30 (39 %) especies de DC, 12 (15 %) de PA y 35 (45 %) de PR. En la zona de control fueron 68 (47 %) taxa: 22 (32 %) especies de DC, 12 (18 %) especies de PA y 35 (51 %) especies de PR (Fig. 21). Ambas áreas de muestreo presentaron 27 especies en común pertenecientes a los géneros *Actinocyclus*, *Amphora*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Fallacia*, *Fragilariopsis*, *Lyrella*, *Navicula*, *Enlia*, *Plagiogramma*, *Psammodictyon*, *Psammodiscus*, *Surirella*, *Thalassiosira*, *Trachyneis* y *Tryblionella*.

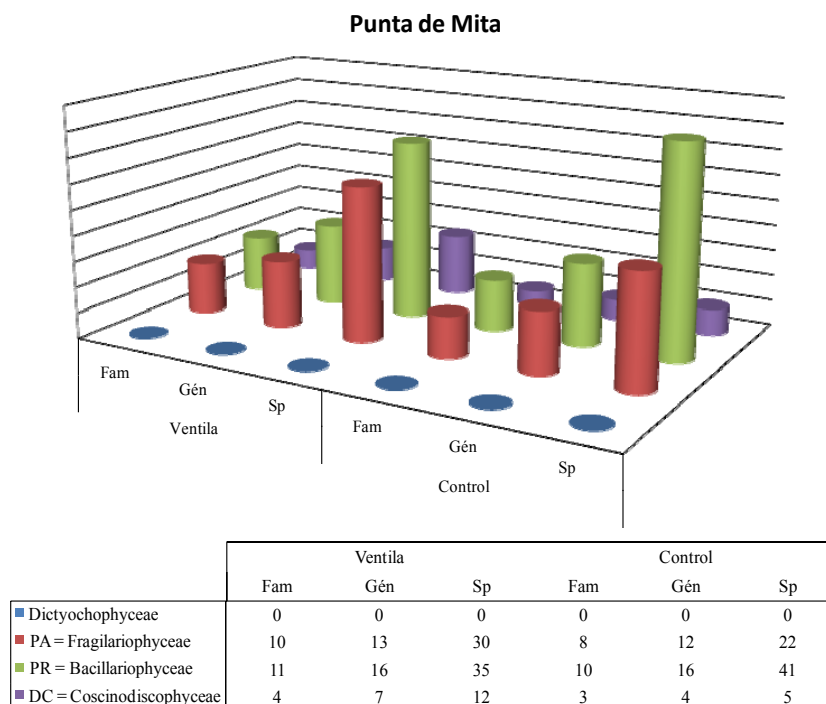


Figura 21.-Número de familias, géneros y especies en la zona de la ventila y de control en Punta de Mita, Nayarit. DC= Diatomeas centrales, PR= Penales Rafide, PA = Penales Arafide.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con base en los datos registrados de ausencia y presencia de las especies en cada una de las zonas muestreadas, los valores que se obtuvieron mediante el índice de similitud de Jaccard mostraron que existe poca afinidad entre los puntos muestreados (Fig. 22), ya que los valores oscilaron entre 10 y 21 % de similitud, este último valor fue el máximo dado entre las áreas de control (Tabla 18).

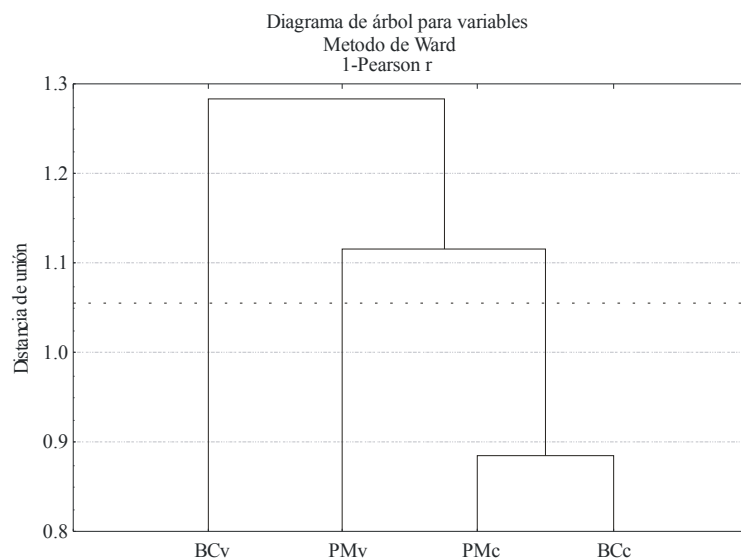


Figura 18. Diagrama de árbol para las áreas de Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción, B.C.S. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila, BCc = Bahía Concepción control y BCv = Bahía Concepción ventila.

Tabla 18. Matriz de distancias (índice de similitud de Jaccard) en los datos de ausencia-presencia de las muestras de diatomeas bentónicas pertenecientes en ambas áreas de estudio. BCc = Bahía Concepción control, BCv = Bahía Concepción ventila, PMc = Punta de Mita control y PMv = Punta de Mita ventila.

	Medida de Jaccard			
	BCc	BCv	PMc	PMv
BCc	1.000			
BCv	0.130	1.000		
PMc	0.211	0.144	1.000	
PMv	0.102	0.106	0.175	1.000

El Análisis de Factores reveló que la diferencia entre las dos áreas de estudio se debe a la presencia de 21 familias, 28 géneros y 55 especies en el área de Punta de Mita y 22 familias, 29 géneros y 79 especies en Bahía Concepción, principalmente del grupo de las Bacillariophyceae (PR) (Anexo 6).

BACTERIAS

De los muestreos realizados en ambas áreas de estudio, se obtuvieron un total de 142 clonas, de las cuales solo fueron útiles 100, utilizando un solo sentido de la secuencia (de aproximadamente 880 pares de bases). Las clonas analizadas permitieron describir solo 9 Phyla, ya que el mayor porcentaje (30 % en BC y 57 % en PM) de las secuencias fueron microorganismos que aún no han sido cultivados y por tanto se desconocen sus características ecológicas y metabólicas, impidiendo así poder colocarlas en algún Phylum determinado, de tal forma se les agrupó como “No Clasificada”.

En la elaboración del cladograma de Punta de Mita, se incluyeron las secuencias de las 11 clonas de cada Unidad Operacional Taxonómica (OTU por sus siglas en inglés) y las relacionadas con estos OTU’s obtenidas de la base de datos de NCBI. En el se observa la existencia de cuatro Phyla: Alpha- y Delta-proteobacterias, Aquificae y Chloroflexi, además del grupo denominado “No Clasificada” (Fig. 23).

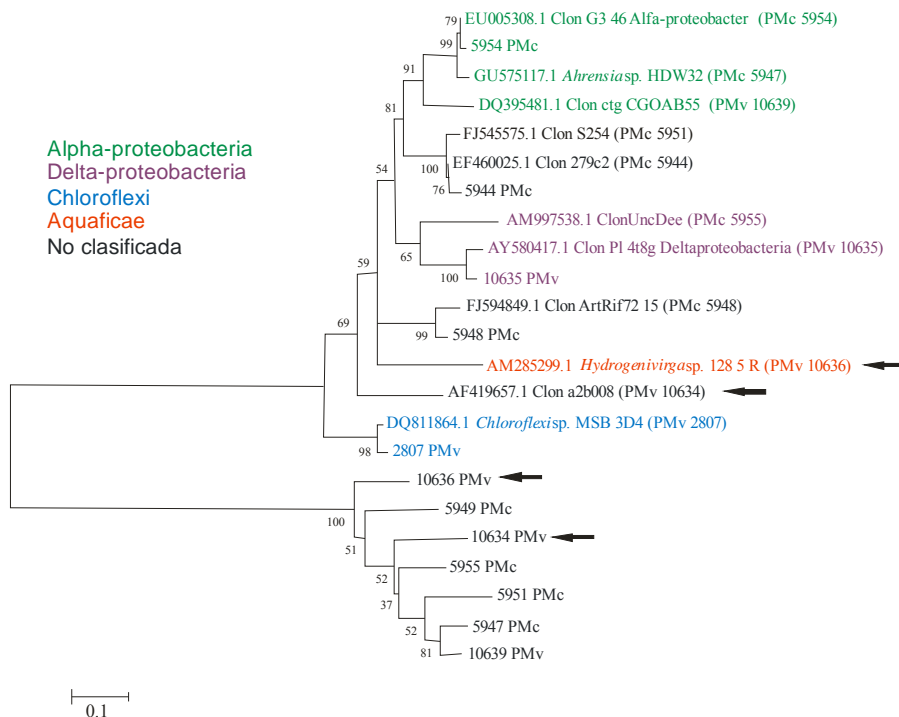


Figura 23. Árbol filogenético inferido a partir de las secuencias de 16S rRNA (900 pb) en el área de Punta de Mita, Nayarit con 1,000 réplicas de “bootstrap”. Las flechas señalan las que han sido aisladas en sistemas de ventilas hidrotermales y las obtenidas en este trabajo en la zona de la ventila. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila.

Del total de los grupos registrados en Punta de Mita (Tabla 19), el predominante en ambas zonas de muestreo fue el de las “No Clasificada” (57 % del total). Sólo en la zona de control se registró el Phylum de las Alpha-proteobacteria (17 % del total), mientras que en la zona de la ventila solo se registraron las Aquificae (4 % del total) y Chloroflexi (9 % del total). En ambas zonas se registró el Phylum de las Delta-protobacterias (13 % del total).

Tabla 19.- Datos de las secuencias analizadas en el para de Punta de Mita, Nayarit, de acuerdo al origen de las secuencias más parecidas en GenBank agrupadas en filotipos, lugar de procedencia y porcentaje de identidad con respecto a la secuencia obtenida. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila, NC = No clasificada.

Gpo filogenético	No. Secu.	Descripción	GenBank		
			Aislada de	Max. Ident.	
α-proteobacteria	5947-PMc	GU575117.1 <i>Ahrensia</i> sp. HDW-32	Agua de mar	99 %	
	5954-PMc	EU005308.1 Uncultured alpha proteobacterium clone G3-46	Superficie artificial sumergida	98 %	
	5955-PMc	AM997538.1 Uncultured deep-sea bacterium clone UncDee36	Cuenca Cape, Océano Atlántico	94 %	
	NC	5944-PMc	EF460025.1 Uncultured bacterium clone 279c2	Sedimento marino	96 %
		5948-PMc	FJ594849.1 Uncultured marine bacterium clone ArtRif72-15	Arrecife artificial	91 %
		5951-PMc	FJ545575.1 Uncultured bacterium clone S2-54	Sedimento marino	95 %
Aquificae	10636-PMv	AM285299.1 <i>Hydrogenivirga</i> sp. 128-5-R1-6	Ventila hidrotermal	97 %	
Chloroflexi	2807-PMv	DQ811864.1 Uncultured <i>Chloroflexi</i> sp. bacterium clone MSB-3D4	Sedimentos Manglar	97 %	
δ-proteobacteria	10635-PMv	AY580417.1 Uncultured delta proteobacterium clone PI_4t8g	Bacterioplancton Costero	94 %	
NC	10634-PMv	AF419657.1 Uncultured bacterium a2b008	Ventila hidrotermal	97 %	
	10639-PMv	DQ395481.1 Uncultured organism clone ctg_CGOAB55	Mar profundo	96 %	

En el cladograma elaborado en Bahía Concepción se incluyeron 25 secuencias de las clonas de cada OTU y las relacionadas con las obtenidas de la base de datos de NCBI dando un total de 54 secuencias. En el cladograma se observa la existencia de ocho Phyla, y al igual que en el de Punta de Mita uno de ellos fue denominado como “No Clasificada”. Las demás Phyla son: Alpha-, Delta-, Epsilon- y Gama-proteobacterias, Bacteroidetes, Cianobacteria, Firmicutes y Heterokontophyta (el cloroplasto de una eucariota) (Fig. 24).

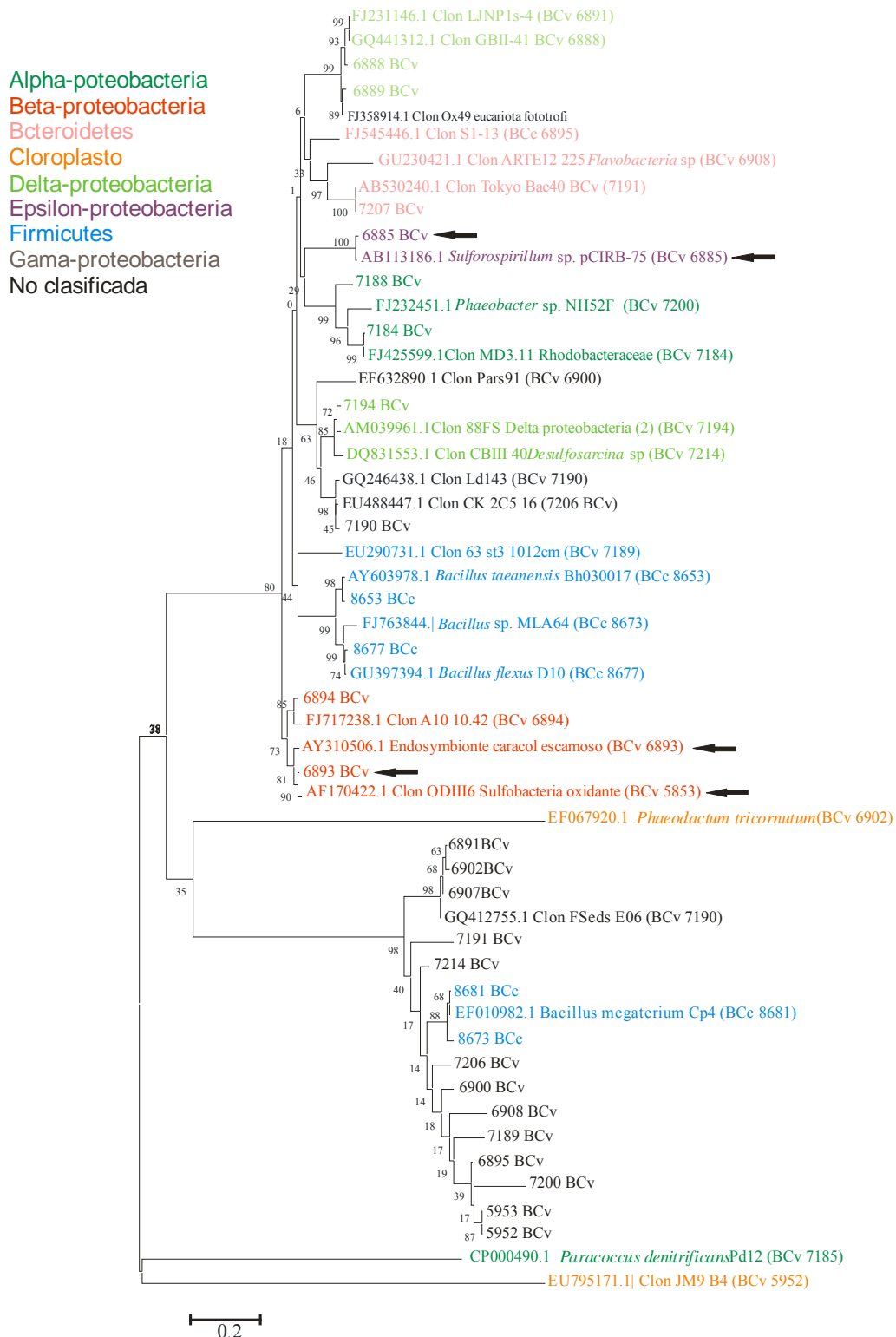


Figura 24. Árbol filogenético inferido a partir de las secuencias de 16S rRNA (900 pb) en el área de Bahía Concepción, B. C. S. con 1,000 réplicas de “bootstrap”. Las flechas señalan las que han sido aisladas en sistemas ventilas hidrotermales y las obtenidas en este trabajo en la zona de la ventila. BCc = Bahía Concepción control, BCv = Bahía Concepción ventila.

En Bahía Concepción, la zona de control se caracterizó por estar representada sólo por el Phylum Firmicutes (18 % del total), y en la zona de la ventila estuvo representada principalmente por el grupo denominado como “No Clasificada” con el 30 % del total y en un menor porcentaje las Alpha-, Delta-, Gama- y Epsilon-proteobacterias, además de Bacteriodetes, y un cloroplasto de una célula eucariota (Tabla 29).

Tabla 20.- Datos de las secuencias obtenidas en el área de Bahía Concepción, B. C. S. de acuerdo al origen de las secuencias más parecidas en GenBank agrupadas en filotipos, lugar de procedencia y porcentaje de identidad con respecto a la secuencia obtenida. PMc = Punta de Mita control, PMv = Punta de Mita ventila, NC = No clasificada.

		GenBank		
Gpo filogenético	No. Secu.	Descripción	Aislada de	Max. Ident.
Firmicutes	8653-BCc	AY603978.1 <i>Bacillus taeanaensis</i> strain BH030017	Sedimento salino	97 %
	8673-BCc	FJ763844.1 <i>Bacillus</i> sp. MLA64	Agua	97 %
	8677-BCc	GU397394.1 <i>Bacillus flexus</i> strain D10	Lago Hipersalino	99 %
	8681-BCc	EF010982.1 <i>Bacillus megaterium</i> strain CP4	No registrado	99 %
α-proteobacteria	7184-BCv	FJ425599.1 Uncultured Rhodobacteraceae bacterium clone MD3.11	<i>Montastrea faveolata</i>	98 %
	7185-BCv	CP000490.1 <i>Paracoccus denitrificans</i> PD1222 chromosome 2, complete sequence	No registrado	97 %
	7200-BCv	FJ232451.1 <i>Phaeobacter</i> sp. NH52F	Sedimento marino	97 %
Bacteroidetes	6908-BCv	GU230421.1 Uncultured <i>Flavobacterium</i> sp. clone ARTE12_255	Sedimento marino	98 %
	7191-BCv	AB530240.1 Uncultured bacterium gene clone: Tokyo.16S.Bac.40	Sedimento marino	99 %
<u>Heterokontophyta</u>	6902-BCv	EF067920.1 <i>Phaeodactylum tricorutum</i> chloroplast, complete genome	No registrado	97 %
δ-proteobacteria	7194-BCv	AM039961.1 Uncultured delta proteobacterium partial	Sedimento marino	98 %
	7214-BCv	DQ831553.1 Uncultured <i>Desulfosarcina</i> sp. clone CBII140	Sedimento marino	96 %
ε-proteobacteria	6885-BCv	AB113186.1 Uncultured <i>Sulfurospirillum</i> sp. clone: pCIRB-75	Ventila hidrotermal	97 %
γ-proteobacteria	5853-BCv	AF170422.1 Sulfur-oxidizing bacterium ODIII6	Ventila hidrotermal	97 %
	6893-BCv	AY310506.1 Endosymbiont of unidentified scaly snail	Ventila hidrotermal	97 %
NC	5952-BCv	EU795171.1 Uncultured bacterium JM9_B4 genomic sequence	Sedimento marino	97 %
	6888-BCv	GQ441312.1 Uncultured bacterium clone GBII-41	Arena de playa	97 %
	6891-BCv	FJ231146.1 Uncultured bacterium clone LJ-NP1-s-4	Sedimento marino	98 %
	6894-BCv	FJ717238.1 Uncultured bacterium clone A10_10.4_2	Sedimento marino	97 %
	6895-BCv	FJ545446.1 Uncultured bacterium clone S1-13	Sedimento marino	98 %
	6900-BCv	EF632890.1 Uncultured bacterium clone Par-s-91	Sedimento agua dulce	96 %
	6907-BCv	GQ412755.1 Uncultured bacterium clone 1FSeds_E06	Sedimento marino	99 %
	7189-BCv	EU290731.1 Uncultured bacterium clone 63_st3_10-12cm	Sedimento marino	97 %
	7190-BCv	GQ246438.1 Uncultured bacterium clone Ld1-43	Sedimento marino	98 %
	7206-BCv	EU488447.1 Uncultured bacterium clone CK_2C5_16	Sedimento marino	99 %

CAPÍTULO CINCO

DISCUSIONES

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

En general, en los ecosistemas marinos semi-cerrados como las lagunas costeras, esteros y bahías, los flujos de marea, vientos locales, surgencias y el aporte de agua dulce por los ríos y precipitación pluvial, generan condiciones hidrológicas de mezcla y estratificación de la columna de agua (Kjørboe, 1993), provocando cambios en las propiedades físicas del agua de mar, en el balance de nutrientes y en el estado trófico de estos ecosistemas (Scharek *et al.*, 1994).

Los valores de salinidad registrados en los muestreos realizados en el área de Bahía Concepción en octubre de 2006, febrero de 2008 y enero de 2009 oscilaron entre 33.8 y 34.2, siendo los de febrero de 2008 los más bajos (Tabla 4). Estos valores de salinidad se encuentran por debajo del mínimo registrado en la bahía (34.6), que tiene una media anual de 35.3 (Félix-Pico y Sánchez, 1976). Esta ligera diferencia puede deberse a una dilución por precipitación, ya que el régimen de lluvias en la zona (julio a octubre) comúnmente es torrencial (de 50 a 400 mm, total anual) y se asocia con ciclones tropicales del Océano Pacífico (Mendoza-Salgado *et al.*, 2006). Durante los meses de invierno (diciembre a febrero), la temperatura ambiente es baja (6 a 12° C), la cual provoca que el aumento de la salinidad por evaporación no ocurra sino hasta el verano (junio a agosto), cuando se presenta una temperatura media de 32° C.

La temperatura superficial media anual del agua en Bahía Concepción es de 24.9° C, con una media mínima de 17.5° C (enero) y una media máxima de 32.1° C (septiembre) (Félix-Pico y Sánchez, 1976). Los datos de la temperatura promedio registrada en ambos puntos de muestreo no presentaron ninguna anomalía, ya que octubre de 2006 fue de 27.4° C, en febrero de 17.5° C y en enero de 2009 de 18.9° C.

Se puede decir que en Punta de Mita las salinidades registradas en el área de estudio son normales (Tabla 7), ya que Cortés-Lara *et al.* (2004) reportaron salinidades de 30.6 a 35.3 en la parte norte de la Bahía Banderas en esa temporada. Las temperaturas oscilaron entre 22.4 y 26.7° C, siendo enero de 2009 el mes más frío por casi 4° C de diferencia. Cortés-Lara *et al.* (2004) registraron temperaturas de 25 a 26° C en los meses de noviembre y diciembre, observando tendencias similares en toda la bahía. Asimismo, mencionan que este comportamiento tiene una relación con eventos locales, tales como las surgencias en la parte sur de la bahía.

El pH del agua de mar es ligeramente alcalino, ya que varía entre 7.5 y 8.4 (Kennish, 2001). En este estudio, en Bahía Concepción, el pH registrado en 2006 en la columna de agua en el área de la ventila varió de 8.4 en superficie a 6.6 en el fondo, debido principalmente al burbujeo de CO₂, ya que es uno de los gases principales que descarga este sistema hidrotermal (Forrest *et al.*, 2005), lo que confirma que el área muestreada se ubicó sobre el ventila. Prol-Ledesma *et al.* (2004) registraron valores de pH de 5.9 a 7.7 en las manifestaciones hidrotermales que se localizan en Ensenada Mapachitos, La Posada y Santispac, tanto submarinas, como intermareales y subaéreas. Los valores del pH en el área de control y los dos muestreos posteriores (2008 y 2009), así como los realizados en Punta de Mita, no mostraron diferencia con los valores de pH registrados en el agua de mar (Tablas 4 y 7).

NUTRIENTES. Los fluidos hidrotermales en sistemas someros, por lo general, están enriquecidos en elementos biogénicos como son el nitrógeno (N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃) y el fósforo (P-PO₄) (Dando *et al.*, 1999). Tarasov *et al.* (2005) efectuaron una recopilación de los valores de la composición de los fluidos hidrotermales someros, y los valores de los nutrientes registrados son: NO₃ = 0.1 a 5.1 μM, NO₂ ≥ 0.1 μM, NH₄ = 1.2 a 1,000, y PO₄ = 0.2 a 12.4 μM. Por otro lado, López-Cortés *et al.* (2003) realizaron un estudio del estado trófico de Bahía Concepción y registraron valores promedio en nitrógeno (NO₃ = 0.16 a 0.69 μM, NO₂ = 0.01 a 0.09 μM) y fósforo (PO₄ = 0.26 a 0.46 μM) durante el período de 1997 a 1999. En el muestreo realizado en Bahía Concepción en febrero de 2008, las concentraciones de nitratos en el área de control (1.04 a 1.29 μM) y en el área de la ventila (0.76 a 1.99 μM) se encontraron dentro del intervalo de los datos recopilados por Tarasov *et al.* (2005), triplicando, en algunos casos en la misma temporada, a los registrados por López-Cortés *et al.* (2003). Sin embargo, en el

muestreo realizado en enero de 2009, los valores de nitratos en el área de la ventila (0.12 a 0.46 μM) se mantuvieron dentro del intervalo registrado por [López-Cortés et al. \(2003\)](#). En el área de control, las concentraciones estuvieron por debajo de esos valores, aunque en ambos muestreos se observó una mayor concentración de nitratos en el fondo, tanto en la ventila como en el control.

En cuanto a los nitritos registrados en los muestreos de 2008 (2.99-5.39 μM) y 2009 (2.15-11.85 μM) presentaron valores mucho más altos que los registrados por [López-Cortés et al. \(2003\)](#), ya que sus valores fueron hasta cinco veces más bajos que los encontrados en este estudio. El incremento del nivel de nutrientes en la columna de agua de bahías y esteros se asocia a procesos de mezcla ([Casas et al, 1999](#)). Los vientos del noroeste, característicos de la temporada en la cual se muestreó, pueden provocar un incremento elevado de nutrientes hacia la columna de agua debido a la mezcla que se ocasiona ([Álvarez y Lara, 1991](#)), evitando así poder detectar el efecto del fluido hidrotermal en la columna de agua.

La concentración del amonio (NH_4) en las ventilas hidrotermales someras estudiadas hasta el momento ha sido mayor que la del agua de mar ($< 3 \mu\text{M}$), ya que se ha registrado un intervalo que va de 1.2 a 1,000 μM ([Tarasov et al., 2005](#)). Los valores de la concentración del amonio en febrero de 2008 en la ventila (0.47-0.60 μM) y en el control (0.42-0.49 μM) quedaron dentro del intervalo de las concentraciones registradas en el agua de mar. En enero de 2009 las concentraciones fueron ligeramente más altas que en 2008. Las concentraciones en los fosfatos registrados en la bahía por [López-Cortés et al. \(2003\)](#) durante 1997–1999, fueron de 0.26 a 0.46 μM , dentro del intervalo que presentan las aguas oceánicas (0.10 a 0.70 μM). Los valores que se han registrado de fosfatos en las ventilas hidrotermales someras van de 0.2 a 12.4 μM ([Tarasov et al., 2005](#)). Los valores de los fosfatos registrados en el área de las ventilas de Ensenada Mapachitos en este estudio (1.65 a 2.87 μM) son mayores que los mencionados por [López-Cortés et al. \(2003\)](#) en esta misma bahía, al igual que los medidos en el área de control (de 1.80 a 1.93 μM), encontrándose estos valores dentro del intervalo registrado en las ventilas hidrotermales. Los valores de fosfatos en enero de 2009 en el área de la ventila fueron similares a los obtenidos en 2008; sin embargo, en el área de control los valores fueron mucho más altos (2.98 a 8.35 μM). Es difícil atribuir este enriquecimiento de nutrientes a las emanaciones hidrotermales a pesar de que el gas termal contiene el 54% de N_2 ([Forrest et al., 2005](#)), que podría estar enriqueciendo el agua de la

zona, debido a que la hidrología de la bahía está influenciada por el intercambio de masas de agua con el Golfo de California, por su circulación residual que depende del viento y por el flujo y reflujo de la marea (Dressler, 1981), provocando un transporte pasivo de sedimentos suspendidos y nutrientes orgánicos e inorgánicos (Farfán y Álvarez-Borrego, 1983).

El silicio es el segundo elemento de mayor abundancia en la litosfera. Las concentraciones en el agua de mar se encuentran en un intervalo que va de 0.1 a 200 μM . Las concentraciones de sílice (SiO_4) mencionadas por López-Cortés *et al.* (2003) en el centro de Bahía Concepción varían de 4.84 a 6.87 μM . A pesar de que se esperaba registrar concentraciones altas de sílice en el área de la ventila en la Ensenada de Mapachitos porque los fluidos hidrotermales se encuentran sobresaturados en ópalo (Villanueva-Estrada, 2007), los valores encontrados en el presente estudio en el muestreo de 2008 (3.76-10.08 μM) y 2009 (5.30-8.48 μM) fueron solo ligeramente más altos que los registrados por López-Cortés *et al.* (2003), y no hubo mucha diferencia entre el área de ventila con la de control. Esto podría deberse a las condiciones de reflujo de marea en la bahía (Martínez-López y Gárate-Lizarraga, 1994) y a la mezcla de la columna de agua ocasionada por los vientos del noroeste (Álvarez y Lara, 1991), los cuales dispersan la descarga de fluidos hidrotermales diluyendo la concentración de los solutos y gases disueltos.

Bahía Banderas es una bahía abierta de régimen tropical con fuerte influencia oceánica. La circulación oceánica en el área varía tanto estacionalmente como anualmente, debido a que es el punto de convergencia de tres importantes sistemas de corrientes marinas: a) la Corriente de California que fluye hacia el sur trayendo aguas frías y de baja salinidad hacia la región, b) la Corriente de Costa Rica que fluye hacia el norte, trayendo aguas de salinidad intermedia, y c) una corriente que proviene del interior del golfo que transporta las masas de agua densa y cálida del Golfo de California, la cual es transportada hacia el sur (Bádan, 1997). El CONAP (2007) (Consejo Nacional de Áreas Protegidas,) registra, en el área de las Islas Marías (150 km al NW), concentraciones superficiales de nitratos y nitritos de 0.6 a 13.0 μM y 0.01 a 0.09 μM , respectivamente. Más al norte, en las costas de Mazatlán, Sinaloa, Gárate-Lizarraga *et al.* (2002) encontraron valores de 0.05 a 0.54 μM de nitratos y 0.01 a 0.22 μM de nitritos. En el muestreo realizado en enero de 2009 en Punta de Mita, Nayarit, las concentraciones de nitratos (0.38 a 0.64 μM), nitritos (2.45-4.41 μM) y amonio (0.53-0.99 μM) registrados en el área de la ventila fueron ligeramente más bajos que

en el área de control (0.46 a 1.37 μM , 3.61-6.13 μM y 0.51-1.05 μM , respectivamente). Los valores de los nitratos se encontraron dentro del intervalo registrados por el CONAP (2007) y Gárate-Lizárraga *et al.* (2002), pero los nitritos se encontraron muy por encima de los valores mencionados por ambos estudios. Este enriquecimiento de nutrientes puede deberse a las zonas de mezcla producidos por los vientos del noroeste provocando surgencias (Roden, 1964), enmascarando el efecto de los fluidos hidrotermales.

Las concentraciones de fosfatos en las ventilas hidrotermales varía de 0.2 a 12.4 μM (Tarasov *et al.*, 2005), y en el agua de mar varía de 0.1 a ~ 70 μM . Los valores que registran Gárate-Lizárraga *et al.* (2002) en la Bahía de Banderas son de 0.49 a 1.97 μM y los del CONAP (2007) son de 0.4 a 1.7 μM . En este estudio, las concentraciones de los fosfatos en el área de la ventila (3.32-3.74 μM) presentaron menos variación en la columna de agua que en el área de control (0.62-3.29). A pesar de esta variación, los valores registrados son mucho más elevados que los de Gárate-Lizárraga *et al.* (2002) y CONAP (2007). Los niveles de concentración de los fosfatos pueden deberse a: la muerte del fitoplancton y las bacterias, el fósforo orgánico en sus tejidos es convertido a fosfato a través de la fosfatasa que tienen en sus células; y también a los desechos fisiológicos de los organismos que se alimentan del fitoplancton, cuyas heces tienen un contenido alto en fosfatos. Los valores bajos registrados en el área de control podrían deberse a la asimilación por organismos del fitoplancton, ya que requieren de éste nutriente en la realización de la fotosíntesis (Riley y Chester, 1989).

En los fluidos hidrotermales el silicio se encuentra enriquecido (5-7,800 μM) con respecto al agua de mar (Tarasov *et al.*, 2005). En este trabajo, las concentraciones del silicio en el área de la ventila (5.57-8.74 μM) fueron ligeramente más bajas que en el área de control (6.35-14.15 μM). Estos valores se ubican dentro de los intervalos del agua de mar y del ambiente hidrotermal, sin poder identificar de donde provienen. Esto se debe a que el silicio proviene del desgaste de las rocas sobre la corteza y éste ha sido transportado hacia el mar a través de los ríos y/o por el viento (Riley y Chester, 1989). Tal es el caso de Bahía de Banderas donde desembocan varios ríos a lo largo de sus costas, como el Ameca y el Cuale, aportando gran cantidad de nutrientes y material terrígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2004).

La definición de la eutrofización dada por el Consejo de las Comunidades Europeas (1991) es: “el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de nitrógeno y/o fósforo, que

provoca un crecimiento acelerado de algas y formas superiores de vida vegetal en ocasionar una perturbación indeseable en el equilibrio entre los organismos presentes en el agua y la calidad de las aguas afectadas”. Estos nutrientes son de vital importancia en el crecimiento de las algas, por lo que es importante determinar cuál de ellos es el limitante en el desarrollo de las algas en estuarios y zonas costeras donde las aguas son eutróficas o pueden llegar a serlo (por lo regular son el nitrógeno y el fósforo). Las algas absorben los nutrientes en proporciones específicas durante la fotosíntesis y su crecimiento. La proporción en que las algas disponen del nitrógeno y el fósforo está dada por la relación atómica de Redfield en los principales elementos presentes en la materia orgánica como C:N:P = 106:16:1, que es el balance ideal en el crecimiento de las algas (Neill, 2005). En el presente estudio, en ambas áreas de estudio, las proporciones de nitrógeno y fósforo no cumplen con la relación Redfield (Bahía Concepción: control, 1.8:1; ventila 1.24:1 y Punta de Mita: control, 3.1:1; ventila, 1.3:1), ya que los valores de estos nutrientes, en general, oscilaron entre 1.65 y 3.89, lo que nos indica que el nutriente limitante es el nitrógeno, que generalmente es considerado como el nutriente limitante más importante en la producción primaria en el medio marino (Chester, 2000).

Ignatiades *et al.* (1992) formulan la existencia de tres estados tróficos: a) el estado eutrófico (0.35 ± 0.22 de N-NO₃, 0.34 ± 0.28 de P-PO₄, 1.5 ± 0.9 de N-NH₄ y 3-5 mg Chl-*a* m⁻³) se refiere al enriquecimiento de nutrientes o materia orgánica y está asociado a la presencia de fitoplancton nocivo e hipoxia; b) el estado mesotrófico (0.26 ± 0.17 de N-NO₃, 0.09 ± 0.05 de P-PO₄, 0.84 ± 0.47 de N-NH₄ y 1-3 mg Chl-*a* m⁻³) es definido como un estado intermedio, relacionado a la concentración de nutrientes y crecimiento fitopláctico; por último, c) el estado oligotrófico (0.23 ± 0.21 de N-NO₃, 0.3 ± 0.03 de P-PO₄, 0.38 ± 0.23 de N-NH₄ y >1 mg Chl-*a* m⁻³) se refiere a la ausencia de concentraciones de nutrientes que puedan ser detectados y a una producción primaria limitada. En el presente estudio en Bahía Concepción, se encontró un estado de eutrofia en los silicatos y los fosfatos, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos por López-Cortés *et al.* (2003), quienes registran el estado de eutrofia en todo el año.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre el punto de control y ventila de cada zona de estudio, ni tampoco entre las dos áreas de estudio. Dicho resultado en Bahía Concepción se debe principalmente a que, al ser muy somero (6 m de profundidad), el

efecto de los vientos del noroeste provoca que la columna de agua este bien mezclada ([Álvarez y Lara, 1991](#)) perdiéndose el efecto de las emanaciones hidrotermales debido a que la dilución de éstas es inmediata. Por otro lado, se debe considerar también que la influencia del flujo y reflujo de la marea provoca el transporte pasivo de sedimentos suspendidos y por ende de nutrientes orgánicos e inorgánicos ([Farfán y Álvarez-Borrego, 1983](#)), provocando que la zona de estudio se encuentre homogenizada.

Punta de Mita se caracteriza por ser una zona muy dinámica debido a la confluencia de de los tres sistemas de corrientes marinas antes descritas, las corrientes de marea y la velocidad del viento, sobre todo en la época de ciclones ([Cárdenas-Vargas, 1994](#); [Salas-Pérez y Cupul-Magaña, 2005](#)). Estas características climáticas e hidrológicas podrían explicar, de la misma manera que en Bahía Concepción, el que no se hayan encontrado estadísticamente diferencias significativas entre los dos puntos de muestreo.

Por último, el análisis estadístico realizado entre los datos de nutrientes registrados en Bahía Concepción y Punta de Mita tampoco mostró diferencias significativas, considerándose que ambas muestras se agrupan en una misma población. Esto se debe a que en Bahía Concepción la hidrología está influenciada por el intercambio de agua con el Golfo de California ([Dressler, 1981](#)), y la Bahía de Banderas se localiza en el extremo sur oriental del Golfo de California, por lo cual podría haberse muestreando agua con características hidrológicas muy similares.

FITOPLANCTON

Los ambientes turbulentos se caracterizan por la presencia de especies de fitoplancton de tallas grandes (diatomeas), mientras que las especies pequeñas (flageladas y cianobacterias) dominan regiones más estratificadas. Las áreas de estudio presentaron un ambiente turbulento provocado por las condiciones atmosféricas e hidrográficas propias de la época de muestreo. Esto se ve reflejado en los resultados del fitoplancton, las diatomeas fue el mejor grupo representado taxonómicamente. Así mismo, se caracterizaron por ser el grupo dominante en ambas áreas de estudio, corroborando lo mencionado por [Nielsen y Kiørboe \(1991\)](#).

COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE FITOPLANCTON

Longhurst (1995) menciona que la diferencia en densidad de los organismos está dada por la energía auxiliar del sistema (procesos relacionados con la transferencia de energía en la trama biológica), que es en primera instancia, la responsable de los cambios que promueven el crecimiento del fitoplancton. Los resultados derivados del análisis de distribución Ji-cuadrada de Pearson entre las dos áreas de estudio y las muestras obtenidas en la zona hidrotermal y de control, indican que hubo diferencias significativas, ya que la X^2 calculada fue mayor que la X^2 de tablas. Esto confirma que no se trata de la misma comunidad fitopláctica debido a que las especies responden de diferente manera a los factores ambientales como son: los físicos (luz, temperatura, salinidad, turbulencia, etc.), químicos (nutrientes) y biológicos (pastoreo, competencia, metabolismo), y en este estudio los factores ambientales que presentaron diferencias significativas entre las dos áreas fueron: salinidad, temperatura y pH.

Tarasov *et al.* (2005) mencionan que en los sistemas hidrotermales someros las diatomeas es uno de los grupos que más se desarrollan, principalmente las especies de los géneros de los *Chaetoceros*, *Melosira* y *Thalassiosira*. En Bahía Concepción, las mayores concentraciones de diatomeas se registraron en octubre de 2006 en el área de control (6.9×10^6 células l^{-1}), casi el doble de lo registrado en el área de las ventilas, siendo los *Chaetoceros* el género más abundante, lo cual coincide con lo registrado por Martínez-López y Gárate-Lizarraga (1994) en esta misma bahía. Sin embargo, en el muestreo de febrero de 2008 el grupo de mayor densidad, pero no bien representado taxonómicamente (10 especies en área de control y 12 especies en el área de las ventilas), fueron los organismos flagelados nanoplanctónicos ($< 20 \mu m$) que se agruparon bajo la denominación de “fitoflagelados”. En el área de control representaron el 65 % del total de la densidad y en las ventilas el 42.8 %. Kennish (2001) menciona que estos organismos se benefician con aguas templadas o frías y ricas en nutrientes, y se encuentran principalmente en los sedimentos. Por tanto, los resultados generados en Bahía Concepción se pueden explicar por el efecto de suspensión de los sedimento, ya que los muestreos se efectuaron en temporada de marejadas producidas por los vientos del noroeste, que conlleva al enriquecimiento de nutrientes se incorporan a la columna de agua.

En Bahía Concepción se presentó el enriquecimiento en algunos nutrientes. [López-Cortés et al. \(2003\)](#) encontraron condiciones de eutrofia en silicatos y fosfatos en todo el año, lo mismo se registró en este estudio. La sílice es un nutriente esencial en el crecimiento de diatomeas y tiene una relación directa con la densidad de diatomeas y la concentración de la sílice soluble. Las diatomeas no se reproducen cuando la concentración de sílice es menor de 0.008 mM/kg ([Brock, 1967](#)).

La relación positiva de la densidad de diatomeas en las dos áreas de estudio (Bahía Concepción y Punta de Mita), así como en fitoflageladas, como se muestra en el ACP de enero del 2009 ([Fig. 15 y 18](#)) con el sílice, podría ser explicada por sus concentraciones elevadas, las cuales son aportadas continuamente por las emanaciones hidrotermales y la remoción de nutrientes del fondo por los procesos de mezcla típicos de la temporada. Por tanto, este proceso es una condición importante en sostener la densidad de bacilariofitas en estos sistemas ([Brock, 1967](#)).

[Prol-Ledesma et al. \(2004\)](#) concluyen que la descarga de agua termal de las ventilas hidrotermales en Bahía Concepción está constituida por el 60 % de agua marina y el 40 % por el miembro termal final, con una salinidad menor a la del agua de mar (26.0 a 32.0), y está enriquecida con: sílice, calcio, manganeso, bario, boro, arsénico, mercurio, yodo, hierro, litio, carbonatos, estroncio y concentraciones bajas en cloro, sodio, sulfatos y bromo con respecto al agua de mar. Estas condiciones podrían favorecer al picoplancton autótrofo, incluyendo a las cianofitas. Es importante resaltar que en octubre de 2006, la única muestra obtenida del fluido hidrotermal se caracterizó por presentar una densidad mayor de cianofitas que las otras dos zonas muestreada no directamente en el fluido ([Tabla 10](#)). Esto se ha observado también en el lago Constance, Alemania, donde se registra una concentración de 1.0×10^3 y 1.6×10^6 de células ml^{-1} ([Weiss, 1988b](#)). Lo anterior sugiere que el aumento de cianobacterias en la muestra del fluido hidrotermal se debe a las condiciones ambientales, las cuales son las propicias en el crecimiento de estas, condiciones que no se presentaron tanto en las muestras de la columna de agua en el área del ventila como en el área de control.

Los parámetros ambientales juegan un papel importante sobre la densidad, la distribución, la riqueza específica y la diversidad de las comunidades y que su desarrollo y supervivencia se encuentran condicionados en gran medida por estos factores ([Vernberg y](#)

Vernberg, 1978; Parsons *et al.*, 1990). Schmidt y Hansen (2001) y Hinga (2002) manifiestan que uno de los factores ambientales importantes en el crecimiento del fitoplancton en ambientes costeros es el pH, actuando de diferente manera sobre las especies. De acuerdo con los resultados del ACP, en el muestreo de octubre de 2006, el pH y la salinidad fueron los factores que más estrechamente se relacionaron con la densidad de los dinoflagelados y las cianofitas en forma positiva, y con las fitoflageladas y diatomeas en forma negativa (Figura 15). Sin embargo, con la disminución del pH y el aumento de la profundidad, el grupo de las cianofitas y los dinoflagelados se verán beneficiados como se pudo observar en el área de las ventilas en ese muestreo, donde se presentó una densidad mayor de cianofitas con la presencia de *N. pruniforme* y *T. erythraeum*.

La presencia de *N. pruniforme* podría deberse a los escurrimientos de agua dulce, ya que la precipitación pluvial en Bahía Concepción es, generalmente, torrencial en la época de verano y se asocia con ciclones tropicales del océano Pacífico (Mendoza-Salgado *et al.*, 2006), esta especie es dulceacuícola, muy abundante en temporada de lluvias y se le encuentra en ventilas, rocas, en lagos y raramente en el agua de mar (Wehr y Sheath, 2003). La especie *T. erythraeum* es común en aguas tropicales y subtropicales de los mares de todo el mundo, vive en asociación con las diatomeas y es un importante fijador de nitrógeno (Lenes, *et al.*, 2005); además, es considerada como productor de mareas rojas (Carpenter y Carmichael, 1995).

Los florecimientos algales o también llamados “mareas rojas” se deben a proliferaciones de microorganismos planctónicos pigmentados (microalgas, ciliados, bacterias) que alcanzan concentraciones del orden de 10^6 células l^{-1} (Freer y Vargas-Moreno, 2003). Según Iganatiades *et al.* (1992), el enriquecimiento en la columna de agua de algunos nutrientes puede redundar en la presencia de fitoplancton nocivo. Lo cual se confirma con el florecimiento de *Ch. curvisetus* detectado en el muestreo de 2006 en el área de control (Tabla 5), cuya densidad fue de 2.6×10^6 Cel $^{-1}$ y fue una especie dominante. *Ch. curvisetus* es una especie considerada como potencialmente nociva cuando produce un florecimiento (Zhang *et al.*, 2006), ya que sus setas pueden dañar las agallas de los peces, provocando mortalidades masivas (Procopiak *et al.*, 2006).

Al igual que en Bahía Concepción, en Punta de Mita el grupo más abundante y mejor representado fue el de las bacilariofitas (diatomeas). Los florecimientos de *T. aspera*

y *L. danicus* pueden causar muerte indiscriminada de peces e invertebrados por agotamiento de oxígeno, afecta la migración de peces por producción de compuestos ricos en proteínas, daña las branquias de peces mecánicamente o provoca perjuicios a las actividades turísticas y recreativas en áreas costeras por formación de espumas, sustancias aceitosas, manchas u olores (Sunesen *et al.*, 2009). Estos florecimientos pueden deberse al aporte de nutrientes provenientes de las descargas de los ríos, la suspensión por mezcla, las surgencias propias del lugar y el aporte de nutrientes provenientes de las ventilas. Cortés-Lara *et al.* (2002) sugieren que Bahía de Banderas es una zona muy susceptible en la ocurrencia de estos florecimientos, además mencionan que durante dos años continuos de observaciones, estas mareas rojas se han caracterizado por la presencia de nueve especies que incluyen a *C. catenatum*, *L. danicus*, *G. catenatum*, *M. rubrum*, *Navicula* sp., *N. scintillans*, *G. sanguineum* y *C. furca*.

En el presente trabajo, en abril de 2007 en ambos puntos de muestreo de Punta de Mita se registró un florecimiento de *P. pseudodelicatissima* (especie dominante) con concentraciones mayores a 9.1×10^5 Cél l⁻¹, lo que sería el primer registro de un florecimiento de esta especie en Bahía Banderas. Las características ambientales en este estudio concuerdan con lo comentado por Quiroga (2006), ya que la zona de estudio presentó temperaturas templadas y aguas relativamente ricas en nutrientes. El mismo autor menciona que de las 29 especies de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* descritas en la literatura, once son potencialmente tóxicas. La toxina que produce es el ácido domoico (AD) que puede causar intoxicaciones humanas y ha sido registrada como causal de muerte de humanos, mamíferos y aves marinas, y el portador más común son los moluscos filtradores que tienen la capacidad de acumularla (Sunesen *et al.*, 2009). Este género tiene una amplia distribución geográfica y todas las especies son marinas. En Florida, en la costa este en la barrera del sistema arrecifal, se han registrado florecimientos de *P. pseudodelicatissima* con densidades que exceden las 500,000 células l⁻¹ (Badylak y Philips, 2006). En la Bahía de Mazatlán, en el otoño de 1996, Gómez-Aguirre *et al.* (2004) revelaron la existencia de altas densidades de *Pseudo-nitzschia* spp. Este mismo fenómeno se registró de nuevo en noviembre 1998 en la bahía y un mes después se desplazó al sur de la Bahía de Mazatlán, mientras en esas mismas fechas, en California, EUA, se registraron accidentes de envenenamiento de mamíferos marinos, accidentes que en el noroeste de México se aprecian entre enero y marzo.

CLOROFILA-*a*

En el sistema hidrotermal de Milos, Grecia, [Robinson \(2000\)](#) determinó una concentración de clorofila-*a* en 1996 de 0.06 a 0.14 mg Chl-*a* m⁻³, con una temperatura superficial de 23° C, y en 1997, un intervalo de 0.04 a 0.14 mg Chl-*a* m⁻³ con una temperatura superficial de 24° C. Por otro lado, [Tarasov et al. \(1999\)](#) encontraron concentraciones similares (de ~0 a 0.6 mg Chl-*a* m⁻³) en el sistema hidrotermal que se ubica en el Puerto de Matupi, Papúa Nueva Guinea. En Bahía Concepción, [Palomares-García et al. \(2002\)](#) registraron una concentración promedio de 1.73 mg Chl-*a* m⁻³ en el mes de octubre y de 0.38 mg Chl-*a* m⁻³ en el mes de mayo. Los valores de clorofila-*a* registrados en el presente estudio (enero 2009) en el área de las ventilas (0.06 a 1.85 mg Chl-*a* m⁻³) y el área de control (0.33 a 0.96 mg Chl-*a* m⁻³) fueron más altos que los registrados en otras áreas de ventilas hidrotermales, pero encontrándose intermedios a los promedios de clorofila-*a* registrados por [Palomares-García et al. \(2002\)](#), ya que el promedio en el área de las ventilas fue de 0.89 mg Chl-*a* m⁻³ y en el área de control fue de 0.67 mg Chl-*a* m⁻³. En general, estas diferencias podrían deberse a la respuesta del fitoplancton a las condiciones ambientales de cada sitio.

En la distribución vertical de la clorofila-*a* en el área de las ventilas de Bahía Concepción, se registró la máxima concentración (1.85 mg Chl-*a* m⁻³) en la superficie, pico distintivo encontrado por [Tarasov et al. \(1999\)](#) en las aguas superficiales del sistema hidrotermal localizado en el Puerto de Matupi, Nueva Guinea. Esta distribución vertical puede ser explicada por la concentración de la densidad del bacterioplancton a lo largo de la columna de agua. Por otro lado, en el área de control la distribución de la clorofila-*a* a lo largo de la columna de agua mostró un comportamiento típico, con un máximo a los tres metros de profundidad, lo cual puede ser explicado por la distribución de la densidad de las fitoflageladas, cianofitas y diatomeas.

En la boca del Golfo de California, el [CONAP \(2007\)](#) registró valores superficiales de clorofila-*a* cuya concentración varió de 0.6 a 1.0 mg Chl-*a* m⁻³, encontrando los valores más altos cerca de las Islas Marías. En Punta de Mita, los valores de clorofila-*a* determinados en el área de las ventilas (0.74-4.03 mg Chl-*a* m⁻³) y el área de control (0.14-0.80 mg Chl-*a* m⁻³) se encontraron dentro de este intervalo (con excepción del valor máximo registrado en el fondo de las ventilas) pero superiores a los registrados por [Tarasov et al. \(1999\)](#) y [Robinson \(2000\)](#)

en las ventilas hidrotermales estudiadas por estos autores. Este máximo de clorofila-*a* que se registró en el área de las ventilas ($4.03 \text{ mg Chl-}a \text{ m}^{-3}$) es debido a la respuesta del fitoplancton por el enriquecimiento con los nutrientes provenientes del aporte terrígeno (ríos) y de las zonas de surgencias típicas de la temporada. [Tarasov et al. \(1999\)](#) encontraron un pico máximo en la zona de contacto con las ventilas en Matupi, Nueva Guinea debido a la actividad hidrotermal, ya que esta incrementa, entre otros, al silicio y a los nutrientes (principalmente SiO_2 y NH_4). Sin embargo, no se encontró una evidencia clara que explique la concentración de clorofila-*a* con la comunidad fitopláctica analizada. [Zeitzschel \(1970\)](#) y [Gilmartin y Revelente \(1978\)](#) mencionan que la presencia de una mayor densidad de nanoplancton ($< 20 \mu\text{m}$) como los cocolitofóridos u otros pequeños flagelados desnudos, pueden representar del 68 al 72 % de la composición del fitoplancton. Esta fracción del fitoplancton en el presente trabajo no fue determinada por deterioro en las muestras, ya que el fijador utilizado (Lugol) en algunos casos deforma o destruye estas células, lo que hace imposible su registro, por lo cual esta podría ser la respuesta a la distribución de clorofila-*a* encontrada en el área de estudio.

ANÁLISIS COMENTIVO EN LAS DOS ÁREAS DE ESTUDIO

El resultado que arrojó el análisis multivariado MANOVA ($\alpha=0.05$, $p\leq 0.001$) en el muestreo de enero de 2009, indicó que entre el área de estudio de Punta de Mita y el de Bahía Concepción existen diferencias significativas altas. El análisis discriminante señaló que cinco variables hicieron la gran diferencia entre las dos áreas de estudio, estas variables fueron: 1) la salinidad, 2) las diatomeas, 3) las fitoflageladas, 4) el picoplancton, y 5) el bacterioplancton. Con respecto a la salinidad, las diferencias entre las dos áreas de estudio probablemente es debida a la precipitación, siendo mayor en Punta de Mita, además de la afluencia de varios ríos en comención con los escurrimientos que se presentan en Bahía Concepción en temporada de lluvia, aunado a esto, esta bahía es un cuerpo de agua somero y semicerrado, por tanto la evaporación puedes ser mayor ([MacFall, 1968](#); [Cárdenas-Vargas, 1994](#); [Bustamante-García, 1999](#); [Ledesma-Vázquez y Johnson, 2001](#)).

Las diferencias de las densidades de las diatomeas en ambas áreas de estudio pueden estar relacionadas a los florecimientos algales, principalmente las tres especies registradas en

Punta de Mita y sólo una especie con florecimiento en Bahía Concepción, según [Cortés-Lara et al. \(2002\)](#), la Bahía Banderas es una zona muy susceptible en este tipo de fenómenos. Las variaciones tanto de la densidad y/o la riqueza específica del picoplancton, bacterioplancton y fitoflageladas entre Punta de Mita y Bahía Concepción (Tabla 17), además de estar influenciadas por los factores ambientales y la concentración de los nutrientes ([Vernberg y Vernberg, 1878](#); [Levasseur et al., 1984](#); [Parsons et al., 1990](#)), también es importante considerar el efecto de la turbulencia y la resuspensión porque son importantes en la sobrevivencia y crecimiento de algunas poblaciones. En las zonas litorales, la comunidad generalmente se encuentra dominada por especies pequeñas, como el picoplancton o el bacterioplancton, con altas tasas de crecimiento y bajas tasas de sedimentación, o especies fitoflageladas que pueden nadar activamente ([Margalef, 1978](#)). Por tanto, las mayores densidades del picoplancton y bacterioplancton de Punta de Mita se pueden relacionar por la hidrodinámica que se presenta en esta zona

DIATOMEAS BENTÓNICAS

RIQUEZA ESPECÍFICA

El presente trabajo es el primero en México de diatomeas bentónicas relacionadas a ventilas hidrotermales someras. No obstante, en otras regiones del mundo existen algunos estudios como el de [Kharlamenko et al. \(1995\)](#); [Robinson \(2000\)](#); de [Troch et al. \(2006\)](#); [Tarasov \(2006\)](#); [Raghukumar et al. \(2008\)](#); [Zappilli y Donavaro \(2009\)](#), aunque presentan un marco ecológico y no florísticos, en donde se analizan los efectos de algún parámetro físico-químico o biológico (tapetes bacterianos, zooplancton, pastoreo) con las diatomeas bentónicas. En general, la composición taxonómica registrada en este estudio es similar a la registrada por estos autores, así como en otros tipos de ambientes ([Cahoon y Safir, 2002](#); [Siqueiros-Beltrones, 2002](#); [Martínez-López et al., 2004](#)), ya que las diatomeas son cosmopolitas, y tienen la capacidad de adaptarse a las condiciones ambientales que les rodean ([Round et al., 1990](#); [Jannasch, 1995](#); [Cambra, et al. 2005](#)), probablemente por esta razón, sólo

se encontraron seis especies exclusivas de las ventilas en las dos áreas de estudio: *Auliscus* sp. *Cocconeis dirupta*, *Cocconeis scutellum*, *Delphineis angustata*, *Delphineis surirella*, *Talaroneis furcigera*.

El índice de similitud de Jaccard, en este estudio, demostró poca similitud de la especies de diatomeas bentónicas entre Punta de Mita y Bahía Concepción (11 especies comunes de un total de 216 especies) y entre los puntos de control y ventila de las dos localidades (21.1 %; cinco especies comunes) (Tabla 18, Fig. 22). Siqueiros-Beltrones (1994) refiere que la comención espacial y temporal de las diatomeas mediante índices de similitud, muestran diferencias marcadas que son atribuidas a la proliferación diferencial específica, aunque normalmente de un mismo grupo de especies importantes. Esta proliferación puede estar dada a las características fisicoquímicas de los sedimentos como la salinidad, temperatura, pH, nutrientes y materia orgánica (Brock, 1967; Wendker, 1992; Siqueiros-Beltrones y Sánchez-Castrejón, 1999a; La Madrid-Peña, 2010). Aunque no se tomaron parámetros fisicoquímicos de los sedimentos, Bahía Concepción presenta un ambiente oxidante (Prol-Ledesma *et al.*, 2004) mientras que Punta de Mita es una zona con un ambiente reductor (Prol-Ledesma *et al.*, 2002).

El análisis de factores indicó que las variables que dieron estas diferencias (presencia/ausencia) entre las áreas de estudio fueron: 51 especies únicas presentes en Punta de Mita de los géneros *Aulacodiscus*, *Coscinodiscus*, *Eunotogramma*, *Hemidiscus*, *Triceratium*, *Delphineis*, *Diplomenora*, *Rhaphoneis*, *Tabularia*, *Brebissonia*, *Navicula*, *Pleurosigma*, *Seminavis*, *Surirella* y *Trachyneis*, y 76 especies únicas registradas en Bahía Concepción de los géneros: *Cyclotella*, *Glyphodesmis*, *Martyana*, *Perissonoë*, *Tetracyclus*, *Achnanthes*, *Anorthoneis*, *Caloneis*, *Cocconeis*, *Encyonema*, *Hantzschia*, *Petroneis*, *Rhopalodia* y *Dictyocha*. Wendker (1992) menciona que la textura del sedimento es uno de los factores que más influye en la composición específica y en los patrones de distribución de las comunidades de diatomeas bentónicas. En Bahía Concepción predominan las arenas y en Punta de Mita los sedimentos están conformados principalmente por carbonatos de calcio (Prol-Ldesma *et al.* 2002, 2004)

Por otro lado, es importante resaltar las diferencias de la densidad como la riqueza de especies de diatomeas a una escala espacial pequeña. Siqueiros-Beltrones *et al.* (1991) y Oppenheim (1991) mencionan que la heterogeneidad que se da de una muestra a otra en un

mismo sitio corresponde a una generalidad. Esto es una clara evidencia de una distribución en parches marcada de estos organismos; distribución que responde a varios factores, como el oportunismo propio de las diatomeas, las variaciones de los sustratos, particularmente en los sedimentos y la influencia combinada de factores fisicoquímicos como la salinidad y la temperatura.

La salinidad y la temperatura como factor determinante de la ausencia o presencia de varios taxa (Siqueiros-Beltrones y Sánchez-Castrejón, 1999a), es porque influyen en el metabolismo de las diatomeas. La solubilidad de distintas sustancias y disponibilidad del carbono dependen del pH, y a la vez éste es primordial en las diatomeas. Así mismo, la materia orgánica tiene un efecto directamente proporcional con la densidad y estructura de las comunidades de diatomeas. Otro factor importante es la concentración de nutrientes en el sedimento (La Madrid-Peña, 2010), principalmente el sílice que es un nutriente esencial en el crecimiento de las diatomeas (Brock, 1967). En Bahía Concepción, las concentraciones de sílice en las ventilas submarinas varía de 2.1 a 4.5 mM y tienen un índice de saturación de ópalo de 1.6 a 2.4 mM/kg de Si (Canet *et al.*, 2005), mientras que en Punta de Mita existe un gran aporte de silicio debido a los ríos que desembocan a lo largo de sus costas proporcionando gran cantidad de nutrientes y material terrígeno (Cortés-Lara *et al.*, 2004).

Por otra parte, se presentó un problema taxonómico con los ejemplares del género *Auliscus*. Estos no pudieron ser identificados a nivel específico debido a que las células presentan cuatro ocelos y entre éstos, de tres a cuatro procesos (Fig. 25). El género se caracteriza porque las células solitarias, circulares o elípticas en vista valvar; en vista cingular, se presentan en forma rectangular con elevaciones; valvas con dos o tres ocelos conspicuos sobre las elevaciones, una cara de la valva con relieves u otras formas (Round *et al.*, 1990). Aparentemente sin rimopórtulas, aunque Simonsen (1979), menciona la presencia de éstas en organismos fósiles, pero no en material reciente. Este género rara vez se registra en material vivo, pero cuando se encuentra está probablemente adherido a granos de arena en la región marina de la plataforma interna (Round *et al.*, 1990). En poder precisar si se trata de una especie fósil o una nueva especie, es necesario analizar material fresco en observar si hay material celular en el interior de la célula y hacer estudios detallados de microscopía electrónica de barrido en poder determinar de qué especie se trata.

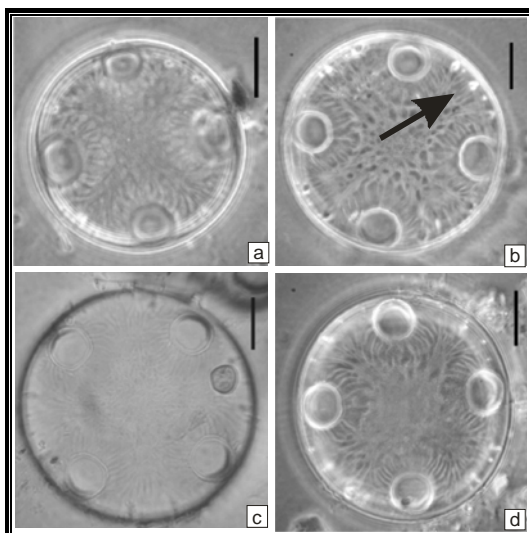


Figura 25. Fotografía en microscopio de luz de *Auliscus* sp. (vista valvar) registrado en las ventilas hidrotermales localizadas en Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción B. C. S. Las cuatro figuras (a-d) son de diferentes células en las que se les pueden apreciar los cuatro ocelos y la presencia de procesos señalados con una flecha. Escala: 10 μ m.

BACTERIAS

PUNTA DE MITA

Las secuencias obtenidas en Punta de Mita se repartieron de la siguiente forma: seis clonas se registraron en la zona de control, tres son Alpha-proteobacterias (5947, 5954 y 5955) y tres quedaron dentro del grupo de “No Clasificadas” (5944, 5948 y 5951). La secuencia 5947 presentó una máxima identidad del 99 % con respecto a la registrada en el GenBank (GU575117.1 *Ahrensia* sp. HDW-32), aislada de una muestra de agua de mar al sur de Corea, en el Mar Amarillo (Jung *et al.*, 2010). Este género puede ser muy versátil, ya que puede ser: fotoautótrofo utilizando como donador de electrones al hidrógeno, el sulfuro o el tiosulfato; puede ser quimioautótrofo donde su desarrollo puede darse en condiciones anóxicas y de obscuridad; fotoheterótrofo en condiciones anaeróbicas con luz utilizando diversas fuentes de carbón como donador de electrones. El intervalo de temperatura óptimo en su crecimiento

ocurre entre los 20 y 30° C (Krieg, 2005) (Tabla 19), por lo cual estaría relacionado con las condiciones reductoras presentes en las ventilas de Punta de Mita.

De las cinco clonas restantes que se registraron en la zona de la ventila sólo dos están relacionadas con ventilas hidrotermales. La primera de ellas (secuencia 10634) presentó una máxima identidad del 97 % con respecto a la registrada en el GenBank (AF419657.1, bacteria aún no cultivada clon a2b008), aislada de los sedimentos hidrotermales ubicados en la Cuenca de Guaymas, relacionándola con comunidades metanotróficas anaeróbicas (Teske *et al.*, 2002). La otra secuencia (10636) presentó una máxima identidad del 97 % con respecto a la registrada en GenBank, AM285299.1, *Hydrogenivirga* sp. clon 128-5-R1-6 (Nunoura *et al.*, 2008), que pertenece al Orden de las Aquificales, aislada del sedimento de las ventilas hidrotermales profundas ubicadas en la cuenca de Lau, al Este del centro de dispersión de Lau en el Océano Pacífico (Reysenbach *et al.*, 2008). Todas las especies de este Orden son termófilas y oxidan el azufre y/o el hidrógeno. Estas especies potencialmente representan a los productores primarios en ambientes de altas temperaturas, aguas termales terrestres y costeras, así como en aguas subterráneas y sistemas hidrotermales submarinos (Eder y Huber, 2002; Marteinsson *et al.*, 2001; Reysenbach *et al.*, 2000). Además de las dos bacterias relacionadas con las ventilas, se identificó un género perteneciente al Phylum Chloroflexi, representado por *Chloroflexi* sp. (97 % de máxima identidad). La Clase Chloroflexi (anteriormente conocidas como bacterias verdes no sulfurosas), son bacterias filamentosas que por lo regular son termófilas, aerobias facultativas que realizan la fotosíntesis anoxigénica (no producen oxígeno, fotoheterotrofia) debido a que contienen bacterioclorofila-*a* (Garrity y Holt, 2001). A los miembros de este Phylum se les asocia fundamentalmente a hábitats extremos, como son los tapetes microbianos que se forman en fuentes termales (Boomer *et al.*, 2002; Nubel *et al.*, 2002) o en ambientes hipersalinos (Nubel *et al.*, 2001) (Tabla 19). Puesto que no se tiene un ambiente hipersalino en la zona de Punta de Mita, su relación se establece con el tapete microbiano de las manifestaciones hidrotermales.

BAHÍA CONCEPCIÓN

De las secuencias obtenidas en Bahía Concepción, se identificaron un total de 25 individuos repartidos en ocho Phyla, presentando todas ellas arriba del 95 % de identidad máxima con respecto a la registrada en el GenBank, además del grupo “No clasificada”. En la zona de control se registró sólo el Phylum Firmicutes, representado por cuatro individuos del mismo género: FJ763844.1 *Bacillus* sp (clon MLA64), aislado de una muestra de agua de mar al este de Irán (Lagzian *et al.*, 2009); AY603978 *B. taeanensis* (clon BH030017.1), aislado de un sedimento salino al sur de Corea (Lim *et al.*, 2006); GU397394.1 *B. Flexus* (clon D10), aislado en el lago hipersalino Aran-Bidgol, Irán (Kamseh *et al.*, 2010) y EF010982.1 *B. megaterium* (clon CP4) (Xi *et al.*, 2006). Las especies de este género pueden ser aerobios o anaerobios facultativos; presentan un amplio tipos de hábitats en los que se incluyen los ambientes extremos: pueden ser termófilos, psicrófilicos, acidófilicos, alcalinófilicos, halotolerantes o halófilicos capaces de crecer con valores de pH, temperatura y salinidad altas (Pepe *et al.*, 2003; From *et al.*, 2005) (Tabla 20).

En la zona de la ventila se reconocieron siete grupos filogenéticos. En el primero de ellos se registraron tres Alpha-proteobacterias. La primera de ellas FJ425599.1 fue una bacteria de la Familia Rhodobacteraceae clon MD3.11 aún no cultivada (98 % de máxima identidad); la segunda FJ232451.1 *Phaeobacter* sp. clon NH52F (97 %), aislada de sedimento marino al sur del Mar de China (Wang *et al.*, 2010), y la tercera CP000490.1 *Paracoccus denitrificans* PD1222, aislada de sedimento marino (Copeland *et al.*, 2007). Las bacterias pertenecientes a este género tienen una distribución amplia en ambientes marinos, constituyen del 20 al 30 % de las procariotas en bibliotecas del 16S rRNA (Porsby *et al.*, 2008), por lo que no es de extrañarse el encontrarlas en estos ambientes.

En el segundo grupo (Bacteroidetes) se registraron tres bacterias, dos de ellas sin identificar y GU230421.1 *Flavobacterium* sp., aislada también de sedimento marino en Rio de la Plata, al sur del Pcéano Atlántico (Alonso *et al.*, 2010). Las especies de este Phylum tienen una amplia distribución incluyendo suelos, sedimentos, agua de mar y en la piel e intestinos de los animales (Kreig, 1984). El tercer Phylum, (Heterokontophyta) se registró la secuencia genómica del cloroplasto de la diatomea EF067920.1 *Phaeodactylum tricorutum* (Oudot-Le *et al.*, 2007). Li y Graur (1991); basándose en evidencias moleculares, mencionan que

actualmente la teoría de un origen endosimbiótico tiene gran sentido. Okamoto e Inouye (2005) mencionan que existe evidencia de que tanto la mitocondria como los cloroplastos de las células eucariotas evolucionaron a partir de bacterias de vida libre. Lo que explica que en el análisis de la secuenciación del gen 16s RNA en este estudio, se haya detectado el cloroplasto de una eucariota. El cuarto Phylum (Delta-proteobacteria) representado por dos bacterias, una no identificada (AM039961.1) y la otra DQ831553 *Desulfosarcina* sp. clon CBII140, aislada en sedimento marino (Silva *et al.*, 2006), es una bacteria reductora de sulfato. La mayoría de ellas son mesófilas aunque también hay algunas termófilas. Estas bacterias son importantes en ambientes aeróbicos por sus altas tasas de reducción del sulfato además de que intervienen en procesos de biomineralización (Rutters *et al.*, 2001).

En el quinto y sexto Phyla, se registraron tres bacterias relacionadas con ventilas hidrotermales pertenecientes a las proteobacterias. La primera de ellas presentó una máxima identidad del 97 % con respecto a la registrada en el GenBank, una AB113186.1 *Sulfurospirillum* sp. clon: pCIRB-75 (aún no cultivada) aislada en un sistema hidrotermal en la parte central de la Dorsal de la India (Takai *et al.*, 2005), es una bacteria de vida libre, perteneciente a las Epsilo-proteobacterias. Pueden crecer en condiciones aeróbicas o anaeróbicas, tienen un tipo de metabolismo quimiorganotrófico y su óptimo de crecimiento es a los 37° C. Los miembros de este género fermentan utilizando el fumarato en poder reducir el nitrato a amonio (Vandamme, 2000). Este grupo de bacterias juegan un papel importante en los hábitats en que se desarrollan como colonizadores primarios y productores primarios o con asociaciones simbióticas (Campbell *et al.*, 2006). López-García *et al.* (2003) sugieren que en ambientes de aguas profundas, maximizan la función de los ecosistemas debido a su alta biomasa y tasas de crecimiento, a las adaptaciones a los cambios rápidos en las condiciones geoquímicas y a su versatilidad metabólica. Las dos bacterias restantes pertenecen al Phylum Gama-proteobacteria. La primera de ellas con el 87 % de máxima identidad fue un AY310506.1 endosimbionte (no identificado) aislado también en la India. (Goffreid *et al.*, 2004). La segunda estuvo representada por una AF170422.1 bacteria sulfuro-oxidante cadena OD1116, aislada en una ventila hidrotermal somera (Sievert *et al.*, 2000). Las OTU's que se relacionaron con ventilas hidrotermales fueron: la 5853, la 6885 y la 6893 (Tabla 20).

Es importante señalar que las bacterias relacionadas con ambientes hidrotermales que se identificaron en ambos sitios de estudio son características de ventilas hidrotermales

profundas en su mayoría, por lo que se puede inferir que a pesar de las diferencias de presión y temperatura existen similitudes en las especies de microorganismos adaptados a las condiciones físico-químicas de los sistemas hidrotermales submarinos.

CAPÍTULO SEIS

CONCLUSIONES

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

- Las proporciones de nitrógeno y fósforo no cumplen con la relación Redfield en ambas áreas de estudio (Bahía Concepción y Punta de Mita). Los resultados de este estudio revelaron que el nutriente limitante fue el nitrógeno.
- De acuerdo con la escala propuesta por Ignatiades, se encontró un estado de eutrofia para los silicatos y los fosfatos para ambas áreas de estudio.
- El análisis estadístico no mostró diferencias significativas con respecto a los nutrientes entre el punto de control y ventila de cada zona de estudio y entre Bahía Concepción y Punta de Mita, esto probablemente se debe a la hidrodinámica de la zona, lo cual provoque que la columna de agua se encuentre mezclada. Las concentraciones de los nutrientes registrados en Bahía Concepción, posiblemente sea el resultado del intercambio de masas de agua con el Golfo de California, a la circulación residual que depende del viento y por el flujo y reflujos de la marea. En el caso de Punta de Mita, las concentraciones de nutrientes puede estar relacionado al aporte de los ríos y a los vientos estacionales que provocan zonas de surgencias en la parte sur de la bahía.

FITOPLANCTON

- En general, el grupo dominante en ambas áreas de estudio fue el grupo de las diatomeas.
- Para Bahía Concepción, las mayores densidades de diatomeas se registraron en octubre del 2006 en el área de control, siendo los *Chaetoceros* el género más abundante presentando un florecimiento de *Ch. curvisetus*, especie considerada como

potencialmente nociva. El fluido hidrotermal de Bahía Concepción se caracterizó por presentar una densidad mayor de cianofitas que las otras dos áreas muestreadas, con un número elevado de *N. pruniforme* y *T. erythraeum*, también productoras de mareas rojas, debido a las condiciones ambientales que fueron las propicias para su desarrollo.

- En Punta de Mita la mayor densidad de diatomeas se registró en enero del 2009 en el área de control, donde se registró un florecimiento de dos especies de diatomeas: *L. danicus* y *T. aspera*, debido al aporte de nutrientes (provenientes de ríos, mezcla, surgencias, la relación N:P y Si:P y de las ventilas hidrotermales). En abril del 2007 se observó un florecimiento de *P. pseudodelicatissima* en ambos puntos de muestreo con concentraciones mayores a 9.1×10^5 Cél-L⁻¹, lo cual corresponde al primer registro de un florecimiento de esta especie en Bahía Banderas. En el área de las ventilas también se registró el florecimiento de *L. danicus* con una mayor densidad, considerada como potencialmente nociva.
- El análisis de distribución X^2 para las muestras de fitoplancton confirmaron que no se trata de la misma comunidad entre la ventila y control de las dos áreas de estudio, tal vez esto es debido a que las diferentes especies responden de diferente manera a los factores ambientales.
- El análisis comparativo de los factores bióticos y abióticos para las dos áreas de estudio indicó que entre Punta de Mita y Bahía Concepción existen diferencias significativas dadas por las siguientes variables: 1) la salinidad, 2) las diatomeas, 3) las fitoflageladas, 4) el picoplancton, y el bacterioplancton.

DIATOMEAS BENTÓNICAS

- Bahía Concepción presentó mayor riqueza específica que Punta de Mita.
- Las áreas que contienen las ventilas hidrotermales presentaron una mayor riqueza de especies que las áreas de control.
- En las dos zonas (PM y BC), la similitud de la composición específica entre ventila y control es baja.
- Los controles de PM y BC son similares

BACTERIAS

- Se obtuvieron un total de 100 clonas de microorganismos para ambas áreas de estudio (Punta de Mita y Bahía Concepción).
- Las clonas analizadas permitieron describir solo 10 Phyla, ya que el mayor porcentaje de las secuencias se agruparon como “No Clasificada”.
- En Punta de Mita sólo se registraron cuatro Phyla y un grupo NC. En la zona de control sólo se registró el Phylum de las Alpha-proteobacteria representado por *Ahrensia* sp., En la zona de la ventila se registró a *Chloroflexi* sp., además de *Hydrogenivirga* sp. clon 128-5-R1 y una bacteria aún no cultivada clon a2b008, estas dos últimas relacionadas a ventilas hidrotermales.
- En contraste con lo anterior, en Bahía Concepción se registraron ocho Phyla y un grupo NC. En la zona de control sólo se registró al Phylum Firmicutes representado por cuatro especies: *Bacillus* sp., *B. taeanensis*, *B. Flexus* y *B. megaterium*. En la zona de la ventila se identificaron a: *Phaeobacter* sp. *Paracoccus denitrifican*, una Rhodobacteraceae, *Flavobacterium* sp. Cyanobacteriaceae, la secuencia genómica del cloroplasto *Phaeodactylum tricornutum*, *Desulfosarcina* sp. Las bacterias relacionadas con ventilas hidrotermales *Sulfurospirillum* sp., un endosimbionte (no identificado) y una bacteria sulfuro-oxidante.
- Se puede proponer la existencia de similitudes en los microorganismos presentes en los sistemas hidrotermales profundos y someros.

LITERATURA CITADA

- Alfonso, P., R. M. Prol-Ledesma, C. Canet, J. C. Melgarejo y A. E. Fallick. 2005. Isotopic evidence for biogenic precipitation as a principal mineralization process in coastal gasohydrothermal vents, Punta Mita, Mexico. *Chemical Geology*, 224: 113-121.
- Allan, J. F., S. A. Nelson, J. F. Luhr, J. F. Carlmichael, M. Wopat y P. J. Wallac. 1991. Pliocene-Recent rifting in SW Mexico and associated volcanism: an exotic terrane in the making. *In*: Dauphin, J. P. y R. R. T. Simoneit (Eds.). *The Gulf and Peninsular provinces of Californias*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 47: 425-445.
- Alonso, C., P. Gómez-Pereira, A. Ramette, L. Ortega, B. M. Fuchs y R. Amann. 2010. Multilevel approach to the diversity of bacterial communities along the environmental gradient Rio de la Plata-South Atlantic Ocean. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YEY3Z7U9014&log%24=nucltop&blast_rank=1&list_uids=283463640.
- Alt. J. C. 1995. Subseafloor processes in Mid-Ocean Ridge hydrothermal systems. *In*: Humphris, S., R. Zierenberg, L. Mullineaux y R. Thomson (Eds.). *Seafloor Hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological, and Geological Interactions*. Geophysical Monograph 91, American Geophysical Union, Washington, D.C. 85-114.
- Álvarez, B. S y J. R. Lara. 1991. The physical environmental and primary productivity of the Gulf of California. *In*: Simoneit B. R. T. y A. Drophin (Eds.). *The Gulf and Peninsular province of the California*. American Association of Petroleum Geologist Memorial, 47: 555-565.
- Arnórsson, S., J. Ö. Bjarnason, N. Giuoud, I. Gunnarsson y A. Stefánsson. 2006. Sampling and analysis of geothermal fluids. *Geofluids*, 6: 203-216.
- Badan, A. 1997. La corriente de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. *In*: M. F. Lavín (Ed). *Contribuciones a la oceanografía física en México*. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana, 99-112.
- Badylak, S y E. Philips. 2006. *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) from the Indian River lagoon, Florida. *Diatom Research*, 21 (2): 263-267.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico suroccidental. *Publicación Especial, Instituto Español de Oceanografía*, 1: 1-310.
- Barragán R. M., P. Birkle, E. Portugal, V. M. Arellano y J. Álvarez. 2001. Geochemical survey of medium temperature geothermal resources from the Baja California Peninsula and Sonora, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 110: 101-119.

- Barrat, J. A., J. Boulegue, J. J. Tiercelin y M. Lesourd. 2000. Strontium isotopes and rare-earth element geochemistry of hydrothermal carbonate deposits from Lake Tanganyika, East Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64: 287–298.
- Battarbee, R. W. 1986. *Diatom analysis. Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Bergland, B. E. (Ed.). p. 527-570.
- Bérnard-Therriault, L., M. Poulin y L. Bossé. 1999. *Guide d'identification du phytoplankton marin de l'estuarie et du Golfe du Saint Laurent. Incluant également certains protozoaires*. Publication Espéciale Canadienne des Sciences Halieutiques et Aquatiques 128. CNRC-NRC. 387 pp.
- Bischoff, J. L. y R. J. Rosenbauer. 1984. The critical point and two-phase boundary of seawater, 200–500° C. *Earth Planetary Science Letters*, 68: 172–180.
- Boney, A. D. 1989. *Phytoplankton*. 2nd Ed. Edward Arnold. Nueva York. 118 p.
- Boomer, S. M., D. P. Lodge, B. E. Dutton y B. Pierson. 2002. Molecular characterization of novel red green nonsulfur bacteria from five distinct hot spring communities in Yellowstone National Park. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 346-355.
- Botz, R., G. Winckler, R. Bayer, M. Schmitt, M. Schidt, D. Garbe-Schönberg, P. Stoffers y J. K. Kristjansson. 1999. Origin of trace gases in submarine hydrothermal vents of the Kolbeinsey Ridge, north Iceland. *Earth and Planetary Science Letters*, 171: 83–93.
- Brock, T. D. 1967. Relationship between standing crop and primary productivity along a hot spring thermal gradient. *Ecology*, 48: 566-571.
- Bustamante-García, J. 1999. *Monografía geológico-minera del estado de Baja California Sur*. In: Ortiz-Hernández, L. E. (Ed.). Consejo de Recursos Minerales. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Coordinación General de Minería. 237 p.
- Cahoon, L. B. y K. A. Safir. 2002. Distribution and biomass of benthic microalgae in Manuka Harbor, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36: 257-266.
- Cambra, J., L. Ector y S. Sabater. 2005. *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos (microalgas bentónicas)*. Ministerio del Medio Ambiente. Confederación hidrográfica del Ebro. España, 39 p.
- Campbell, B. J., A. S. Engel, M. L. Porter y K. Takai. 2006. The versatile ϵ -proteobacteria: key players in sulphidic habitats. *Nature*, 4: 458-468.
- Canet, C. y R. M. Prol-Ledesma. 2007. Mineralizing processes at shallow submarine hydrothermal vents: examples from Mexico. *Geological Society of America*. Special paper, 422 (13): 359-376.
- Canet, C., R. M. Prol-Ledesma. 2010. Infiltración y escape de fluidos sedimentarios en el fondo marino: estructuras y procesos de mineralización. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 12: 04-09 (en prensa).
- Canet, C., R. M. Prol-Ledesma, J. A. Proenza, M. A. Rubio-Ramos, M. J. Forrest, M. A. Torres-Vera y A. A. Rodríguez-Díaz. 2005a. Mn-Ba-Hg mineralization at shallow

- submarine hydrothermal vents in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. *Chemical Geology*, 224: 96-112.
- Canet, C., R. M. Prol-Ledesma, I. Torres-Alvarado, H. A. Gilg, R. E. Villanueva y R. Lozano-Santa Cruz. 2005b. Silica-carbonate stromatolites related to coastal hydrothermal venting in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Sedimentary Geology*, 174: 97-113.
- Canet, C., R. M. Prol-Ledesma, J. C. Melgarejo y A. Reyes. 2003. Methane-related carbonates formed at submarine hydrothermal springs a new setting for microbially-derived carbonates. *Marine Geology*, 199: 245-261.
- Cárdenas-Vargas, J. 1994. *Monografía geológico-minera del estado de Nayarit*. In: Cárdenas Vargas, J., J. López Ávila, J. J. Praga Pérez, H. Cortés Guzmán, I. Hernández García y B. Salazar Martínez (Eds.). Consejo de Recursos Minerales, Secretaria de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Subsecretaría de Minas e Industria Básica. 171 p.
- Cardigos, F., A. Colaço, P. R. Dando, S. P. Ávila, P. M. Sarradin, F. Tempera, P. Conceição, A. Pascoal y R. Serrão Santos. 2005. Shallow water hydrothermal vent field fluids and communities of the D. João de Castro Seamount (Azores). *Chemical Geology*, 224 (1-3): 153-168.
- Carpenter, E. J. y W. W. Carmichael. 1995. Taxonomy of cyanobacteria. In: G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson y A. D. Cambella (Eds). *Manual on harmful marine ecology*. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO, 337-380.
- Casas, B., M. Varela y A. Bode. 1999. Seasonal succession of phytoplankton species on the coast of Coruña (Galicia, northwest Spain). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 15 (1-4): 413-429.
- Chávez-Dagostino, R. M., L. M. García-Rivera, M. C. Cortés-Lara, F. J. Núñez-Cornú y R. M. Prol-Ledesma. 2000. *Caracterización biológica del sistema hidrotermal submarino de la fisura Las Coronas en Bahía de Banderas, México*. Resumen. XIII Congreso Nacional de Oceanografía.
- Chen-Tung, A. C., Z. Zhigang, K. Fu-Wen, F. Y. Tsanyao, W. Bing-Jye y T. Yueh-Yuan. 2005. Tide-influenced acidic hydrothermal system off Taiwan. *Chemical Geology*, 224: 69-81.
- Chester, R. 2000. *Marine geochemistry*. Blackwell Science Ltd. Londres. 506 p.
- Cleve-Euler, A. 1951. Die diatomeen von Schweden und Finnland. Kungl Svenka Vetenskapsakademis Handlingar. Stockholm. *Fjärde Serien*. Band 2. N:01.
- Cleve-Euler, A. 1953. Die diatomeen von Schweden und Finnland. Kunge Svenka Vetenskapsakademis Handlingar, Stockholm. *Fjärde Serien*. Band 4, No. 1.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2007. *Programa de conservación y manejo. Reserva de la biósfera Islas Mariás*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. EDM Ed. México, 216 p.
- Copeland, A., S. Lucas, A. Lapidus, K. Barry, J. C. Detter, T. Glavina del Rio, N. Hammon, S. Israni, E. Dalin, H. Tice, S. Pitluck, A. C. Munk, T. Brettin, D. Bruce, C. Han, R. Tapia, P. Gilna, J. Schmutz, F. Larimer, M. Land, L. Hauser, N. Kyrpides, A.

- Lykidis, S. Spiro, D.J. Richardson, J. W. B. Moir, S. J. Ferguson, R. J. M. van Spanning, y P. Richardson. 2007. Complete sequence of Chromosome 2 of *Paracoccus denitrificans*.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YG7P6KBZ012&log%24=nucltop&blast_rank=4&list_uids=119376152
- Cortés-Lara M. C., R. Cortés y B. Sierra. 2002. *Evaluación y diagnóstico de las mareas rojas en los litorales de bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit*. Res. XIII Congreso Nacional de Oceanografía. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Cortés-Lara, M. C., R. Cortés-Altamirano y A. P. Sierra-Beltrán. 2004. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) en mareas rojas de Bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Revista Biología Tropical*, 52 (1): 34-49.
- Crane, K., B. Hecker y V. Golubev. 1991. Hydrothermal vents in Lake Baikal. *Nature*, 350: 281.
- Cupp, E. E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of Scripps Institution Oceanographic*. University of California, 5 (1): 1-237.
- Dando, P. R., D. Stüben y S. P. Varnavas. 1999. Hydrothermalism in the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44: 333-367.
- Dando, P. R., J. A. Hughes, Y. Leía, S. J. Niven, L. S. Taylor y C. Smith. 1995. Gas venting rates from submarine hydrothermal areas around the island Milos, Hellenic Volcanic Arc. *Continental Shelf Research*, 15: 913-929.
- Dando, P. R., S. Aliani, H. Arab, C. N. Bianchi, M. Brehmer, S. Cocito, S. W. Fowler, J. Guodersen, L. E. Hooper, R. Kölbl, J. Kuever, P. Linke, K. C. Makropoulos, R. Meloni, J. C. Miquel, C. Morri, S. Miiller, C. Robinson, H. Schlesner, S. Sievert, R. Stöhr, D. Stüben, M. Thomm, S. P. Varnavas y W. Ziebis. 2000. Hydrothermal Studies in the Aegean Sea. *Physics and Chemistry of the Earth*, Part B, 25 (1): 1-8.
- Dawes, C. J. 1986. *Botánica marina*. Editorial Limusa, México. 673 p.
- de Ronde, C. E. J., P. Stoffers, D. Garbe-Schönberg, B. W. Christenson, B. Jones, R. Manconi, P. R. L. Browne, K. Hissmann, R. Botz, B. W. Davy, M. Schmitt y C. N. Battershill. 2002. Discovery of active hydrothermal venting in Lake Taupo, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115: 257-275.
- de Troch, A., L., Houthoofd, V. Chepurnov y A. Vanreusel. 2006. Does sediment grain size affect diatom grazing by harpacticoid copepods? *Marine Environmental Research*, 61: 265-277.
- Dressler, R. 1981. *Preliminary knowledge of hydrostatic summer conditions within Bahía Concepción, Baja California*. Ensenada, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Dymond, J., R. W. Collier y M. E. Watwood. 1989. Bacterial mats from Crater Lake, Oregon and their relationship to possible deep lake hydrothermal venting. *Nature*, 342: 673-675.

- Eder, W. y R. Huber. 2002. New isolates and physiological properties of the Aquificales and description of *Thermocrinis albus* sp. nov. *Extremophiles*, 6: 309-318.
- Farfán, B. C. y S. Álvarez-Borrego. 1983. Variability and fluxes of nitrogen and organic carbon at the mouth of a coastal lagoon. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 17: 599-612.
- Félix-Pico, E., Sánchez, R. S. 1976. *Tercer informe final del programa de orientación técnica para el aprovechamiento de los recursos naturales existentes y prácticas de maricultura en Bahía Concepción y Ensenada de La Paz*. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 20 p.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*, 39: 783-791.
- Ferrari, L., G. Pasquaré, S. Venegas, D. Castillo, y F. Romero. 1994. Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco block. *Geofísica Internacional*, 33: 139-151.
- Ferrari, L., S. Conticelli, G. Vagelli, C. N. Petrone, y P. Manetti. 2000. Late Miocene vulcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonophysics*, 318: 161-185.
- Ferrario, M. E., E. A. Sar y E. Sala. 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia en las diatomeas. In: Alves, K., M. E. Ferrario, E. C. Olvera y E. Sar. (Eds.). *Manual de métodos ficológicos*. Editorial Aníbal Pinto, S. A. Concepción. Chile, 1-24.
- Fitzsimons, M. F., P. R. Dando, J. A. Hughes, F. Thiermann, I. Akoumianaki y S. M. Pratt. 1997. Submarine hydrothermal brine seeps off Milos, Greece. Observations and geochemistry. *Marine Chemistry*, 57: 325-340.
- Forrest, M. J. y A. Melwani. 2003. *Ecological consequences of shallow-water hydrothermal venting along the El Requesón Fault Zone, Bahía Concepción, BCS, México*. GSA general meeting abstracts with programs, Seattle, Washington, EUA. 236 p.
- Forrest, M. J. 2004. The geology, geochemistry and ecology of a shallow water submarine hydrothermal vent in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Master Science thesis. California State University, Monterey Bay. 112 p.
- Forrest, M. J., J. Ledesma-Vázquez, W. Ussler III, J. T. Kulongoski, D. R. Hilton y H. G. Greene. 2005. Gas geochemistry of a shallow submarine hydrothermal vent associated with El Requesón fault zone in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Chemical Geology*, 224: 82-95.
- Freer, E y M. Vargas-Moreno. 2003. Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: Toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Acta Médica Costarricense. Colegio de Médicos y Cirujanos*, 45 (4): 158-164.
- From, C., R. Pukall, P. Schumann, V. Hormazábal y P. E. Granum. 2005. Toxin-Producing Ability among *Bacillus* spp. Outside the *Bacillus cereus* Group. *Applied and Environmental Microbiology*, 71 (3): 1178-1183.

- Gallardo, V. 1977. Large benthic microbial communities in sulphide biota under Peru-Chile subsurface countercurrent. *Nature*, 268: 331-332.
- Gamo, T., H. Chiba, T. Yamanaka, T. Okudaira, J. Hashimoto, S. Tsuchida, J. Ishibashi, U. Tsunogai, K. Okamura, Y. Sano y R. Shinjo. 2001. Chemical characteristics of newly discovered black-smoker fluids and associated hydrothermal plumes at the Rodriguez Triple Junction, Central Indian Ridge. *Earth and Planetary Science Letters*, 193: 371-379.
- Gárate-Lizárraga, I., C. Band-Schmidt, R. Cervantes-Duarte y D. Escobedo-Urias. 2002. Mareas rojas de *Mesodinium rubrum* (Lohmann) y Buddenbrock en el Golfo de California (invierno de 1998). *Hidrobiologica*, 12 (1): 15-20.
- Garrity, G. M. y J. G. Holt. 2001. Phylum BVI. Chloroflexi phy. nov. In: D.R. Boone and R.W. Castenholz,(Eds.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Volume 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria* (2nd Ed.). Nueva York: Springer Verlag, 169 p.
- Gilmartin, M y N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristic of the Barrier Island Lagoons of the Gulf of California. *Estuarine Coastal Marine Science*, 7 (1):29-47.
- Goffredi, S. K., A. Waren, V. J. Orphan, C. L. Van Dover y R. C. Vrijenhoek, 2004. Novel forms of structural integration between microbes and a hydrothermal vent gastropod from the Indian Ocean. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (5): 3082-3090.
- Gómez-Aguirre, S., S. Licea y S. Gómez. 2004. Proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. (Bacillariophyceae) y otras especies del microplancton en la Bahía de Mazatlán, México. *Revista de Biología Tropical*, 52 (1): 69-76.
- Graham, U. M., G. J. Bluth y H. Ohmoto. 1988. Sulfide-sulfate chimneys on the East Pacific Rise, 11° and 13° N latitudes. Part I: Mineralogy and paragenesis. *Canadian Mineralogist*, 26: 487-504.
- Gudmundsson, A. 1999. Fluid overpressure and stress drop in fault zones. *Geophysical Research Letters*, 26 (1): 115-118.
- Gugliandolo, C y T. L. Maugeri. 1993. Chemolithotrophic, sulfur-oxidizing bacteria from a marine, shallow hydrothermal vent of Vulcano (Italy). *Geomicrobiology Journal*, 11 (2): 109-120.
- Gugliandolo, C. y T.L. Maugeri. 1998. Temporal Variations in Heterotrophic Mesophilic Bacteria from a Marine Shallow Hydrothermal Vent off the Island of Vulcano (Eolian Islands, Italy). *Microbial Ecology*, 36: 13-22.
- Gugliandolo, C., F. Italiano y T. L. Maugeri. 2006. The submarine hydrothermal system of Panarea (Southern Italy): biogeochemical processes at the thermal fluids-sea bottom interface. *Annals of Geophysics*, 49 (2-3): 783-792.
- Gustafson, D. E. Jr, D. K Stoecker, M. D Johnson, W. F. Van Heukelem y K. Sneider. 2000. Cryptophyte algae are robbed of their organelles by the marine ciliate *Mesodinium rubrum*. *Nature*, 6790: 1049-1052.

- Hasle G. R. y G. A. Fryxell. 1995. Taxonomy of diatoms. *In*: G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson y A. D. Cambella (Eds). *Manual on harmful marine ecology*. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO, 339-364.
- Hasle, G. R. y E. E. Syversten. 1997. Marine Diatoms. *In*: Thomas, R. C. (Ed.). *Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. Nueva York. 5-385 p.
- Hendey, N. I. 1964. *An introductory account of the smaller algae of British coastal water. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms)*. Fisheries Investigations Series IV. Her Majesty's Stationery Office, Londres. 317 p.
- Herzig, P. M. y M. D. Hannington. 1995. Polymetallic massive sulphides at the modern seafloor—a review. *Ore Geology Reviews*, 10: 95-115.
- Hinga, K. R. 2002. Effects of pH on coastal marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 238: 281-300.
- Hinman, N. W. y R. F. Lindstrom. 1996. Seasonal changes in silica deposition in hot spring systems. *Chemical Geology*, 132: 237-246.
- Hoaki, T., M. Nishijima, H. Miyashita y T. Maruyama. 1995. Dense community of hyperthermophilic sulfur dependent heterotrophs in geothermally heated shallow submarine biotope at Kodakara-Jima Island, Kagoshima, Japan. *Applied and Environmental Microbiology*, 61: 1931-1937.
- Hobbie, J. E., R. J. Deley y S. Jasper. 1997. Use of nucleopore for counting fluorescent microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*, 33 (5): 1225-1228.
- Holm, N. G. y R. J. C. Henet. 1992. Hydrothermal systems: their varieties, dynamics, and suitability for prebiotic chemistry. *In*: Holm, N. G (Ed.). *Marine hydrothermal systems and the origin of life*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 246 p.
- Hum, H. J. y S. R. Wicks. 1980. *Introduction and guide to the marine blue green algae*. John Wiley press. Nueva York, 193 p.
- Humphris, S. E., R. A. Zierenberg, L. Mullineaux y R. Thomson (Eds.). 1995. *Seafloor Hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological, and Geological Interactions within Seafloor Hydrothermal Systems*. American Geophysical Union Monograph 91. 466 p.
- Iganatiades, L., M. Karydis y P. Vounatsou. 1992. A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication base on nutrient concentration scales. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 238-243.
- Janda J. M., y S. L. Abbott. 2007. 16S rRNA gene sequencing for bacterial identification in the diagnostic laboratory: perils, and pitfalls. *Journal of Clinical Microbiology*, 45 (9): 2761-2764.
- Jannasch, H. W. 1984. Microbial processes at deep-sea hydrothermal vents. *In*: Rona, P. A., K. Böstrom, L. Laubier y K. L. Smith. (Eds.). *Hydrothermal processes at seafloor spreading centers*. Nueva York, Nueva York, E.U.A. Plenum Publishing, 677-709.
- Jannasch, H. W. 1995. Microbial interactions with hydrothermal fluids. *In*: Humphris, S. E., R. A. Zierenberg, L. Mullineaux and R. Thomson (Eds.). *Physical, Chemical,*

- Biological, and Geological Interactions within Seafloor Hydrothermal Systems*. American Geophysical Union Monograph, 91: 273-296.
- Jung, Y. T., S. Park, T. K. Oh y J. H Yoon. 2010. *Ahrensia aquimaris* sp. nov., isolated from sea water of Yellow Sea in Korea.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YBH30325012&log%24=nucltop&blast_rank=1&list_uids=291062147.
- Juniper, S.K. y B. M Tebo. 1995. *Microbe-metal interactions and mineral of deep-sea hydrothermal vents, Boca Raton, Florida*. CRC Press, 219-253.
- Kalanetra, K. M., S. L. Huston y D. C. Nelson. 2004. Novel, attached, sulfur-Oxidizing bacteria at shallow hydrothermal vents possess vacuoles not involved in respiratory nitrate accumulation. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (12): 7487-7496.
- Kamenev, G. M., V. I. Fadeev, N. I. Selin y V. G. Tarasov. 1993. Composition and distribution of macro- and meiobenthos around hydrothermal vents in the Bay of Plenty, New Zealand. *Journal Marine and Freshwater Research*, 27: 407-418.
- Kamenev, G. M., V. Ya. Kavun, V. G. Tarasov y V. I. Fadeev. 2004. Distribution of bivalve mollusks *Macoma golikovi* Scarlato and Kafanov, 1988 and *Macoma calcarea* (Gmelin, 1791) in the shallow-water hydrothermal ecosystem of Kraternaya Bight (Yankich Island, Kuril Islands). Connection with feeding type and hydrothermal activity of Ushishir Volcano. *Continental Shelf Research*, 24: 75-95.
- Karl, D., C. Wirsén y H. Jannasch. 1980. Deep-sea primary production at the Galapagos hydrothermal vents. *Science*, 207: 1345-1347.
- Kennish, M. J. 2001. *Practical handbook of marine science*. 3th Ed. C. R. C. Press. United Kingdom. 566 p.
- Khamseh, D., M. Motlagh, M. A. Amoozegar, M. Bagheri, C. Sanchez-Porro y A. Ventosa. 2010. Biodiversity of Halophilic and Halotolerant Bacteria in Aran-Bidgol Hypersaline Lake of Iran.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YEMATKDT016&log%24=nucltop&blast_rank=1&list_uids=288806160.
- Kharlamenko, V. I., N. V. Zhukova, S. V. Khotimchenko, V. I. Svetashev y G. M. Kamenev. 1995. Fatty acids as markers of food sources in a shallow water hydrothermal ecosystem (Kraternaya Bight, Yankich Island, Kurile Islands). *Marine Ecology Progress Series*, 120: 231-241.
- Kjørboe, T. 1993. Turbulence, Phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food webs. *Advances in Marine Biology*, 9: 1-72.
- Kirkwood, D. S. 1994. *Samples segmented flow analyzer and its applications*. Seawater Analysis Skalar, 51 p.
- Krieg, N. 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams and Wilkins. Maryland. Baltimore, MD, 964 p.
- Krieg, N. 2005. *Ahrensia* Uchino, Hirata, Yokota and Sugiyama, 1999. In: Brenner, D. J., Krieg, N. R. y Staley J. T. (Eds). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. The

- Proteobacteria*. Vol 2 Part C. The Alpha-, Beta-, Delta-, and Epsilonproteobacteria, 222 p.
- La Madrid-Peña, J. F. 2010. Diatomeas.
<http://www.geologiaperu.com/descargas/publicaciones/diatomeas-y-aplicaciones.pdf>
- Lagzian, M., S. Farhadian y N. Haddadi. 2009. Sometida el 14-Febrero-2009. Biochemistry, Ferdowsi University of Mashhad, Vakil Abbad, Mashhad, Khorasan Razavi 9314746165, Iran.
- Ledesma-Vázquez, J. y M. E. Johnson. 2001. Miocene–Pleistocene tectonosedimentary evolution of Bahía Concepción region, Baja California Sur (Mexico). *Sedimentary Geology*, 144: 83–96.
- Ledesma-Vázquez, J., R. W. Berry, M. E. Johnson y S. Gutiérrez-Sánchez. 1997. El Mono chert a shallow basin member of the Pliocene Infierno Formation, Baja California Sur, México. In: Johnson, M. E., J. Ledesma-Vázquez (Eds.). *Pliocene carbonates and related facies flanking the Gulf of California*. Geological Society of America, Special Paper, 318: 73-82.
- Lenes, J. M., J. J. Walsh, D. B. Otis y K. I. Carder. 2005. Iron fertilization of *Trichodesmium* off the west coast of Barbados: A one-dimensional numerical model. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 52: 1021-1041.
- Levasseur, M., J. C. Theriault y L. Legendre. 1984. Hierarchical control of phytoplankton succession by physical factors. *Marine Ecology Progress Series*, 19: 211-222.
- Li, W y D. Graur. 1991. *Fundamentals of molecular evolution*. Sinauer Associates Inc. USA. 284 p.
- Licea, S., L. Moreno, H. Santiago y G. Figueroa. 1995. *Dinoflagelados del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. SEP-FOMES. Promarco, 165 p.
- Lim, J. M., C. O. Jeon y C. J. Kim. 2006. *Bacillus taeanensis* sp. nov., a halophilic Gram-positive bacterium from a solar saltern in Korea. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, 56 (12): 2903-2908.
- Longhurst, A.R. y D. Pauly. 1987. *Ecology of tropical oceans*: New York, Academic Press, 407 p.
- Lonsdale P. 1977. Clustering of suspension-feeding macrobenthos near, abyssal hydrothermal vents at oceanic spreading centers. *Deep-Sea Research*, 24: 857-863.
- López-Cortés, A. F. García_Pichel, U. Nübel y R. Vázquez-Juárez. 2001. Cyanobacterial diversity in extreme environments in Baja California, Mexico: a polyphasic study. *Microbiology*, 4: 227-236.
- López-Cortés, D. J., I. Gárate-Lizárraga, J. J. Bustillos-Guzmán, R. Alonso-Rodríguez y I. Murillo-Murillo. 2003. Variabilidad del estado trófico y la biomasa del fitoplancton de Bahía Concepción, Golfo de California (1997-1999). *Hidrobiológica*, 13 (3): 195-206.
- Lopez-Garcia, P. 2003. Bacterial diversity in hydrothermal sediment and ϵ -proteobacterial dominance in experimental microcolonizers at the Mid-Atlantic Ridge. *Environmental Microbiology*, 5: 961-976.

- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, N. J. 178 p.
- Margalef, R. 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1: 493-509.
- Marteinsson, V. T., S. Hauksdottir, C. F. V. Hobel, H. Kristmannsdottir, G. O. Hreggvidsson y J. K. Kristjansson. 2001. Phylogenetic diversity analysis of subterranean hot springs in Iceland. *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 4242-4248.
- Martínez-López, A., D. A. Siqueiros-Beltrones y N. Silverberg. 2004. Transport of benthic diatoms across the continental shelf of southern Baja California Peninsula. *Ciencias Marinas*, 39 (4): 503-513.
- Martínez-López, L. A. y I. Gárate-Lizarraga. 1994. Cantidad y calidad de la materia orgánica particulada en Bahía Concepción, en la temporada de reproducción de la almeja Catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835). *Ciencias Marinas*, 20 (3): 301-320.
- Maugeri, T. L., G. Bianconi, F. Canganella, R. Danovaro, C. Gugliandolo, F. Italiano, V. Lentini, E. Manini y B. Nicolaus. 2010a. Shallow hydrothermal vents in the southern Tyrrhenian Sea. *Chemistry and Ecology*, 26 (1): 285-298.
- Maugeri, T. L., V. Lentini, C. Gugliandolo, S. Cousin y E. Stackebrandt. 2010b. Microbial diversity at a hot, shallow-sea hydrothermal vent in the southern Tyrrhenian Sea (Italy). *Geomicrobiology Journal*, 27: 380-390.
- McCarthy, K. T., T. Pichler y R. E. Price. 2005. Geochemistry of Champagne Hot Springs shallow hydrothermal vent field and associated sediments, Dominica, Lesser Antilles. *Chemical Geological*, 224: 55-68.
- McFall, C. C. 1968. Reconnaissance geology of Concepcion Bay area, Baja California Sur, Mexico. Stanford University Publications, *Geological Science*, 10: 1-25.
- Melwani A. R. y S. L. Kim. 2008. Benthic infaunal distributions in shallow hydrothermal vent sediment. *Acta Oceanologica*, 33: 162-175.
- Mendoza-Salgado, R. A., C. H. Lechuga-Dervéze y A. Ortega-Rubio. 2006. Influence of rainfall on a subtropical arid zone coastal system. *Journal of Arid Environments*, 66: 247-256.
- Meostrup, Ø y H. A. Thomsen. 1995. Taxonomy of toxic Haptophytes (Primnesiophytes). In: G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson y A. D. Cambella (Eds). *Manual on harmful marine ecology*. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO, 318-338.
- Michard A. 1989. Rare earth element systematics in hydrothermal fluids. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 53: 745-750.
- Mita, N., A. Maruyama, A. Usui, T. Higashihara y Y. Hariya. 1994. A growing deposit of hydrous manganese oxide produced by microbial mediation at a hot spring, Japan. *Geochemical Journal*, 28: 71-80.
- Morán-Zenteno, D. J. 1984. Geology of the Mexican Republic. Tulsa, Oklahoma. *The American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology*, 39: 1-160.

- Moreno, J. L., S. Licea y H. Santoyo. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. SEP-FOMES. Promarco. 273 p.
- Neill, M. 2005. A method to determine which nutrient is limiting for plant growth in estuarine waters at any salinity. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 945-955.
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal fluids. Chemistry and exploration techniques*. Ed. Springer, Berlin. 263 p.
- Nielsen, J. G. y T. Kiørboe. 1991. Effects of a storm event on the structure of the pelagic food web with special emphasis on planktonic ciliates. *Journal of Plankton Research*, 13 (1): 35-51.
- Nubel, U., M. M. Bateson, M. T. Madigan, M. Kuhl y D. M. Ward. 2001. Diversity and distribution in hypersaline microbial mats of bacteria related to *Chloroflexus* spp. *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 4365-4371.
- Nubel, U., M. M. Bateson, V. Vandieken, A. Wieland, M. Kuhl y D. M. Ward. 2002. Microscopic examination of distribution and phenotypic properties of phylogenetically diverse Chloroflexaceae related bacteria in hot spring microbial mats. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 4593-4603.
- Nunoura T., M. Miyazaki, Y. Suzuki, K. Takai y K. Horikosh. 2008. *Hydrogenivirga okinawensis* sp. nov., a thermophilic sulfur-oxidizing chemolithoautotroph isolated from a deep-sea hydrothermal field, Southern Okinawa Trough. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, 58: 676-681.
- Nuñez-Cornú, F. J., R. M. Prol-Ledesma, A. Cupul-Magaña y C. Suárez-Placencia. 2000. Near-shore submarine hydrothermal activity in Bahía de Banderas, western Mexico. *Geofísica Internacional*, 39: 171-178.
- Obeso N. M. y A. R. Jiménez. 1995. *Simulación numérica de marea y viento del noroeste en Bahía Concepción, Baja California Sur, México*. Resumen. VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 534 p.
- Obeso, N. M., M. A. Alatorre y A. R. Jiménez. 1996. Modelación de la marea en Bahía Concepción, B. C. S. México. *Oceánides*, 11: 1-8.
- Okamoto, N y I. Inouye. 2005. A Secondary Symbiosis in Progress? *Science* 14 (310) no. 5746, 287 p.
- Oppenheim, D. R. 1991. Seasonal changes in epipelagic diatoms along an intertidal shore, Berrow Flats Somerset. *Journal of Marine Biology Association*, 71: 579-596.
- Oudot-Le, M. P., J. Grimwood, H. Shapiro, E. V. Armbrust, C. Bowler, y B. R. Green. 2007. Chloroplast genomes of the diatoms *Phaeodactylum tricornutum* and *Thalassiosira pseudonana*: comparison with other plastid genomes of the red lineage. *Molecular Genetics Genomics*, 277 (4): 427-439.
- Palomares-García, R., A. Martínez-López y I. Gárate-Lizárraga. 2002. Plankton community changes in Bahía Concepción, Mexico, *Oceánides*, 17 (2): 113-128.
- Parsons, T. R., M. Takahashi y B. Hargrave. 1990. *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press. New York. 329 p.

- Parson, L. M., C. L. Walker y D. R. Dixon. 1995. *Hydrothermal vents and processes*. Geological Society Special Publication. 87:411 p.
- Pepe, O., G. Blaiotta, G. Moschetti, T. Greco y F. Villani. 2003. Strains of *Bacillus* spp. from Wheat Bread and Strategy for Their Control by Lactic Acid Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*; 69 (4): 2321-2329.
- Peragallo, M. H. y M. Peragallo. 1908. *Diatomées marines de France et des Districts maritimes voisins*. A. Ashe y Co. Amsterdam Republique, 1965. 491 p.
- Pichler, T., J. Veizer. y G .E. M. Hall. 1999b. The chemical composition of shallow-water hydrothermal fluids in Tutum Bay, Ambitle Island, Papúa Nueva Guinea and their effect on ambient seawater. *Marine Chemistry*, 64: 229-252.
- Pichler, T., W. F. Giggenbach, B. I. A. McInnes, D. Buhl y B. Duck. 1999a. Fe sulfide formation due to seawater-gas-sediment interaction in a shallow water hydrothermal system at Lihir Island, Papúa New Guinea. *Economic Geology*, 94: 281-287.
- Porsby, C. H., K. F. Nielsen y Lone Gram. 2008. *Phaeobacter* and *Ruegeria* Species of the *Roseobacter* Clade Colonize Separate Niches in a Danish Turbot (*Scophthalmus maximus*) Rearing Farm and Antagonize *Vibrio anguillarum* under Different Growth Conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (23): 7356-7364.
- Procopiak, L. K., L. F. Fernandes y H. Moreira Filho. 2006. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Biota Neotropical* vol. 6 (3), <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?inventory+bn02306032006> ISSN 1676-0603.
- Prol-Ledesma, R. M. 2003. Similarities in the chemistry of shallow submarine hydrothermal vents. *Geothermics*, 32: 639-644.
- Prol-Ledesma, R. M., C. Canet, J. C. Melgarejo y F. J. Núñez-Cornú. 1999. *Mineralogy of a shallow hydrothermal spreading center near Punta Mita (Western Mexico)*. *Mineral deposits*. Processes to Processing, Balkema, Rotterdam. 569-572.
- Prol-Ledesma, R. M., C. Canet, M. A. Armienta y G. Solís. 2002a. *Vent fluid in the Punta Mita coastal submarine hydrothermal system, Mexico*. Geological Society of America Annual Meeting, Denver, Colorado, USA, 153 p.
- Prol-Ledesma, R. M., C. Canet, J. C. Melgarejo, G. Tolson, M. A. Rubio-Ramos, J. C. Cruz-Ocampo, A. Ortega-Osorio, M. A. Torres-Vera y A. Reyes. 2002b. Cinnabar deposition in submarine coastal hydrothermal vents, Pacific Margin of Central Mexico. *Economic Geology*, 97: 1331-1340.
- Prol-Ledesma, R. M., C. Canet, G. Tolson, A. García-Palomo, R. Miller, M. A. Rubio-Ramos, R. Torres-de León y J. S. Huicochea-Alejo. 2003. Basaltic volcanism and submarine hydrothermal activity in Punta Mita, Nayarit, Mexico. *In: Geologic transects across Cordilleran Mexico*. Guidebook for the field trips of the 99th Geological Society of America Cordilleran Section Annual Meeting, Field trip 7, Puerto Vallarta, Mexico. 169-182.

- Prol-Ledesma, R. M., C. Canet, M. A. Torres-Vera, M. J. Forrest y M. A. Armienta. 2004. Vent fluid chemistry in Bahía Concepción coastal submarine hydrothermal system, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 137: 311-328.
- Quiroga, I. 2006. *Pseudo-nitzschia* blooms in the Bay of Banyuls-sur-mer, northwestern Mediterranean Sea. *Diatom Research*, 21 (1): 91-104.
- Raghukumar, C., C. Mohandass, F. Cardigos, P. M. D'Costa, R. S. Santos y A. Colaço. 2008. Assemblage of benthic diatoms and culturable heterotrophs in shallow-water hydrothermal vent of the D. João de Castro Seamount, Azores in the Atlantic Ocean. *Current Science*, 95: 12-25.
- Renaut, R. W., B. Jones, J. J. Tiercelin y C. Tarits. 2002. Sublacustrine precipitation of hydrothermal silica in rift lakes: evidence from Baringo, central Kenya Rift Valley. *Sedimentary Geology*, 148: 235-257.
- Reysenbach, A. L., A. B. Banta, D. R. Boone, S. C. Cary y G. W. Luther. 2000. Microbial essentials at hydrothermal vents. *Nature*, 404: 835.
- Reysenbach, A. L., I. Ferrera, S. M. Kelly y A. B. Banta. 2008. *Diversity and distribution of Aquificales in the Lau Basin Ridge*. 2000 Program Abstract Volume Mantle to Microbe: Integrated Studies at Oceanic Spreading Centers March 25-26, Portland, Oregon.
- Riley, J. P. y R. Chester. 1989. *Introducción a la química marina*. AGT editor S. A. México. 459 p.
- Robinson, C. 2000. Plankton gross production and respiration in the shallow water hydrothermal systems of Milos, Aegean Sea. *Journal of Plankton Research*, 22 (5): 887-906.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. In: T. H. van Andel y G. G. Shore Jr (Eds). *Marine geology of the Gulf of the California*. A symposium, Memories American Association of Petrology Geological. 350 p.
- Rona, P. A., 1988. Hydrothermal mineralization at oceanic ridges. *Canadian Mineralogist*, 26: 431-465.
- Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann. 1990. *The diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, 747 p.
- Rusch, A., E. Walpersdorf, D. deBeer, S. Gurrieri y J. P. Amend. 2005. Microbial communities near the oxic/anoxic interface in the hydrothermal system of Vulcano Island, Italy. *Chemical Geology*, 224: 169-182.
- Rutters, H., H. Sass, H. Cypionka y J. Rullkotter. 2001. Monoalkylether phospholipids in the sulfate-reducing bacteria *Desulfosarcina variabilis* and *Desulforhabdus amnigenus*. *Archives of Microbiology*, 176 (6): 435-442.
- Saitou, N. y M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4: 406-425.

- Salas-Pérez, J. J. y A. Cupul-Magaña. 2005. *Preliminary temporal and spatial pattern of Bahía Banderas (México) marine circulation, derived from satellite and in-situ measurements*. e-Gnosis [online] 3:3. www.e-gnosis.udg.mx/vol3/art3.
- Sarano, P., R. C. Murphy, B. F. Houghton y J. W. S. Hedenquist. 1989. Preliminary observations of submarine geothermal activity in the vicinity of White Island volcano, Taupo Volcanic zone, New Zealand. *Journal of the Royal Society of the New Zealand*, 19: 449-459.
- Scharek, R., V. Smetacek, E. Fahrbach, L. I. Gordon, G. Rohardt y S. Moore. 1994. The transition from winter to early spring in the eastern Weddell Sea, Antarctica: Phytoplankton biomass and composition in relation to hydrography and nutrients. *Deep Sea Research*, 41 (8): 1231-1250.
- Schiller, T. 1930. Dinoflagellatae. In: Rabenhorst, S. L. (Ed.). *Kryptogamen flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Johnson Reprint Co. Nueva York, 89-266.
- Schmidt, L. E. y P. J. Hansen. 2001. Allelopathy in the prymnesiophyte *Chrysochromulina polylepis*: effect of cell concentration, growth phase and pH. *Ecology Progress Series*, 216: 67-81.
- Scott, S. D. 1997. Submarine hydrothermal systems and deposits. In: Barnes, H. L. (Ed.). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. John Wiley y Sons, Nueva York, EUA, 797-935.
- Sievert, S. M., G. Muyzer y J. Kuever 2000. New sulfur-oxidizing bacteria from a shallow water hydrothermal vent.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YEN9URK5014&log%24=nucltop&blast_rank=2&list_uids=9623356.
- Silva, S. Q., K. J. Purdy y T. M. Embley. 2006. Activity and diversity of sulphate-reducing bacteria in contrasting sediments from the River Colne estuary, UK.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YGAYHZG1014&log%24=nucltop&blast_rank=1&list_uids=111118909.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of RV "Meteor" 1964-1965. "Meteor" *Forschungsergebnisse Reihe D.*, 19: 1-107.
- Simonsen, R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria*, 2: 9-17.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. 1994. Estudios sobre diatomeas bentónicas en litorales de la Península de Baja California. In: *Memorias IX Simposio. Instituto de Biología Marina (Jun. 1992)*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, BCS. 65-79.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., S. Ibarra-Obando y M. Poumian-Tapia. 1991. Composición y estructura de las comunidades bentónicas del Estero de Punta Banda en otoño de 1983 y 1986. *Ciencias Marinas*, 17 (1): 119-138.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y E. Sánchez-Castrejón. 1999a. Structure of benthic diatom assemblages from mangrove environment in a Mexican subtropical lagoon. *Biotropica*, 31 (1): 48-70.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y H. N. Morzaria-Luna. 1999b. New records of marine benthic diatom species for the North-Western Mexican region. *Oceánides*, 14 (2): 89-96.

- Siqueiros-Beltrones, D. A. 2000. Benthic diatoms associated to abalone (*Haliotis* spp.) on a rocky substratum from Isla Magdalena, Baja California Sur, México. *Oceánides* 15 (1): 35-48.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la península de Baja California, diversidad y potencial ecológico*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional/Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 102 p.
- Sokal, R. R. y J. F. Rohlf. 1981. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 976 p.
- Sorokin, D. Yu. I., P. Yu. Sorokin y O. Yu. Zakuskina. 1998. Microplankton and its functional activity in zones of shallow hydrothermal in the Western Pacific. *Journal of Plankton Research*, 20 (6): 1015-1031.
- Sorokin, D. Yu., P. Yu. Sorokin y O. Yu. Zakuskina. 2003. Microplankton and function in a zone of shallow hydrothermal activity the Cratemaya Bay Kurile Islands. *Journal of Plankton Research*, 25 (5): 495-506.
- Stein, J. L. 1984. Subtidal gastropods consume sulphur-oxidizing bacteria. Evidence from coastal hydrothermal vents. *Science*, 223: 696-698.
- Steindinger, K. A. y K. Tangen. 1997. Dinoflagellates. In: Tomas, C. R. (Ed.). *Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. New York. 858 p.
- Stoffers, P., M. Hannington, I. Wright, P. Herzig, C. de Ronde, T. Arpe, C. Battershill, R. Botz, K. Britten, P. Browne, J. L. Cheminee, H. W. Fricke, D. Garbe-Schoenberg, R. Hekinian, K. Hissman, R. Huber, J. Robertson, J. Schauer, M. Schmitt, J. Scholten, U. Schwarz-Schampera, y I. Smith. 1999. Elemental mercury at submarine hydrothermal vents in the Bay of Plenty, Taupo volcanic zone, New Zealand. *Geology*, 27 (10): 931-934.
- Strickland, J. D. y Parsons, A., 1972. *A practical handbook of seawater analysis, Fisheries Research Board of Canada Bulletin*. Ottawa, 2nd Edition. The Angler Press Ltd. 310 p.
- Sunesen, I A. Bárcena y E. A. Sar. 2009 Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo San Matías (Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44 (1): 67-88.
- Takai, K., T. Gamo, U. Tsunogai, N. Nakayama, H. Hirayama, K. H. Nealson y K. Horikoshi. 2005. Evidence of a hydrogen-based, hyperthermophilic subsurface lithoautotrophic microbial ecosystem (Hypersaline) beneath an active deep-sea hydrothermal field. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YENWV2M601N&log%24=nucltop&blast_rank=1&list_uids=32352274.
- Tamura, K., M. Nei y S. Kumar. 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 101: 11030-11035.
- Tamura, K., J. Dudley, M. Nei y S. Kumar. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution*, 24: 1596-1599.

- Tarasov, V.G. 1991. *Shallow-water gasohydrothermal vents and ecosystem of Kraternaya Bight (Ushishir Volcano, Kurile Islands)*, Book I, Functional Characteristics. USSR Academy of Sciences, Far East Branch, Vladivostok, 196 p.
- Tarasov, V. G., 2002. Environment and biota of shallow-water hydrothermal vents of the west Pacific. *In: Gebruk, A.V. (Ed.). Biology of Hydrothermal Systems*. KMK Press, Moscow, 264-319.
- Tarasov, V. G. 2006. Effects of Shallow-Water Hydrothermal Venting on Biological Communities of Coastal Marine Ecosystems of the Western Pacific. *Advances in Marine Biology*, 50: 267-410.
- Tarasov, V. G., M. V. Propp, L. N. Propp, G. M. Kamenev y S. V. Blinov. 1985. *Hydrothermal venting and specific water ecosystem in Kraternaya Caldera (Kuriles)*. DVNTc AN USSR Press, Vladivostok, Russia. 30 p.
- Tarasov, V. G., M. V. Propp, L. N. Propp, A. V. Zhirmunsky, B. B. Namsaraev, V. M. Gorlenko y D. A. Starynin. 1990. Shallow-water gasohydrothermal vents of Ushishir Volcano and the ecosystem of Kraternaya Bight (The Kurile Islands). *Marine Ecology*, 11: 1-23.
- Tarasov, V. G., S. V. Kondrashev y T. V. Lastivka. 1991. Oxygen metabolism of the diatom and bacterial mats of Kraternaya Bight. *In: Tarasov V. G. (Ed.). Shallow-water vents and Ecosystem of the Kraternaya Bight (Ushishir Volcano, Kuriles)*. Vol 1, Functional Parameters, Part 2 DVO RAN Press, Vladivostok. 4-19.
- Tarasov, V. G., Yu. I. Sorokin, M. V. Propp, V. M. Shulkin, B. B. Namsaraev, D. A. Starynin, G. M. Kamenev, V. I. Fadeev, V. V. Malakhov, y V. N. Kosmynin. 1993. Specifics of structural and functional characteristics of marine ecosystem in zones of shallow-water venting in the West Pacific. *Izvestiya RAN, Seriya biologicheskaya. Biology Series*, 6: 914-926.
- Tarasov, V. G., A. V. Gebruk, V. M. Shulkin, G. M. Kamevnev, V. I. Fadeev, V. N. Kosmynin, V. V. Malakhov, D. A. Starynin y A. I. Obzhirov. 1999. Effect of shallow-water hydrothermal venting on the biota of Matupi Harbour. Rabaul Caldera, New Britain Island, Papua New Guinea. *Continental Shelf Research*, 19: 79-116.
- Tarasov, V. G, S. Bogovski y V. Muzyka. 2003. Biochemical characteristics of algal bacterial mats and invertebrates from shallow-waters hydrothermal fields of the West Pacific Ocean. *Aquatic Science*, 65: 73-80.
- Tarasov, V. G., A. V. Gebruk, A. N. Mironov y L. I. Moskalev. 2005. Deep-sea and shallow-water hydrothermal vent communities: two different phenomena? *Chemical Geology*, 224: 5-39.
- Taylor, F. J. R. 1976. Dinoflagellates from the international Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca Botanica*, 132 p.
- Taylor, F. J., Y. Fukuyo y J. Larsen. 1995. Taxonomy of harmful dinoflagellates. *In: G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson y A. D. Cambella (Eds). Manual on harmful marine ecology*. Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, 283-317.

- Teske, A., K. U. Hinrichs, V. Edgcomb, A. de Vera Gomez, D. Kysela, S. P. Sylva, M. L. Sogin y H. W. Jannasch. 2002. Microbial diversity of hydrothermal sediments in the Guaymas Basin: evidence for anaerobic methanotrophic communities. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4): 1994-2007.
- Thronsen, J. 1997. The planktonic marine flagellates. *In*: Tomas, R. C. (Ed.). *Identifying marine phytoplankton*. Academic press Inc. Nueva York. 147-249.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitative phytoplankton-methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol*, 9: 1-38.
- Vandamme, P. 2000. Taxonomy of the Family *Campylobacteraceae*. *In*: Nachamkin, I and M.J. Blaser (Eds.). *Campylobacter* 2nd edition. American Society for Microbiology. USA, 3-26.
- Vernberg, F. J. y W. B. Vernberg. 1978. Adaption's to extreme environments. *In*: Vernberg, F. J. (ed). *Physiological ecology of estuarine organism*. The belle W. Baruch Library in Marine Science No. 3. Columbia South Carolina. 163-180 p.
- Vidal, V. M. y F. V. Vidal. 1981. Coastal submarine hydrothermal activity off Northern Baja California 2. Evolutionary history and isotope geochemistry. *Journal of Geophysical Research*, 86 (10): 9451-9468.
- Vidal, V. M. V., F. V. Vidal, J. D. Isaacs y D. R. Young. 1978. Coastal submarine hydrothermal activity off northern Baja California. *Journal of Geophysical Research*, 83 (B4): 1757-1774.
- Villafañe, V. E & F. M. H. Reid. 1995. Métodos de microscopio para cuantificación de fitoplancton. *In*: Avrl, K., M. E. Ferrario, E. C. Olvera & E. Sar (Eds.). *Manual de métodos ficológicos*. Editorial Anibal Pinto, S. A. Concepción, Chile, 169-187.
- Villanueva, R. E. 2007. Procesos geoquímicos en las manifestaciones hidrotermales ubicadas en zonas intermareales y submarinas de las costas de Bahía Concepción (Baja California Sur) y Punta Mita (Nayarit). Tesis Doctorado. UNAM-IGF. 123 p.
- Villanueva-Estrada, R. E., R. M. Prol-Ledesma, S. Torres-Alvarado y C. Canet. 2005. *Geochemical modeling of a shallow submarine hydrothermal system at Bahía Concepción, Baja California Sur, México*. Proceedings World Geothermal Congress 2005. Antalya, Turkey.
- Wang, B. J., F. Q. Sun, G. Y. Li, X. P. Liu, Y. P. Du, J. Luo, Q. L. Lai y Z. Z. Shao. 2010. Diversity of Bacteria Isolated from Marine Sediments of the South China Sea. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YG9TKNJW014&log%24=nucltop&blast_rank=1&list_uids=209981527.
- Wehr, J. D. y R. G. Sheath. 2003. *Freshwater algae of North America: Ecology and Classification*. San Diego, U. S. A., Academic Press, 918 p.
- Weisse, T. 1988a. Dynamics of autotrophic picoplankton in Lake Constance. *Journal of Plankton Research*, 10 (6): 1179-1188.
- Weisse, T., 1988b. Trophic interactions among heterotrophic microplankton, nanoplankton, and bacteria in Lake Constance. *Hydrobiologia*, 191: 111-122.

- Wncker, S. 1992. Influence of current velocity on diatoms of small soft-water stream. *Diatom Research*, 7 (2): 387-396.
- Wood, E. J. F. 1965. *Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas*. University of Miami press. Florida. 143 p.
- Xi, Y., H. Weng y J. Gao, 2006. Isolation and analysis of 16S rDNA sequence on a cellulase-producing bacterium.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=nucleotide&dopt=GenBank&RID=YEMJETMF014&log%24=nucltop&blast_rank=2&list_uids=116282373.
- Zeitschel, B. 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gula of California. *Marine Biology*, 7: 305-318.
- Zeppilli, D y R. Danovaro. 2009. Meiofaunal diversity and assemblage structure in a shallow-water hydrothermal vent in the Pacific Ocean. *Aquatic Biology*, 5: 75–84.
- Zhang Z., Zhenzhen, W., Chunying, L., Lei, X. 2006. The study on the effect of NO on the growth of *Chaetoceros curvisetus*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 24: 413-420.
- Zhirmunsky, V. y V. G. Tarasov. 1990. Unusual marine ecosystem in the flooded crater of Ushisher volcano. *Marine Ecology Progress Series*, 65: 95-102.

ANEXOS

ANEXO 1

PowerSoil™ DNA Isolation Kit (MoBio Lab. Inc.)

Por favor lleve puestos guantes siempre

1. A los Tubos PowerBead, añada de 0.25 a 0.6 gramos de la muestra de suelo.
2. Vortex o agite suavemente para mezclarse.
3. Compruebe la Solución C1. Si la Solución C1 ha precipitado, caliéntela a 60° C hasta que el precipitado se haya disuelto antes de utilizarla.
4. Añada 60 µl de la Solución C1 e agite o vórtex brevemente.
5. Asegure Tubos PowerBead horizontalmente y vortex a máxima velocidad por 10 minutos.
6. Centrifugar a 10,000 rpm durante 30 segundos a temperatura ambiente.
7. Transfiera el sobrenadante a un tubo limpio de 2 ml (proporcionado).

Nota: Espere entre 400 a 500 µl de sobrenadante en este paso.

8. Añada 250 µl de la Solución C2 y vortex durante 5 segundos. Incube en 4°C durante 5 min.
9. Centrifugar los tubos a temperatura ambiente durante 1 minuto en 10,000 rpm.
10. Evitando el pellet, transferir hasta 600 µl del sobrenadante a un tubo de 2 ml limpio.
11. Añada 200 µl de la Solución C3 y vortex brevemente. Incube a 4° C durante 5 minutos.
12. Centrifugue los tubos en temperatura ambiente durante 1 minuto a 10,000 rpm.
13. Transfiera hasta 750 µl de sobrenadante a un tubo de 2 ml limpio.
14. Añada 1.2 ml de la Solución C4 al sobrenadante y vortex durante 5 segundos.
15. Cargue aproximadamente 675 µl en una columna de filtrado y centrifugue a 10,000 rpm durante 1 minuto a temperatura ambiente. Deseche fluido y repita hasta filtrar el total del paso anterior
16. Añada 500 µl de la Solución C5 y centrifugue a temperatura ambiente durante 30 segundos en 10,000 rpm.
17. Deseche el fluido tubo.
18. Centrifugar a temperatura ambiente durante 1 minuto a 10,000 rpm.

19. Con cuidado coloque la columna de filtración en un tubo de 2 ml limpio. Evite salpicar cualquier Solución C5 en la columna.

Nota: es importante evitar cualquier rastro del etanol.

20. Añada 100 µl de la Solución C6 en el centro de la membrana del filtro.

21. Centrifugar en temperatura ambiente durante 30 segundos a 10,000 rpm.

22. Deseche la columna de filtración. El ADN en el tubo está listo ahora para cualquier aplicación.

Se recomienda almacenar el ADN congelado (-20° a -80° C).

ANEXO 2

Extracción de bandas de gel (Qiaquick gel extraction kit, marca Quiagen. Cat. No. 28706)

Procesar un máximo de 400 mg de agarosa por columna. Todos los pasos de centrifugación son o bien a 10,000 g o bien a 13 000 rpm.

1. Cortar las bandas del tamaño deseado, tratando de tomar la menor cantidad de agarosa posible.
2. Pesar la banda a tubos epwndorff de 1.5 o 2 ml.
3. Añadir buffer QG a cubrir el gel.
4. Incubar a 65° durante 15 minutos a 600 rpm, o hasta que se disuelva la agarosa. Vortex cada 2-3 minutos
5. Comprobar que el color del buffer sea amarillo. Si es naranja o violeta, ajustar el pH con 10 µl de acetato de sodio 3 M pH 5.
6. Si el tamaño del fragmento es menor a 500 pb o mayor a 4 000 pb, añadir un volumen de isopropanol por cada volumen de gel.
7. Armar la columna, agregar la muestra y centrifugar durante 1 minuto. Si el volumen es mayor a 800 µl, cargar y centrifugar varias veces. Tirar lo centrifugado.
8. Añadir 500 µl de Wash Buffer (HighPure Product Purification) para labar la muestra y centrifugar 1 minuto. Hacer el lavado dos veces.
9. Centrifugar la columna durante 1 minuto adicional; antes, asegurarse de que el tubo de abajo no tenga líquido para que en este paso se elimine todo el etanol.
10. Poner la columna en un tubo limpio de 1.5 ml.
11. Para eluir el ADN, añadir 50 µl de buffer EB o agua estéril al centro de la membrana, y centrifugar la columna a máxima velocidad. Para aumentar la concentración, eluir en 30 µl, incubar durante 1 minuto y centrifugar durante 1 minuto.
12. Guardar la muestra a -20°C.

ANEXO 3

Transforming One Shot[®] DH5 α TM-T1^R, TOP10, y TOP10F' Competent Cells Transforming electocomponent *E. coli* (Ligación)

La electroporación es un aumento de la conductividad eléctrica y permeabilidad de la membrana celular (despolariza la membrana, atrayendo al DNA).

Electroporación

Protocolo

1. Tomar 3 μ l de la ligación y verterlas en las células competentes (*E. coli*) y mezcla suavemente. **No se mezcle pipeteando de arriba abajo.**
2. Con cuidado transfiera la solución a una cubeta de 0.1 cm (evitar la formación de burbujas).
3. Electropore las muestras usando su propio protocolo y su electroporador (1.8 kv). Solo dar un pulso. **Nota:** Si el pulso se escucha fuerte (como un arco voltaico) el producto será inservible.
4. Sacar las células utilizando 800 μ l de LB.
5. Transfiera la solución a un tubo 15 ml con tapón.
6. Dejar reposar por una hora en agitación a 30° C:

ANEXO 4

High Pure Plasmid Isolation Kit. Roche Applied Science

Cultivo fresco (Medio de cultivo LB con antibióticos *necesario). El cultivo se pasa e tubos Eppendorf y se centrifuga durante un minuto a 13,000 rpm. Se decanta el medio y se conserva el pellet. Calentar agua MilliQ estéril a 60° C.

1. Resuspender el pellet con 250 µl de la solución # 1 (Buffer RNasa).
2. Adicionar 250 µl de la solución # 2 (Buffer de lisis). Incubar por cinco minutos a temperatura ambiente.
3. Agregar 350 µl de la solución # 3 (se pone previamente en hielo). Mezclar ligeramente y centrifugar diez minutos a 13,000 rpm.
4. Pasar a columnas el sobrenadante del tubo recién centrifugado. Centrifugar de 30 a 60 segundos y desechar el residuo.
5. Adicionar 500 µl de la solución # 4 (Wash Buffer I). Centrifugar a 13,000 rpm durante un minuto. Decantar el residuo.
6. Agregar 700 µl de la solución # 5 (Wash Buffer II). Centrifugar a 13,000 rpm durante un minuto. Decantar el residuo.
7. Centrifugar las columnas para secar si adicionar nada por un minuto.
8. Cambiar columnas a nuevos tubos Eppendorf y adicionar 50 µl de agua MilliQ estéril en el centro de la columna.
9. Centrifugar por un minuto a 13,000 rpm.
10. Recuperación del plásmido.

ANEXO 5

Listado de especies fitopláncticas donde se muestra la jerarquía que presetrnaron mediante el análisis bidimensional de Olmstead-Tuckey (Sokal y Rohlf 1981). D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
	DIATOMEAS										
Achnanthaceae	<i>Achnanthe</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	O	-
	<i>A. curvirostrum</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
Asterolampraceae	<i>Asteromphalus arachne</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-
	<i>A. heptactis</i>	-	R	R	-	F	-	-	R	O	F
	<i>A. petterssonii</i>	-	-	-	-	-	O	-	-	-	-
Bacillariaceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	D	D	D	D	O	D	O	D	O	O
	<i>Fragilariopsis doliolus</i>	-	O	F	D	D	D	-	-	-	D
	<i>Neodenticula seminae</i>	-	-	-	-	-	-	O	-	-	-
	<i>Nitzschia bicapitata</i>	D	O	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>N. gandersheimiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-
	<i>N. longissima</i>	-	D	D	D	R	O	O	O	O	D
	<i>N. simula</i>	-	-	-	-	O	D	-	-	-	-
	<i>N. sigma</i>	-	R	-	-	-	-	R	-	D	D
	<i>N. sigmoidea</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	D	D	-	R	O	-	O	O
	<i>Psammodictyon panduriforme</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
	<i>Pseudoguinaridia recta</i>	-	-	-	-	-	-	R	O	R	-
	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	O	-	-	-	-	-	D	D	-	-
	<i>P. pseudodelicatissima</i>	F	D	O	O	D	D	D	D	R	-
	<i>P. pungens</i>	-	D	-	-	R	D	D	D	D	-
	<i>P. subfraudulenta</i>	R	R	D	D	-	-	D	D	R	-
	<i>Tryblionella</i> sp.	-	-	-	O	-	-	-	-	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Bellerocheaceae	<i>Bellerochea malleus</i>	-	-	-	-	-	O	O	-	-	-
Biddulphiaceae	<i>Biddulphia</i>										
	<i>biddulphiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
	<i>Eucampia corneta</i>	R	-	-	-	D	-	D	D	D	D
	<i>E. zodiacus</i>	-	-	-	R	D	D	D	R	-	-
Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp.	-	F	-	-	-	-	-	R	-	R
	<i>A. arenaria</i>	-	-	R	O	R	-	-	-	D	D
	<i>A. ovalis</i>	O	-	-	-	-	R	-	-	D	O
	<i>A. proteus</i>	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>A. veneta</i>	-	-	R	R	-	R	-	-	R	-
Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum comosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>B. delicatulum</i>	O	D	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>B. elegans</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>B. elongatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>B. furcatum</i>	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>B. hyalinum</i>	D	D	-	D	-	O	R	-	O	-
	<i>Chaetoceros affinis</i>	D	D	-	-	D	-	-	-	R	-
	<i>Ch. anastomosans</i>	D	O	-	-	-	-	-	-	O	-
	<i>Ch. atlanticus</i>	-	O	-	-	-	O	O	-	R	-
	<i>Ch. brevis</i>	D	D	-	-	D	D	-	O	-	O
	<i>Ch. coarctatus</i>	R	-	-	-	-	R	R	-	R	-
	<i>Ch. compressus</i>	-	O	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ch. curvisetus</i>	D	D	-	D	D	D	D	D	O	-
	<i>Ch. danicus</i>	-	R	-	-	R	D	D	D	-	-
	<i>Ch. debilis</i>	-	-	-	-	-	O	-	-	-	-
	<i>Ch. decipiens</i>	D	D	-	-	O	O	O	-	O	F
	<i>Ch. didymus</i>	D	O	-	-	O	O	-	-	-	-
	<i>Ch. difficilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	O	-
	<i>Ch. lacinosus</i>	D	D	-	-	D	-	-	O	O	O
	<i>Ch. lorenzianus</i>	D	D	-	-	D	O	O	O	O	O
	<i>Ch. messanensis</i>	-	O	-	-	-	-	-	-	R	-
	<i>Ch. perpusillus</i>	O	D	-	-	D	-	O	-	-	-
	<i>Ch. peruvianus</i>	-	D	-	-	F	D	R	O	R	-
	<i>Ch. pseudocurvisetus</i>	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ch. radicans</i>	D	D	-	-	D	-	-	-	-	-
	<i>Ch. rostratus</i>	O	-	-	-	-	-	D	D	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
	<i>Ch. simples</i>	-	-	-	-	D	D	-	-	O	-
	<i>Ch. socialis</i>	-	D	-	O	D	D	O	-	O	D
	<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	-	-	R	D	-	-	O	R
	<i>Ch. teres</i>	D	D	-	-	-	-	O	-	-	-
	<i>Ch. thronsenii</i>	-	-	-	-	O	-	-	-	-	-
	<i>Ch. tortissimus</i>	-	D	-	-	-	-	O	O	O	-
	<i>Ch. wighamii</i>	D	-	-	-	-	O	-	-	-	O
Climacospheeniaceae	<i>Climacospheenia moniligera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	R
	<i>C. scutellum</i>	-	-	O	D	-	-	O	-	-	R
	<i>Cocconeis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
Corethraceae	<i>Corethron hystrix</i>	-	O	-	-	-	-	-	-	-	O
Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus concinnus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
	<i>C. gigas</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	R	O
	<i>C. granii</i>	F	R	-	-	-	R	-	-	O	O
	<i>C. perforatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>C. radiatus</i>	R	-	F	D	O	F	R	-	R	D
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-
Diploneidaceae	<i>Diploneis oblicua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-
	<i>Diploneis</i> sp.	-	R	-	-	-	-	O	-	R	-
Entomoneidaceae	<i>Entomoneis alata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F
	<i>E. paludosa</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eupodiscaceae	<i>Odontella aurita</i>	-	R	R	F	-	-	-	R	-	R
Fragilariaceae	<i>Asterionellopsis glaciales</i>	-	-	R	-	O	D	-	-	-	-
Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus campanulife</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>A. senarius</i>	-	R	-	-	-	-	R	-	-	-
Hemiaulaceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	R	O	-	D	R	D	D	D	D	O
	<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	-	-	-	-	R	R	-	-	-	-
	<i>Hemiaulus hauki</i>	D	D	-	R	-	-	D	O	O	R
	<i>H. membranaceus</i>	O	-	-	R	-	-	R	D	D	D
	<i>H. sinensis</i>	R	-	-	-	-	O	-	-	-	O

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus curvatus</i>	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
	<i>A. octonarius</i>	-	R	F	D	D	F	O	O	R	D
	<i>A. octonarius</i> var. <i>tenellus</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
	<i>Azpeitia nodulifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-
	<i>Hemidiscus cuneiformes</i>	-	-	-	-	-	-	R	O	F	F
	Lauderiaceae	<i>Lauderia annulata</i>	-	R	-	-	-	O	D	D	D
Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	F	D	-	-	D	D	D	D	D	D
	<i>L. mediterraneus</i>	-	-	-	-	D	O	-	-	-	-
	<i>L. minimus</i>	-	-	-	R	D	D	R	D	-	-
	Licmophoraceae	<i>Licmophora flabellata</i>	-	-	-	-	D	D	-	-	-
<i>L. gracilis</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
Lithodesmiaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	F	D	-	R	D	F	D	D	D	D
	<i>Helicotheca tamesis</i>	-	R	-	-	-	-	D	D	R	R
	<i>Lithodesmium undulatum</i>	-	-	D	D	O	D	R	-	-	-
Lyrellaceae	<i>Petroneis grannulata</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
Naviculaceae	<i>Haslea frauenfeldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D
	<i>H. gigantea</i>	F	F	-	-	R	-	-	R	O	D
	<i>H. wawriake</i>	F	F	-	-	O	-	R	O	O	O
	<i>Lyrella clavata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>L. lyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Lyrella</i> sp.	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Meuniera membranaceus</i>	-	-	-	-	F	D	-	R	D	D
	<i>Navicula</i> sp.	D	D	D	D	-	D	-	O	-	O
	<i>Navicula</i> sp. 2	-	-	-	-	-	D	-	-	D	-
	<i>Navicula</i> sp. 1	-	-	-	-	D	R	-	-	R	O
	<i>Trachyneis aspera</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	D	D
Paraliaceae	<i>Paralia sulcata</i>	O	-	-	-	O	-	R	-	R	D
Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	R	-	D	D	O	D	-	-	-	-
Pleurosigmataceae	<i>Donkinia recta</i>	F	-	-	-	-	-	-	-	-	R
	<i>Gyrosigma balticum</i>	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	R	-	-	-	-	R	-
	<i>Pleurosigma diverse-striata</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. normanii</i>	-	-	-	-	-	D	R	-	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Rhizosoleniaceae	<i>P. rhombeum</i>	R	-	R	D	F	F	-	-	R	D
	<i>Pleurosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	O	R
	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	F	D	-	-	-	-	D	D	O	R
	<i>D. phuketensis</i>	-	D	-	-	D	D	D	D	D	D
	<i>Guinardia delicatula</i>	D	D	R	D	-	D	D	R	O	O
	<i>G. flaccida</i>	-	R	F	F	R	R	D	R	D	D
	<i>G. striata</i>	-	-	-	-	O	D	-	-	D	D
	<i>Neocalyptrella robusta</i>	-	-	-	-	R	R	-	R	-	R
	<i>Proboscia alata</i>	F	D	R	-	D	D	D	D	D	D
	<i>Proboscia alata</i> f. <i>gracillima</i>	R	F	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. alata</i> f. <i>indica</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
	<i>P. indica</i>	-	-	-	-	-	-	D	D	-	-
	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	-	R	-	-	R	R	R	O	R	D
	<i>Rhizosolenia acuminata</i>	-	-	-	-	R	-	R	-	-	-
	<i>R. bergonii</i>	-	-	-	-	-	-	R	R	-	-
	<i>R. clevei</i>	-	F	-	-	-	-	R	R	-	-
	<i>R. crassa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
	<i>R. debyana</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-
	<i>R. yalina</i>	-	-	-	-	D	-	F	R	R	R
	<i>R. imbricada</i>	-	-	-	-	R	D	O	D	R	-
	<i>R. pungens</i>	F	F	-	-	-	-	R	-	R	-
	<i>R. setigera</i>	-	-	-	R	O	-	-	-	-	-
	<i>R. styliformis</i>	-	-	-	-	-	R	D	O	-	R
<i>R. temperei</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	
Skeletonemaceae	<i>Skeletonema pseudocostatum</i>	-	R	-	D	D	D	O	R	-	O
Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> af. <i>Caspia</i>	-	-	-	O	-	-	-	-	-	-
	<i>C. meneghiniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stephanopyxidaceae	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	-	-	-	R	O	-	R	-	-	-
	<i>S. turris</i>	-	-	-	-	F	-	-	-	-	-
Striatellaceae	<i>Grammatophora marina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	D
	<i>Striatella unipunctata</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
Surirellaceae	<i>Campylodiscus clypeus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Thalassionemataceae	<i>Surirella fastuosa</i> var. <i>Recedens</i>	-	-	F	-	R	-	-	-	R	R
	<i>Lioloma elongatum</i>	-	-	-	R	-	R	R	-	-	R
	<i>L. pacificum</i>	-	R	-	-	F	R	-	R	-	-
	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	-	D	-	R	O	O	O	O	-	-
	<i>T. nitzschiodes</i>	-	O	D	D	D	D	F	R	D	O
Thalassiosiraceae	<i>Thalassiothrix lomgissima</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
	<i>Detonula pumila</i>	-	R	-	R	D	O	D	D	D	D
	<i>Planktoniella sol</i>	-	R	-	-	F	R	F	F	R	R
	<i>Thalassiosira diporocyclus</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
	<i>T. excéntrica</i>	-	R	R	O	-	O	O	-	D	R
	<i>T. mala</i>	-	-	O	-	R	-	-	-	O	-
	<i>T. minima</i>	-	-	R	-	-	-	-	-	O	-
	<i>T. rotula</i>	-	-	-	-	D	O	-	-	O	R
	<i>T. subtilis</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	O	D	-
Triceratiaceae	<i>Triceratium favus</i>	-	-	-	-	-	-	O	-	-	-
Dinoflagelados											
Actiniscaceae	<i>Achradina pulcra</i>	-	-	-	R	O	-	-	-	-	-
Amphisoleniaceae	<i>Actiniscus pentasterias</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	-	-	D	F	D	F	R	-	-	-
Brachidiniaceae	<i>Brachidinium capitatum</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
Calciodinellaceae	<i>Scrippsiella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
Ceratiaceae	<i>S. trochoidea</i>	-	-	D	D	D	R	D	O	-	O
	<i>Neoceratium arietinum</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
	<i>N. balechii</i>	-	-	R	R	-	-	R	R	-	-
	<i>N. breve</i>	-	-	R	-	R	-	F	R	-	-
	<i>N. breve</i> var. <i>Parallelum</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-
	<i>N. candelabrum</i>	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-
	<i>N. contortum</i>	-	-	-	F	-	-	-	-	-	-
	<i>N. falcatiforme</i>	-	-	D	D	R	R	-	-	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
	<i>N. falcatum</i>	-	-	R	-	-	R	-	-	-	-
	<i>N. furca</i>	-	-	D	F	R	D	D	D	R	F
	<i>N. furca</i> var <i>eugrammum</i>	-	-	O	R	R	-	-	R	-	R
	<i>N. furca</i> var. <i>hircus</i>	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
	<i>N. fusus</i>	-	F	D	D	D	R	-	R	-	-
	<i>N. gibberum</i>	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-
	<i>N. horridum</i>	-	-	-	-	F	-	-	-	-	-
	<i>N. kofoidii</i>	-	-	D	-	F	F	-	R	-	R
	<i>N. lineatum</i>	-	R	-	-	-	-	-	R	-	-
	<i>N. macroceros</i>	-	-	R	R	-	R	-	-	-	-
	<i>N. masiliense</i>	F	-	R	-	R	R	-	-	-	-
	<i>N. minutum</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
	<i>N. pentagonum</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
	<i>N. tripos</i>	-	-	-	-	-	R	-	R	-	-
	<i>N. vultur</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
Dinobryaceae	<i>Dinobryon faculiferum</i>	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-
Dinophysaceae	<i>Dinophysis caudata</i>	R	-	R	-	R	F	R	R	-	F
	<i>D. doryphora</i>	-	-	-	-	F	-	-	-	-	-
	<i>D. fortii</i>	-	-	R	-	D	R	-	-	-	-
	<i>D. mitra</i>	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
	<i>D. operculata</i>	-	F	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>D. porodictyum</i>	-	-	R	R	F	-	-	-	-	-
	<i>D. pusilla</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
	<i>Histioneis striata</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
Goniodomataceae	<i>Goniodoma polyedricum</i>	-	-	-	R	-	-	R	-	-	-
Gonyaulacaceae	<i>Amphidoma caudatum</i>	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-
	<i>Gonyaulax jolliffei</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>G. polygramma</i>	R	-	D	R	-	D	R	R	R	D
	<i>G. spinifera</i>	-	-	R	R	-	-	R	-	-	-
	<i>G. turbynei</i>	-	R	-	-	-	-	-	R	R	-
	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	-	F	-	-	-	-	O	R	-	-
	<i>Protoceratium spinulosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	2006		Bahía Concepción		2009		Punta de Mita		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Gymnodinaceae	<i>Akashiwo sanguinea</i>	-	R	-	-	-	R	D	R	-	-
	<i>Alexandrium catenella</i>	-	-	-	-	-	-	R	O	-	-
	<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	R	D	-	-	-	-	R	R
	<i>Amphidinium sphenoides</i>	-	-	-	-	-	O	-	-	-	-
	<i>Gymnodinium catenatum</i>	-	F	D	D	D	D	D	R	D	D
	<i>G. galeatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	O	-	-
	<i>G. gelbum</i>	-	-	-	O	-	-	-	-	-	R
	<i>G. gráciles</i>	-	-	D	D	D	D	-	-	-	-
	<i>G. mirabile</i>	O	F	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>G. mitratum</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-
	<i>Gymnodinium</i> sp.	-	-	-	-	-	D	O	O	-	-
	<i>Gyrodinium aciculatum</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
	<i>G. acutum</i>	-	-	-	R	F	-	-	-	-	-
	<i>G. falcatum</i>	-	-	R	R	D	D	-	-	R	F
	<i>G. fusiforme</i>	F	F	F	D	R	D	F	D	R	D
	<i>Gyrodinium</i> sp.	-	-	-	D	R	-	-	-	-	-
	<i>G. spirale</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
	<i>Katodinium glaucum</i>	-	-	D	D	D	O	-	-	-	O
	<i>Torodinium robustum</i>	-	-	D	O	F	D	-	-	-	O
Kofoidiniaceae	<i>Spatulodinium pseudonoclituca</i>	-	-	-	R	-	R	-	-	-	R
	<i>Noctiluca scintilans</i>	-	-	F	-	D	R	-	-	R	R
Noctilucaceae	<i>Pronoclituca pelagica</i>	-	-	-	-	-	-	-	O	-	-
	<i>P. rostrata</i>	-	-	-	R	-	-	R	-	-	-
	<i>Oxytoxum sceptrum</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
Peridiniaceae	<i>Ensiculifera angulata</i>	-	-	-	-	O	-	D	D	-	-
	<i>Heterocapsa triqueta</i>	-	-	D	-	-	D	-	-	-	-
	<i>Zygabikodinium lenticulatum</i>	-	F	-	-	-	-	-	-	-	-
Podolampaceae	<i>Blepharocysta splendormaris</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
	<i>Podolampas elegans</i>	-	-	R	R	F	R	-	-	-	-
	<i>P. palmipes</i>	-	F	-	-	-	F	-	-	-	-
Polykrikaceae	<i>Polykrykos kofoidii</i>	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. schawrtzii</i>	-	-	R	R	R	R	-	-	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita				
		2006		2008		2009		2007		2009		
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	
Prorocentraceae	<i>Prorocentrum compressum</i>	-	R	-	F	-	F	-	-	R	D	
	<i>P. dentatum</i>	-	-	-	-	O	D	-	-	-	-	
	<i>P. gráciles</i>	-	-	-	-	-	R	D	D	O	R	
	<i>P. lima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	
	<i>P. micans</i>	F	F	D	D	F	D	D	O	O	D	
	<i>P. minimum</i>	-	-	D	D	D	D	-	R	R	F	
	<i>P. rhathymum</i>	F	R	R	R	R	R	R	-	R	R	
	<i>P. rostratum</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	
	<i>P. sigmoides</i>	-	-	-	-	-	-	O	-	-	-	
	<i>Prorocentrum sp.</i>	-	-	O	D	-	-	-	-	-	-	
	<i>P. triestinum</i>	-	-	-	-	-	-	D	D	-	-	
	<i>Mesoporos perforatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	
	Protopteridaceae	<i>Protopteridium abei</i>	-	-	-	-	-	-	-	O	-	-
		<i>P. bipes</i>	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-
<i>P. brochii</i>		-	R	R	-	-	-	-	-	R	-	
<i>P. conicum</i>		F	R	R	R	R	F	-	-	-	-	
<i>P. depressum</i>		-	-	-	R	D	-	-	-	-	-	
<i>P. divergens</i>		-	R	-	-	R	-	R	-	R	-	
<i>P. grande</i>		-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	
<i>P. granii</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	F	-	
<i>P. hirobis</i>		R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>P. latispinum</i>		-	-	R	R	-	R	-	-	-	R	
<i>P. latissimum</i>		R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>P. mite</i>		-	-	-	-	-	R	-	R	-	-	
<i>P. oceanicum</i>		-	R	R	-	-	R	R	R	R	-	
<i>P. oviforme</i>		-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>P. ovum</i>		-	-	R	-	R	O	R	R	-	D	
<i>P. pentagonum</i>		-	-	-	-	F	-	-	-	-	F	
<i>P. pyriforme</i>		-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	
<i>P. quarnerense</i>		-	-	-	-	-	-	R	-	-	R	
<i>Protopteridium sp.</i>		-	-	-	F	D	-	-	-	-	R	
<i>P. venustum</i>		-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	
<i>Diplopelta asimétrica</i>	-	-	R	-	-	-	-	-	O	O		
<i>Diplopsalopsis bomba</i>	-	-	-	R	D	-	F	D	D	D		

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Ptychodiscaceae	<i>Balechina coerulea</i>	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-
Pyrocystaceae	<i>Pyrocystis noctiluca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R
	<i>P. robusta</i>	-	-	-	-	F	F	-	-	R	F
Pyrophacaceae	<i>Pyrophacus</i>										
	<i>horologium</i>	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
	<i>P. steinii</i>	-	-	-	F	-	-	R	R	R	F
Warnowiaceae	<i>Nematodinium torpedo</i>	-	-	-	-	O	D	-	-	-	-
FLAGELADAS											
Chattonellaceae	<i>Chattonella ovata</i>	-	-	O	D	R	O	-	-	R	D
Acanthoecaceae	<i>Parvicorbicula manubriata</i>	-	-	-	R	R	-	-	-	-	-
Chattonellaceae	<i>Chattonella</i> sp.	-	-	-	R	-	R	-	-	-	-
Chroomonadaceae	<i>Chroomonas</i> sp.	-	-	O	R	D	-	-	-	-	-
Criptophyceae	Sp. 1	-	-	D	D	D	O	O	D	O	D
Crisophyceae	Sp. 1	-	-	D	D	D	D	-	-	O	O
Dictyochaceae	<i>Dictyocha calida</i>	R	R	R	F	R	F	-	-	D	D
	<i>D. fibula</i>	O	D	D	D	F	D	-	R	F	D
	<i>D. fibula</i> var. <i>Robusta</i>	-	-	-	-	-	-	R	R	-	-
	<i>Ebria tripartita</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
	<i>Octactis octonaria</i>	-	-	D	D	F	D	R	-	R	R
Prasinophyceae	Sp. 1	-	-	D	D	D	D	-	-	R	D
Primnesiophyceae	Sp. 1	-	-	D	D	D	O	-	-	R	D
Prymnesiaceae	<i>Crysochromulina</i> sp.	-	-	-	-	O	-	-	-	-	-
Raphidophyceae	Sp. 1	-	-	D	O	O	F	O	O	-	-
CIANOFITAS											
	<i>Cianofita</i> sp.	-	-	-	O	-	-	-	-	-	-
Merismopediaceae	<i>Gomphosphaera</i> sp.	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-
Merismopediaceae	<i>Merismopedia punctata</i>	-	-	-	-	D	O	-	-	-	O
Microcystaceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Nostocaceae	<i>Nostoc pruniforme</i>	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 5. Continuación. D = dominantes, F= frecuentes, O = ocasionales y R = raras.

Familia	Especies	Bahía Concepción						Punta de Mita			
		2006		2008		2009		2007		2009	
		Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila	Control	Ventila
Phormidiaceae	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	D	R	-	-	D	-	-	-	-	-
	COCOLITOFORIDAS										
	Cocolito sp.	-	-	-	R	-	O	-	-	-	-
	CLOROFITAS										
	Sp.1	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
	ZOOPLANCTON										
Didiniidae	<i>Myrionecta rubra</i>	R	R	D	D	D	D	D	-	R	D

ANEXO 6

Lista taxonómica de diatomeas bentónicas registradas en Punta de Mita, Nayarit y Bahía Concepción, BCS.

UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

	Familia	Especie	BCc	BCv	PMc	PMv		
Diatomeas Centrales (Coscinodiscophyceae)								
	PM	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus curvatus</i> Janish in Schmidt (1878)	0	0	1	0	
	UPM	PM	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg (1837)	0	0	1	1
	UBCv	PM	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus octonarius</i> var. <i>tenellus</i> (Brébisson) ex Villareal y Fryxell (1983)	0	1	0	0
	UPMv	BM	Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus adriaticus</i> Grunow, Desikachary (1988)	0	0	0	1
	UBCv	BM	Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus aster</i> Brun (1892)	0	1	0	0
		BM	Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus campanulifer</i> Schmidt (1875)	1	0	1	1
		BM	Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus parvus</i> Mann (1925)	0	0	1	0
		BM	Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg (1843)	1	1	1	1
		BM	Heliopeltaceae	<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs ex Pitchard (1861)	1	0	1	1
		PM	Asterolampraceae	<i>Asteromphalus heptactis</i> (Brébisson) Ralfs (1861)	1	0	0	0
	UPMv	BM	Aulacodiscaceae	<i>Aulacodiscus beeveriae</i> Johnson (1980)	0	0	0	1
		BM	Triceratiaceae	<i>Auliscus</i> sp. Ehrenberg (1843)	0	1	0	1
		PM	Hemidiscaceae	<i>Azpeitia nodulifera</i> (Schmidt) Fryxell y Sims (1986)	1	0	1	0
	UPMv	PM	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg (1841)	0	0	0	1
		PM	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg (1841)	1	0	1	1
	UBC	PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella caspia</i> Grunow (1878)	1	1	0	0
		PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella litoralis</i> Lange y Syvertsen (1989)	1	1	1	0
		PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing (1844)	1	0	1	0
	UBC	PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek (1901)	1	1	0	0
		PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella operculata</i> (Agardh) Brébisson (1838)	0	1	1	1
		PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing, 1834) Brébisson (1838)	1	0	0	0
		PM	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell (1869)	1	1	1	0
	UPMv	BM	Plagiogrammaceae	<i>Dimeregramma fulvum</i> (Gregory) Ralfs (1861)	0	0	0	1
	UBCv	BM	Plagiogrammaceae	<i>Dimeregramma marinum</i> (Gregory) Ralfs (1861)	0	1	0	0
		BM	Plagiogrammaceae	<i>Dimeregramma minus</i> (Gregory) Ralfs (1861)	1	1	1	0
		BM	Endictyaceae	<i>Endictya oceanica</i> Ehrenberg (1845)	1	0	0	0
	UPMv	PM	Anaulaceae	<i>Eunotogramma debile</i> Grunow (1883)	0	0	0	1
	UPMv	PM	Anaulaceae	<i>Eunotogramma laevis</i> Grunow (1885)	0	0	0	1
	UPMv	PM	Anaulaceae	<i>Eunotogramma rostratum</i> Hustedt (1995)	0	0	0	1
	UPMv	PM	Anaulaceae	<i>Eunotogramma</i> sp. 1 Weisse (1854)	0	0	0	1

Anexo 6. Continuación. UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

		Familia	Especie	BCc	BCv	PMc	PMv
UPMv	PM	Anaulaceae	<i>Eunotogramma</i> sp. 2 Weisse (1854)	0	0	0	1
	BM	Plagiogrammaceae	<i>Glyphodesmis eximia</i> Greville (1862)	0	1	1	0
UPMv	PM	Hemidiscaceae	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> var. <i>ventricosa</i> . (Castracane) Hustedt (1930)	0	0	0	1
	PM	Triceratiaceae	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh (1832)	0	0	1	0
	BM	Paraliaceae	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve (1873)	1	1	1	1
	BM	Paraliaceae	<i>Plagiogramma interruptum</i> (Gregory) Ralfs (1861)	1	0	0	0
UPMv	BM	Paraliaceae	<i>Plagiogramma pulchellum</i> Greville (1859)	0	0	0	1
	BM	Paraliaceae	<i>Plagiogramma pygmaeum</i> Greville (1859)	0	1	1	1
UBCv	BM	Paraliaceae	<i>Plagiogramma</i> sp. Greville (1859)	0	1	0	0
UPM	BM	Paraliaceae	<i>Plagiogramma tessellatum</i> Greville (1859)	0	0	1	1
UPMv	BM	Paraliaceae	<i>Plagiogramma validum</i> Greville (1859)	0	0	0	1
	BM	Paraliaceae	<i>Talaroneis furcigera</i> (Grunow) Sterrenburg (2004)	0	1	0	1
UBCv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira alleni</i> Takano (1965)	0	1	0	0
UPMv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira brunii</i> F. Akiba et Y. Yanagisawa (1986)	0	0	0	1
UPMv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) Jörgensen (1905)	0	0	0	1
	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve (1904)	1	0	1	1
UBCv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira lineta</i> Jousé (1968)	0	1	0	0
	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira nanolineata</i> (Mann) Fryxell et Hasle (1977)	1	0	1	0
UPMv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira oestrupii</i> (Ostenfeld) Proschkina-Lavrenko ex Hasle (1969)	0	0	0	1
UPMv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira plicata</i> Schrader (1974)	0	0	0	1
	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira simonseni</i> Hasle y Fryxell (1977)	0	1	1	0
UPMv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i> sp. 1 (Cleve) Hasle (1973)	0	0	0	1
	PM	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i> sp.2 (Cleve) Hasle (1973)	1	0	0	0
UPMv	PM	Thalassiosiraceae	<i>Triceratium alternans</i> Bailey (1851)	0	0	0	1
	PM	Thalassiosiraceae	<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg (1839)	0	0	1	0
Diatomeas Penales Rafide (Bacillariophyceae)							
	BM	Achnanthaceae	<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh (1824)	1	1	1	0
	BM	Achnanthaceae	<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>angustata</i> (Greville) Cleve (1859)	0	0	1	0
UBCv	BM	Achnanthaceae	<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>parvula</i> (Kützing) Cleve (1895)	0	1	0	0
	BM	Achnanthaceae	<i>Achnanthes dispar</i> Cleve (1891)	1	1	1	0
	BM	Achnanthaceae	<i>Achnanthes manifera</i> Brun (1895)	1	0	0	0
	BM	Achnanthaceae	<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing (1833)	0	0	1	0

Anexo 6. Continuación. UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

Familia		Especie	BCc	BCv	PMc	PMv	
UBCv	BM	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp. Bory de Saint-Vincent (1822)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora acuta</i> var. <i>arcuata</i> (Schmidt) Cleve (1896)	0	0	1	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora caroliniana</i> Giffen (1980)	1	1	0	1
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora clara</i> Schmidt (18875)	0	1	1	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora coffeaeformis</i> (Agardh) Kützing (1844)	0	1	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora costata</i> Smith (1853)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora crassa</i> Gregory (1857)	1	0	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora gigantea</i> var. <i>fusca</i> (Schmidt) Cleve (1895)	1	0	1	0
UPM	BM	Catenulaceae	<i>Amphora marina</i> Hanna y Grant (1926)	0	0	1	1
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora mexicana</i> Schmidt (1857)	1	0	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora ostrearia</i> var. <i>vitrea</i> (Cleve) Cleve (1895)	0	0	1	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing (1844)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora proteoides</i> Hustedt (1955)	1	0	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora proteus</i> Gregory (1857)	0	0	1	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora rhombica</i> Kitton (1876)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora robusta</i> Gregory (1857)	1	0	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora salina</i> var. <i>minor</i> Van Heurck (1885)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 1 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	1	0	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 2 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 3 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 4 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 5 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	1	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 6 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 7 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	0	0
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 8 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	1	0	0	0
UBCv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp. 9 (Ehrenberg ex Kützing (1844)	0	1	0	0
UPM	BM	Catenulaceae	<i>Amphora spectabilis</i> Gregory (1857)	0	0	1	1
	BM	Catenulaceae	<i>Amphora tumida</i> Hustedt (1956)	1	0	1	0
UPM	BM	Catenulaceae	<i>Amphora turgida</i> Gregory (1857)	0	0	1	1
UPMv	BM	Catenulaceae	<i>Amphora ventricosa</i> Gregory (1857)	0	0	0	1
	BM	Anomoeoneidaceae	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>polygramma</i> (Ehrenberg) Müller (1899)	1	0	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Anorthoneis eurystoma</i> Cleve (1896)	1	1	0	0
UPMv	BM	Cymbellaceae	<i>Brebissonia</i> sp. Gunow (1860)	0	0	0	1
UBCv	BM	Pinnulariaceae	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve (1849)	0	1	0	0
	BM	Surirellaceae	<i>Campylodiscus parvulus</i> Smith (1851)	0	0	1	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis convexa</i> Giffen (1967)	1	1	0	0

Anexo 6. Continuación. UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

		Familia	Especie	BCc	BCv	PMc	PMv
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis diminuta</i> Pantocsek (1901)	0	1	0	0
	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis dirupta</i> Gregory (1857)	0	1	0	1
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis diruptoides</i> Hustedt (1959)	0	1	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis discoloides</i> Hustedt (1955)	0	1	0	0
	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis distans</i> Gregory (1855)	1	1	0	1
	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis fluminensis</i> (Grunow) Peragallo et. Peragallo (1897)	1	1	1	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis granulifera</i> Greville (1861)	0	1	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis heteroidea</i> Hantzsch (1863)	0	1	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis neothumensis</i> var. <i>marina</i> De Stefano, Marino y Mazzella (1988)	1	1	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis ornata</i> Gregory (1857)	0	1	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis pellucida</i> Grunow (1977)	0	1	0	0
	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve (1884)	1	1	0	1
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>pseudolineata</i> Geitler (1927)	0	1	0	0
	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg (1838)	0	1	0	1
	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp. 1 Ehrenberg (1838)	0	0	1	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp. 2 Ehrenberg (1838)	0	1	0	0
UBCv	BM	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp. 3 Ehrenberg (1838)	0	1	0	0
	BAD	Cymbellaceae	<i>Cymbella turgida</i> Gregory (1856)	0	0	1	0
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Cleve (1894)	0	0	1	0
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunow) Cleve (1894)	1	0	1	1
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg (1844)	1	1	1	1
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis fusca</i> (Gregory) Cleve (1894)	1	0	0	0
UPMv	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis puella</i> (Schumann) Cleve (1894)	0	0	0	1
UPMv	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve (1894)	0	0	0	1
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis suborbicularis</i> (Gregory) Cleve (1894)	1	1	1	0
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis vacillans</i> (Schmidt) Cleve (1894)	1	0	0	0
UBCv	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis vacillans</i> var. <i>renitens</i> (Schmidt) Cleve (1894)	0	1	0	0
UPMv	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis vetula</i> (Schmidt) Cleve (1894)	0	0	0	1
	BM	Diploneidaceae	<i>Diploneis weissflogii</i> (Schmidt) Cleve (1894)	0	0	1	0
UBCv	BAD	Cymbellaceae	<i>Encyonema minuta</i> (Hilse ex Rabenhorst) Mann (1990)	0	1	0	0
	BM	Eunotiaceae	<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst (1864)	1	0	0	0
	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia florinae</i> (Moeller) Witkowski (1993)	0	1	1	0
UPM	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle y Mann (1990)	0	0	1	1
UPMv	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia marnieri</i> (Manguin) Witkowski (2000)	0	0	0	1

Anexo 6. Continuación. UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

		Familia	Especie	BCc	BCv	PMc	PMv
UPM	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia nummularia</i> (Greville) Mann (1990)	0	0	1	1
UBCv	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A. J. Stickle y D. G. Mann	0	1	0	0
UPMv	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia</i> sp. 1 Stickle y Mann	0	0	0	1
	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia</i> sp. 2 Stickle y Mann	1	0	0	0
	BM	Sellaphoraceae	<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow) D. G. Mann	1	0	0	0
	BM	Bacillariaceae	<i>Fragilariopsis doliolus</i> (Wallich) Medlin y Sims (1993)	1	1	1	1
UBCv	BM	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i> sp. Grunow	0	1	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella clavata</i> (Gregory) Mann (1990)	1	1	1	1
UBCv	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella clavata</i> var. <i>elongata</i> (Peragallo in Peragallo y Peragallo) Díaz-Ramos	0	1	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella clavata</i> var. <i>indica</i> (Greville) Moreno (1996)	1	0	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella exsul</i> (Schmidt) Mann (1990)	1	0	0	1
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella hennedyi</i> (Smith) Stickle y Mann (1990)	1	0	0	1
UBCv	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella impercepta</i> (Hustedt) Moreno (1996)	0	1	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella irrorata</i> (Greville) Mann (1990)	1	0	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva (1978)	0	1	1	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella lyra</i> f. <i>subtypica</i> (Schmidt) Martínez-López, Siqueiros-Beltrones y Silverberg	1	0	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp. 1 Karayeva (1978)	1	1	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp. 2 Karayeva (1978)	1	1	0	1
UBCv	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp. 3 Karayeva (1978)	0	1	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp. 4 Karayeva (1978)	0	0	1	0
UBCv	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp. 5 Karayeva (1978)	0	1	0	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella spectabilis</i> (Gregory) Mann (1990)	1	0	1	0
	BM	Lyrellaceae	<i>Lyrella venusta</i> Mann (1990)	1	0	1	0
	BM	Naviculaceae	<i>Navicula cancellata</i> Donkin (1964)	1	0	0	0
UBCv	BM	Naviculaceae	<i>Navicula carinata</i> Ehrenberg (1840)	0	1	0	0
	BM	Naviculaceae	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard (1861)	0	1	0	0
	BM	Naviculaceae	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing (1844)	1	0	0	0
UPMv	BM	Naviculaceae	<i>Navicula directa</i> (Smith) Ralfs in Pritchard (1853)	0	0	0	1
	BM	Naviculaceae	<i>Navicula maculata</i> (Bailey) Edwards (1859)	0	1	1	1
	BM	Naviculaceae	<i>Navicula menaiana</i> Hendey (1956)	1	1	1	0
	BM	Naviculaceae	<i>Navicula pennata</i> Schmidt (1876)	1	1	1	1
UBCv	BM	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp. Bory (1822)	0	1	0	0
UBCv	BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow (1862)	0	1	0	0
UBCv	BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow (1862)	0	1	0	0
UBCv	BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith (1856)	0	1	0	0
UPMv	BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sicula</i> . (Castracane) Hustedt (1958)	0	0	0	1

Anexo 6. Continuación. UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

	Familia	Especie	BCc	BCv	PMc	PMv	
BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith (1853)	1	0	0	0	
BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia socialis</i> Gregory (1857)	0	0	1	0	
UBCv	BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp. (Hassall (1845)	0	1	0	0
BM	Bacillariaceae	<i>Nitzschia vidovichii</i> (Grunow) Grunow (1881)	1	0	0	0	
UBCv	BM	Lyrellaceae	<i>Petroneis granulata</i> (Bailey) Mann in Round <i>et al.</i> , 1990	1	1	0	0
UBCv	BM	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia major</i> (Kützing) Rabenhorst (1853)	0	1	0	0
UPMv	BM	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp. Ehrenberg (1843)	0	0	0	1
UPMv	BM	Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma diverse-striatum</i> Meister (1934)	0	0	0	1
BM	Bacillariaceae	<i>Psammodictyon constrictum</i> (Gregory) Mann (1990)	1	0	0	0	
BM	Bacillariaceae	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann (1990)	0	1	1	1	
BM	Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia</i> sp. Peragallo in Peragallo y Peragallo (1900)	1	0	0	0	
UBCv	BM	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) Müller (1900)	0	1	0	0
BM	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia operculata</i> (Agardh) Hakansson (1979)	1	0	0	0	
BM	Naviculaceae	<i>Seminavis</i> sp. 1 Mann in Round, Crawford y Mann 1990	0	0	1	0	
BM	Naviculaceae	<i>Seminavis</i> sp. 2 Mann in Round, Crawford y Mann 1990	1	0	0	0	
UPMv	BM	Naviculaceae	<i>Seminavis ventricosa</i> (Gregory) Garcia-Baptista (1993)	0	0	0	1
BM	Surirellaceae	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Kützing (1844)	1	0	1	0	
BM	Surirellaceae	<i>Surirella fluminensis</i> Grunow (1862)	1	0	0	0	
UPM	BM	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp. Turpin (1828)	0	0	1	1
BM	Naviculaceae	<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve (1894)	1	0	1	1	
BM	Bacillariaceae	<i>Tryblionella levidensis</i> Smith (1865)	1	0	0	0	
UBCv	BM	Bacillariaceae	<i>Tryblionella marginulata</i> (Grunow) Mann (1990)	0	1	0	0
UPM	BM	Bacillariaceae	<i>Tryblionella punctata</i> Smith (1853)	0	0	1	1
Diatomeas Penales ARAFIDE (Fragilariophyceae)							
BM	Rhaphoneidaceae	<i>Delphineis angustata</i> (Pantocsek) Andrews (1977)	0	1	0	1	
UPMv	BM	Rhaphoneidaceae	<i>Delphineis karstenii</i> (Boden) G. Fryxell (1978)	0	0	0	1
UPMv	BM	Rhaphoneidaceae	<i>Delphineis minutissima</i> (Hustedt) Simonsen (1987)	0	0	0	1
UPMv	BM	Rhaphoneidaceae	<i>Delphineis</i> sp.	0	0	0	1
BM	Rhaphoneidaceae	<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews (1981)	0	1	0	1	
BM	Rhaphoneidaceae	<i>Diplomenora cocconeiformis</i> (Schmidt) Blazé (1984)	1	0	0	1	
UPMv	BM	Stiatellaceae	<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg (1841)	0	0	0	1
UBCv	BM	Stiatellaceae	<i>Grammatophora maxima</i> Grunow (1862)	0	1	0	0

Anexo 6. Continuación. UBC = Especie única Bahía Concepción; UPM = Especie única Punta de Mita; UBCv = Especie única ventila de Bahía Concepción; UPMv = Especie única ventila de Punta de Mita; BM = Bentónica marina; PM = Planctónica marina; AD = Agua dulce.

	Familia	Especie	BCc	BCv	PMc	PMv
UBCv BM	Stiatellaceae	<i>Grammatophora serpentia</i> var. <i>minor</i> De Toni y Forti (1914)	0	1	0	0
AD	Fragilariaceae	<i>Martyana martyi</i> (Héribaud) Round (in Round <i>et al.</i> , 1990)	0	1	1	0
PM	Rhaphoneidaceae	<i>Neodelphineis</i> sp. (Takano (1982))	1	0	0	0
UBCv PM	Fragilariaceae	<i>Opephora guenter-grassii</i> (Witkowski y Lange-Bertalot) Sabbe y Wyverman (1995)	0	1	0	0
UBCv PM	Fragilariaceae	<i>Opephora olsenii</i> Møller (1950)	0	1	0	0
PM	Fragilariaceae	<i>Opephora pacifica</i> (Grunow) Petit (1888)	0	0	1	0
UPMv PM	Fragilariaceae	<i>Opephora</i> sp.1 (Petit (1888))	0	0	0	1
UBCv PM	Fragilariaceae	<i>Opephora</i> sp.2 (Petit (1888))	0	1	0	0
UBCv PM	Rhaphoneidaceae	<i>Perissonoë cruciata</i> (Janisch y Rabenhorst) Andrews y Stoelzel (1984)	0	1	0	0
BM	Psammodiscaceae	<i>Psammodiscus nitidus</i> (Gregory) Round et Mann (1980)	0	1	1	1
BM	Psammodiscaceae	<i>Psammodiscus</i> sp. (Gregory) Round et Mann (1980)	0	1	0	1
BM	Rhaphoneidaceae	<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg (1844)	0	0	1	0
UPMv BM	Rhaphoneidaceae	<i>Rhaphoneis amphiceros</i> var. <i>rhombrica</i> Grunow in Van Heurck (1881)	0	0	0	1
BM	Rhaphoneidaceae	<i>Rhaphoneis nitida</i> Schmidt (1868)	1	0	1	0
UPMv BM	Fragilariaceae	<i>Tabularia investiens</i> (Smith) Williams y Round (1986)	0	0	0	1
UBCv BAD	Tabellariaceae	<i>Tetracyclus rupestris</i> (Kützing) Grunow (1881)	0	1	0	0
Silicoflageladas (Dictyochophyceae)						
UBCv	Dictyochaceae	<i>Dictyocha calida</i> Poelchau (1976)	0	1	0	0
UBCv		<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg (1837)	0	1	0	0

LÁMINAS

FITOBENTOS

LÁMINA 1

Punta de Mita

Diatomeas Centrales (Coscinodiscophyceae)

Escala: Figuras: s, t = 5 µm; Figuras a-e, g-k, m-r, u-z = 10 µm; Figura l = 20 µm; Figura f = 50 µm.

- a. *Thalassiosira brunii* F. Akiba et Y. Yanagisawa (1986)
- b. *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jörgensen (1905)
- c. *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve (1904)
- d. *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Proschkina Lavrenko ex Hasle (1969)
- e. *Thalassiosira plicata* Schrader (1974)
- f. *Coscinodiscus gigas* Ehrenberg (1841)
- g. *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg (1841)
- h. *Aulacodiscus beeveriae* Johnson (1980)
- i. *Actinocyclus octonarius* Ehrenberg (1837)
- j. *Actinoptychus adriaticus* Grunow, Desikachary (1988)
- k. *Actinoptychus campanulifer* Schmidt (1875)
- l. *Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs ex Pitchard (1861)
- m. *Triceratium alternans* Bailey (1851)
- n. *Plagiogramma pulchellum* Greville (1859)
- o. *Plagiogramma tessellatum* Greville (1859)
- p. *Plagiogramma validum* Greville (1859)
- q. *Dimeregramma fulvum* (Gregory) Ralfs (1861)
- r. *Eunotogramma debile* Grunow (1883)
- s. *Eunotogramma laevis* Grunow (1885)
- t. *Eunotogramma rostratum* Hustedt (1995)

Diatomeas Penales ARAFIDE (Fragilariophyceae)

- u. *Opephora* sp.1 (Petit (1888)
- v. *Tabularia investiens* (Smith) Williams y Round (1986)
- w. *Delphineis karstenii* (Boden) G. Fryxell (1978)
- x. *Delphineis minutissima* (Hustedt) Simonsen (1987)
- y. *Diplomenora cocconeiformis* (Schmidt) Blazé (1984)
- z. *Grammatophora angulosa* Ehrenberg (1841)

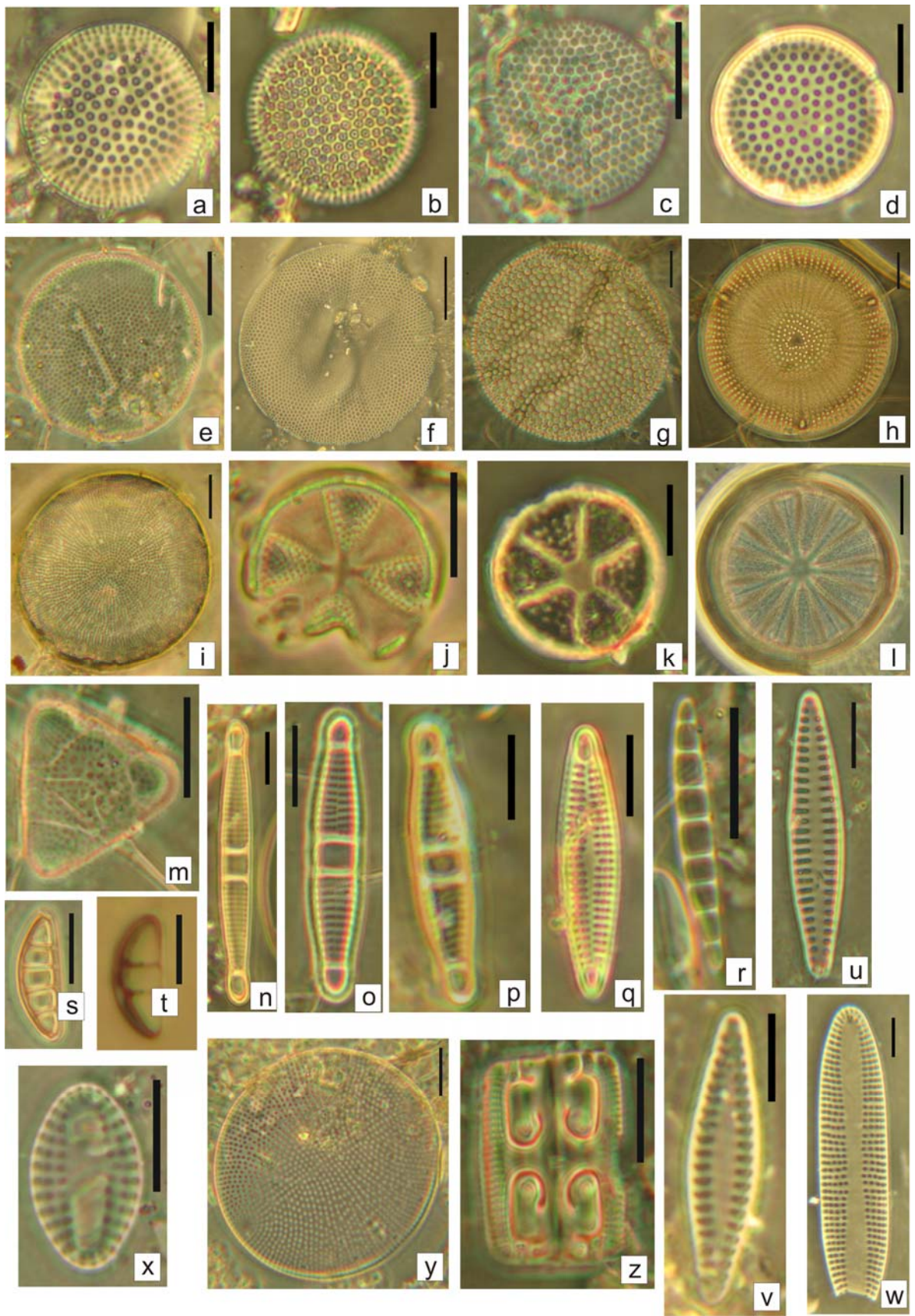


LÁMINA 2

Punta de Mita

Diatomeas Penales Rafide (Bacillariophyceae)

Escala: Figuras: a-s = 10 µm.

- a. *Tryblionella punctata* Smith (1853)
- b. *Amphora marina* Hanna y Grant (1926)
- c. *Amphora spectabilis* Gregory (1857)
- d. *Amphora turgida* Gregory (1857)
- e. *Amphora ventricosa* Gregory (1857)
- f. *Brebissonia* sp. Gunow (1860)
- g. *Diploneis chersonensis* (Grunow) Cleve (1894)
- i. *Diploneis smithii* (Brébisson) Cleve (1894)
- j. *Diploneis vetula* (Schmidt) Cleve (1894)
- k. *Diploneis puella* (Schumann) Cleve (1894)
- k. *Lyrella exsul* (Schmidt) Mann (1990)
- l. *Lyrella hennedyi* (Smith) Stickle y Mann (1990)
- m. *Navicula directa* (Smith) Ralfs in Pritchard (1853)
- n. *Seminavis ventricosa* (Gregory) Garcia Baptista (1993)
- o. *Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve (1894)
- p. *Fallacia forcipata* (Greville) Stickle y Mann (1990)
- q. *Fallacia marnieri* (Manguin) Witkowski (2000)
- r. *Fallacia nummularia* (Greville) Mann (1990)
- s. *Surirella* sp. Turpin (1828)

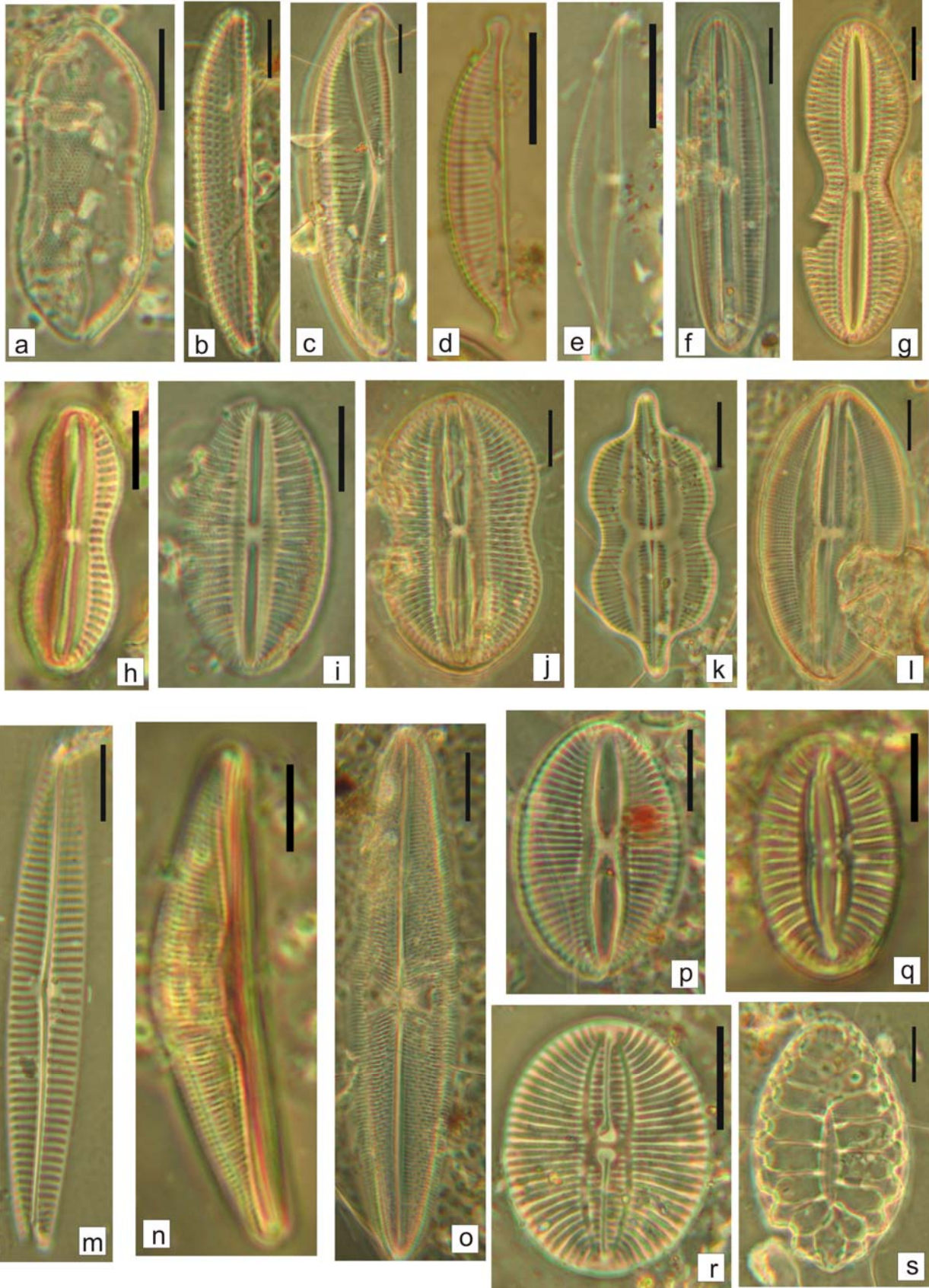


LÁMINA 3

Bahía Concepción

Diatomeas Centrales (Coscinodiscophyceae)

Escala: Figuras: a, d-f, m-p, s, v-w = 5 µm; Figuras b-c, e, g-l, q-r, s-u, y-z, aa-ag = 10 µm.

- a. *Thalassiosira alleni* Takano (1965)
- b. *Thalassiosira lineta* Jousé (1968)
- c. *Thalassiosira simonseni* Hasle y Fryxell (1977)
- d. *Cyclotella caspia* Grunow (1878)
- e. *Cyclotella litoralis* Lange y Syvertsen (1989)
- f. *Cyclotella ocellata* Pantocsek (1901)
- g. *Cyclotella stylorum* Brightwell (1869)
- h. *Actinocyclus octonarius* var. *tenellus* (Brébisson) ex Villareal y Fryxell (1983)
- i. *Actinoptychus aster* Brun (1892)
- j. *Glyphodesmis eximia* Greville (1862)
- k. *Dimeregramma marinum* (Gregory) Ralfs (1861)
- l. *Dimeregramma minus* (Gregory) Ralfs (1861)

Diatomeas Penales ARAFIDE (Fragilariophyceae)

- m. *Martyana martyi* (Héribaud) Round (in Round *et al.*, 1990)
- n. *Opephora guenter grassii* (Witkowski y Lange Bertalot) Sabbe y Wyverman (1995)
- o. *Opephora olsenii* Møller (1950)
- p. *Tetracyclus rupestris* (Kützing) Grunow (1881)
- q. *Perissonoë cruciata* (Janisch y Rabenhorst) Andrews y Stoelzel (1984)
- r. *Grammatophora maxima* Grunow (1862)
- s. *Grammatophora serpentia* var. *minor* De Toni y Forti (1914)

Diatomeas Penales Rafide (Bacillariophyceae)

- t. *Achnanthes brevipes* Agardh (1824)
- u. *Achnanthes dispar* Cleve (1891)
- v. *Nitzschia amphibia* Grunow (1862)
- w. *Nitzschia inconspicua* Grunow (1862)
- y. *Anorthoneis eurystoma* Cleve (1896)
- z. *Amphora clara* Schmidt (18875)
- aa. *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing (1844)
- ab. *Amphora costata* Smith (1853)
- ac. *Amphora rhombica* Kitton (1876)
- ad. *Amphora* sp. 2 (Ehrenberg ex Kützing (1844)
- ae. *Amphora* sp. 4 (Ehrenberg ex Kützing (1844)
- af. *Amphora* sp. 5 (Ehrenberg ex Kützing (1844)
- ag. *Amphora* sp. 9 (Ehrenberg ex Kützing (1844)

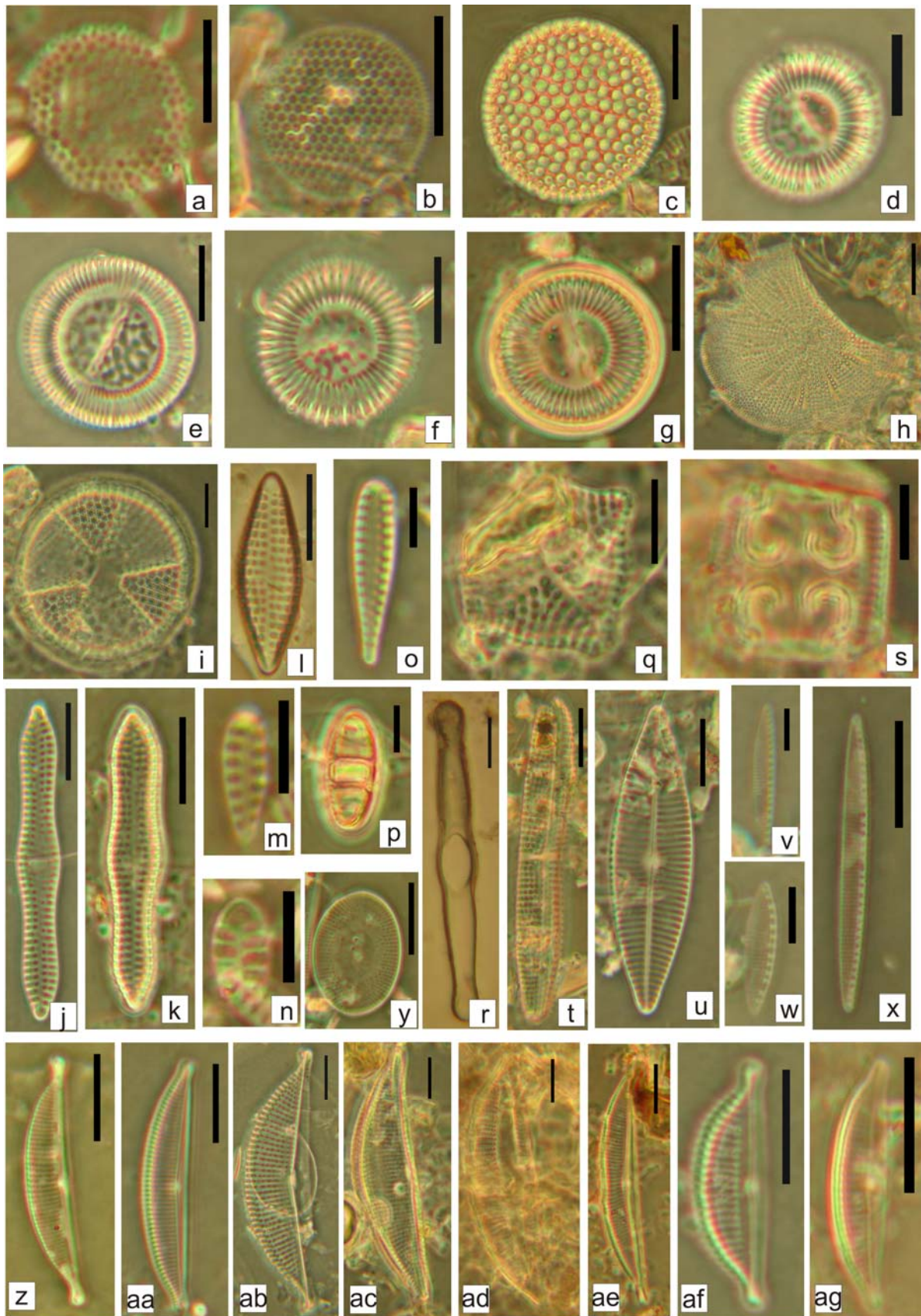


LÁMINA 4

Bahía Concepción

Diatomeas Penales Rafide (Bacillariophyceae)

Escala: Figuras: b, i, l, x = 5 μm ; Figuras a, c-h, j-k, m-x = 10 μm .

- a. *Cocconeis diruptoides* Hustedt (1959)
- b. *Cocconeis disculoides* Hustedt (1955)
- c. *Cocconeis fluminensis* (Grunow) Peragallo et. Peragallo (1897)
- d. *Cocconeis granulifera* Greville (1861)
- e. *Cocconeis heteroidea* Hantzsch (1863)
- f. *Cocconeis neothumensis* var. *marina* De Stefano, Marino, y Mazzella (1988)
- g. *Cocconeis pellucida* Grunow (1977)
- h. *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata* Geitler (1927)
- i. *Encyonema minuta* (Hilse ex Rabenhorst) Mann (1990)
- j. *Diploneis suborbicularis* (Gregory) Cleve (1894)
- k. *Diploneis vacillans* var. *renitens* (Schmidt) Cleve (1894)
- l. *Navicula cincta* (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard(1861)
- m. *Lyrella clavata* var. *elongata* (Peragallo in Peragallo y Peragallo) Díaz Ramos
- n. *Lyrella impercepta* (Hustedt) Moreno (1996)
- o. *Lyrella lyra* (Ehrenberg) Karajeva (1978)
- p. *Lyrella* sp. 1 Karayeva (1978)
- q. *Lyrella* sp. 5 Karayeva (1978)
- r. *Petroneis granulata* (Bailey) Mann in Round *et al.*, 1990
- s. *Navicula menaiana* Hendey (1956)
- t. *Caloneis silicula* (Ehrenberg) Cleve (1849)
- u. *Pinnularia major* (Kützing) Rabenhorst (1853)
- v. *Rhopalodia musculus* (Kützing) Müller (1900)
- w. *Fallacia floriniae* (Moeller) Witkowski (1993)
- x. *Fallacia pygmaea* (Kützing) A. J. Stickle y D. G. Mann

